



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA  
2024

# TEKNIK ALAT BERAT

**Margono**  
**Rudi Harianto**  
**Edi Fakhrin**

**SMK/MAK KELAS XI**

## **Hak Cipta pada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia**

Dilindungi Undang-Undang

Penafian: Buku ini disiapkan oleh Pemerintah dalam rangka pemenuhan kebutuhan buku pendidikan yang bermutu, murah, dan merata sesuai dengan amanat dalam UU No. 3 Tahun 2017. Buku ini disusun dan ditelaah oleh berbagai pihak di bawah koordinasi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. Buku ini merupakan dokumen hidup yang senantiasa diperbaiki, diperbarui, dan dimutakhirkan sesuai dengan dinamika kebutuhan dan perubahan zaman. Masukan dari berbagai kalangan yang dialamatkan kepada penulis atau melalui alamat surel buku@kemdikbud.go.id diharapkan dapat meningkatkan kualitas buku ini.

### **Teknik Alat Berat**

untuk SMK/MAK Kelas XI

#### **Penulis**

Margono

Rudi Harianto

Edi Fakhrin

#### **Penelaah**

Muhkamad Wakid

Suyitno

#### **Penyelia/Penyelaras**

Supriyatno

Wijanarko Adi Nugroho

Erlina Indarti

Marsya Nisrina

#### **Kontributor**

Sentot Cahyono

Zamzam Zawawi Firdaus

Sunarto

#### **Ilustrator**

Maman Sulaeman

#### **Editor**

Yopi Sartika

Marsya Nisrina

#### **Editor Visual**

Maya Lestari GF.

#### **Desainer**

Imee Amiatun

#### **Penerbit**

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi

#### **Dikeluarkan oleh:**

Pusat Perbukuan

Kompleks Kemdikbudristek Jalan RS. Fatmawati, Cipete, Jakarta Selatan

<https://buku.kemdikbud.go.id>

Cetakan Pertama, 2024

ISBN 978-634-00-0173-0 (no.jil.lengkap)

ISBN 978-634-00-0174-7 (jil.1 PDF)

Isi buku ini menggunakan huruf Noto Serif 10/16pt., Steve Matteson  
xiv, 338 hlm.: 21 × 27 cm.

# Kata Pengantar

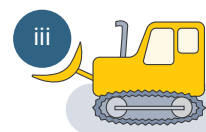
Pusat Perbukuan, Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi memiliki tugas mengembangkan buku pendidikan di tingkat Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah. Penyusunan Buku Teks Utama ini mengacu pada Kurikulum Merdeka. Kurikulum tersebut memberikan keleluasaan kepada satuan pendidikan dalam melaksanakan pembelajaran sesuai dengan prinsip diversifikasi, memperhatikan kondisi masing-masing satuan pendidikan, potensi daerah, dan kebutuhan peserta didik.

Dalam mendukung implementasi Kurikulum Merdeka, pemerintah, melalui Pusat Perbukuan, mengembangkan buku siswa dan buku panduan guru sebagai sumber bahan pembelajaran. Buku-buku ini dapat dijadikan referensi atau inspirasi yang dapat dimodifikasi atau digunakan sebagai contoh, maupun rujukan dalam merancang dan mengembangkan pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik, potensi, dan kebutuhan peserta didik. Buku ini disusun untuk mendukung siswa SMK agar memiliki pengetahuan, keterampilan, dan karakter yang relevan dan siap menghadapi tantangan dunia kerja. Buku ini berisi muatan/materi yang sesuai dengan kurikulum dan kebutuhan industri, sehingga peserta didik tidak hanya mendapatkan pengetahuan teori, tetapi juga mampu mengaplikasikan keterampilan secara langsung dalam kehidupan.

Sebagai dokumen yang terus berkembang, buku ini dapat diperbaiki dan disesuaikan dengan perkembangan keilmuan dan teknologi. Oleh karena itu, saran dan masukan dari guru, peserta didik, orang tua, dan masyarakat sangat diharapkan untuk pengembangan buku ini di masa mendatang. Buku ini diharapkan dapat memberikan inspirasi dan motivasi bagi seluruh pembaca untuk bersama-sama membangun pendidikan kejuruan yang berkualitas dan relevan dengan kebutuhan zaman. Pusat Perbukuan mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini, dan semoga buku ini bermanfaat, khususnya bagi peserta didik dan guru, dalam meningkatkan mutu pembelajaran.

Jakarta, September 2024  
Kepala Pusat,

Supriyatno  
NIP 196804051988121001



# Prakata

Kami memanjatkan puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, buku siswa *Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XI* ini dapat diselesaikan. Buku siswa ini dirancang khusus sebagai panduan belajar bagi peserta didik sekolah menengah kejuruan (SMK) yang mengambil kompetensi keahlian di bidang Teknik Alat Berat.

Sebagai bagian dari upaya meningkatkan kualitas pendidikan vokasi di Indonesia, buku siswa ini disusun dengan pendekatan yang mudah dipahami oleh peserta didik. Materi yang disajikan meliputi pengenalan unit alat berat dan aplikasi alat berat dalam industri pertambangan, konstruksi, pertanian, dan kehutanan. Selain itu, buku ini membahas tentang menggambar teknik, dasar *diesel engine* yang digunakan pada alat berat, dasar-dasar sistem *hydraulic*, sistem kelistrikan dan *power train* pada alat berat serta pemeliharannya. Materi yang disajikan diharapkan dapat membekali peserta didik dengan pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkan di dunia kerja. Buku ini juga mengacu pada standar Kurikulum Merdeka yang telah disesuaikan dengan perkembangan teknologi di sektor industri alat berat.

Kami menyadari bahwa setiap peserta didik memiliki gaya belajar yang berbeda. Oleh karena itu, buku ini dilengkapi dengan berbagai elemen pendukung seperti ilustrasi, tabel, diagram, dan gambar. Selain itu, buku ini dilengkapi tautan video dan materi-materi pendukung melalui QR yang bertujuan untuk memudahkan pemahaman materi. Setiap bab juga disertai dengan contoh soal, aktivitas mandiri, dan kelompok, serta studi kasus dari dunia industri. Studi kasus bertujuan untuk mengasah kemampuan analisis peserta didik dan memberikan gambaran nyata tentang penerapan konsep-konsep yang dipelajari.

Kami berharap buku ini dapat membantu peserta didik dalam mencapai kompetensi yang diharapkan. Selain itu, buku ini mampu menginspirasi mereka untuk terus belajar dan berkembang di bidang teknik alat berat. Kami mengharapkan saran yang membangun dari para pengguna buku ini, baik peserta didik, guru, maupun praktisi di lapangan. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi peserta didik dalam menempuh pendidikan dan menggapai cita-cita mereka pada masa depan.

Jakarta, 20 Oktober 2024

Tim Penulis



# Daftar Isi

Kata Pengantar .....	iii
Prakata .....	iv
Daftar Isi .....	v
Daftar Gambar .....	vii
Daftar Tabel .....	xi
Petunjuk Penggunaan Buku .....	xii

## Bab 1 Model Unit Alat Berat

1

A. <i>Bulldozer</i> .....	4
B. <i>Hydraulic Excavator</i> .....	10
C. <i>Motor Grader</i> .....	17
D. <i>Wheel Loader</i> .....	21
E. <i>Dump Truck (A. Rigid Dump Truck)</i> .....	26
F. <i>Dump Truck (B. Articulated Truck)</i> .....	30
G. <i>Forklift</i> .....	37
H. <i>Harvester</i> .....	42
I. <i>Light Dump Truck</i> .....	46
J. <i>Compactor</i> .....	47
K. <i>Crane</i> .....	48
L. <i>Engine</i> .....	49

## Bab 2 Gambar Teknik

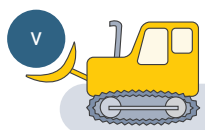
55

A. Membaca Simbol .....	58
B. Membaca Buku Manual .....	80
C. Menggambar Diagram Sederhana .....	88

## Bab 3 Diesel Engine

97

A. <i>Mechanical Power Build Up System</i> .....	101
B. <i>Air Intake dan Exhaust System</i> .....	113
C. <i>Fuel Delivery System</i> .....	118
D. <i>Lubricating System</i> .....	129
E. <i>Cooling System</i> .....	134



<b>Bab 4</b>	<b>Hydraulic System Alat Berat</b>	<b>143</b>
	A. Dasar Sistem <i>Hydraulic</i> .....	146
	B. Komponen <i>Hydraulic: Hydraulic Tank</i> .....	151
	C. Komponen <i>Hydraulic: Pompa</i> .....	152
	D. Komponen <i>Hydraulic: Control Valve</i> .....	161
	E. Komponen <i>Hydraulic: Aktuator</i> .....	180
	F. Komponen <i>Hydraulic: Komponen Hydraulic Lainnya</i> .....	187
<b>Bab 5</b>	<b>Sistem Kelistrikan Alat Berat</b>	<b>199</b>
	A. Pratinjau Konsep Dasar Listrik .....	202
	B. Komponen Penghantar Listrik .....	204
	C. Baterai .....	213
	D. Rangkaian Starter ( <i>Starting System</i> ) .....	215
	E. Komponen Elektrik pada Sistem Starter .....	217
	F. Rangkaian Sistem Pengisian ( <i>Charging System</i> ) .....	223
	G. Komponen Elektrik pada Sistem Pengisian .....	224
	H. Sistem Pemanasan Awal ( <i>Preheating</i> ) .....	226
<b>Bab 6</b>	<b>Power Train dan Undercarriage</b>	<b>235</b>
	A. Penggerak Mekanis atau <i>Mechanical Drive System</i> .....	239
	B. <i>Electric Drive</i> .....	256
	C. <i>Hydrostatic Transmission (HST)</i> .....	257
	D. <i>Differential</i> .....	260
	E. <i>Final Drive, Wheel, dan Undercarriage</i> .....	262
	F. <i>Steering System dan Brake System</i> .....	266
<b>Bab 7</b>	<b>Perawatan Berkala Unit Alat Berat</b>	<b>271</b>
	A. Prosedur Pengoperasian <i>Machine</i> atau Unit Alat Berat .....	274
	B. Pengetahuan tentang Pemeliharaan ( <i>Maintenance</i> ) .....	287
	C. Pengetahuan tentang Dokumen Kerja ( <i>Paper Works</i> ) .....	296
	<b>Glosarium</b> .....	<b>307</b>
	<b>Daftar Pustaka</b> .....	<b>316</b>
	<b>Daftar Kredit Gambar</b> .....	<b>318</b>
	<b>Daftar Sumber Tautan Artikel dan Video YouTube</b> .....	<b>323</b>
	<b>Indeks</b> .....	<b>326</b>
	<b>Biodata Pelaku Perbukuan</b> .....	<b>329</b>

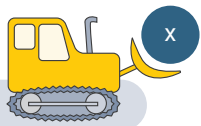
# Daftar Gambar

Gambar 1.1	Berbagai jenis alat berat untuk membangun dan memperbaiki jalan.	3	Gambar 1.34	Gambaran umum <i>articulated dump truck</i> .....	31
Gambar 1.2	<i>Bulldozer</i> dan bagian-bagiannya...	4	Gambar 1.35	Keunggulan <i>traction control system</i> (KTCS) <i>articulated dump truck</i> .....	31
Gambar 1.3	Gambaran umum <i>bulldozer</i> .....	5	Gambar 1.36	Berbagai produk <i>dump truck</i> .....	32
Gambar 1.4	Berbagai produk <i>bulldozer</i> .....	6	Gambar 1.37	<i>Power train skeleton articulated dump truck</i> .....	33
Gambar 1.5	Sistem pemindah tenaga <i>bulldozer</i>	7	Gambar 1.38	<i>Forklift</i> dan perlengkapan kerjanya	37
Gambar 1.6	<i>Power train skeleton bulldozer</i> .....	8	Gambar 1.39	<i>Forklift</i> dan perlengkapan kerjanya	38
Gambar 1.7	Susunan produk <i>bulldozer</i> .....	8	Gambar 1.40	Beberapa model unit <i>forklift</i> .....	39
Gambar 1.8	<i>Hydrosift type</i> .....	9	Gambar 1.41	<i>Power train skeleton forklift diesel dan gasoline</i> .....	40
Gambar 1.9	<i>Direct type (with main clutch)</i> .....	9	Gambar 1.42	<i>Forklift battery</i> .....	40
Gambar 1.10	<i>Hydraulic excavator</i> dan bagian-bagiannya.....	10	Gambar 1.43	<i>Power train skeleton forklift battery</i>	41
Gambar 1.11	Gambaran umum <i>hydraulic excavator</i> .....	11	Gambar 1.44	Susunan produk <i>forklift</i> .....	41
Gambar 1.12	Sistem pemindah tenaga <i>hydraulic excavator</i> .....	13	Gambar 1.45	<i>Harvester</i> dan bagian-bagiannya.	42
Gambar 1.13	Susunan produk <i>hydraulic excavator</i> .....	14	Gambar 1.46	Gambaran umum <i>valmet forwarder</i>	43
Gambar 1.14	<i>Motor grader</i> .....	17	Gambar 1.47	Gambaran umum <i>valmet harvester</i>	43
Gambar 1.15	Gambaran umum <i>motor grader</i> ...	18	Gambar 1.48	Berbagai produk <i>harvester</i> .....	44
Gambar 1.16	<i>Scarifier application</i> .....	18	Gambar 1.49	Susunan produk <i>valmet</i> .....	45
Gambar 1.17	<i>Front dozer blade application</i> .....	18	Gambar 1.50	<i>Light dump truck</i> dan bagian-bagiannya.....	46
Gambar 1.18	<i>Rear mounted ripper application</i> ....	18	Gambar 1.51	<i>Compactor</i> .....	47
Gambar 1.19	Perlengkapan Kerja <i>Motor Grader</i>	19	Gambar 1.52	<i>Crane</i> .....	48
Gambar 1.20	Berbagai produk <i>motor grader</i> .....	19	Gambar 2.1	<i>Shop Manual (Schematic)</i> dan gambar teknik.....	57
Gambar 1.21	<i>Power train skeleton motor grader</i>	20	Gambar 2.2	Pengelompokan simbol-simbol dasar <i>hydraulic</i> dan <i>pneumatic</i> .....	59
Gambar 1.22	<i>Wheel loader</i> .....	21	Gambar 2.3	Contoh cover buku OMM .....	80
Gambar 1.23	Jenis-Jenis <i>Attachment</i> .....	22	Gambar 2.4	Lokasi <i>safety label</i> pada buku OMM PC 200-8.....	82
Gambar 1.24	Gambaran umum <i>wheel loader</i> .....	23	Gambar 2.5	Contoh kover buku <i>shop manual</i> ...	83
Gambar 1.25	Susunan produk <i>wheel loader</i> .....	24	Gambar 2.6	Cuplikan halaman <i>safety symbol</i> pada <i>shop manual</i> HD 785-7 Hal 8.84	85
Gambar 1.26	Berbagai produk <i>wheel loader</i> .....	24	Gambar 2.7	Contoh kover buku <i>parts book</i> .....	85
Gambar 1.27	<i>Power train skeleton wheel loader</i> .	25	Gambar 2.8	Arti kode simbol pada deskripsi <i>Part Book</i> .....	86
Gambar 1.28	<i>Dump truck</i> dan bagian-bagiannya.	26	Gambar 2.9	Contoh halaman <i>parts book</i> .....	87
Gambar 1.29	Gambaran umum <i>rigid dump truck</i>	27	Gambar 2.10	Rangkaian diagram <i>hydraulic steering system</i> HD 785-7 .....	88
Gambar 1.30	Susunan produk <i>dump truck</i> .....	27			
Gambar 1.31	Berbagai produk <i>dump truck</i> .....	28			
Gambar 1.32	<i>Power train skeleton rigid dump truck</i> .....	29			
Gambar 1.33	<i>Articulated dump truck</i> .....	30			

Gambar 2.11	Rangkaian elektrik .....	90	Gambar 3.31	Konstruksi <i>glow plug</i> .....	125
Gambar 2.12	Potongan <i>wiring diagram</i> Unit Komatsu HD 785-7 .....	91	Gambar 3.32	Bagan <i>fuel system common rail injection</i> Komatsu E/G SAA6D107E .....	126
Gambar 2.13	Rangkaian potongan diagram <i>hydraulic steering system</i> HD 785-7 .....	93	Gambar 3.33	<i>High pressure pump</i> .....	127
Gambar 2.14	Rangkaian diagram elektrik penerangan unit HD 785.....	94	Gambar 3.34	<i>Common rail</i> .....	128
Gambar 3.1	Engine sangat berperan penting pada unit alat berat.....	99	Gambar 3.35	<i>Injector high pressure common rail</i> .....	128
Gambar 3.2	Konstruksi <i>engine-mechanical power build up system</i> .....	101	Gambar 3.36	Electronic control modul (ECM).....	128
Gambar 3.3	Siklus <i>four stroke diesel engine</i> .....	101	Gambar 3.37	Bagan <i>lubricating system</i> .....	129
Gambar 3.4	Komponen utama <i>engine</i> .....	105	Gambar 3.38	<i>Oil pump gear pump</i> .....	130
Gambar 3.5	Konstruksi <i>cylinder head</i> .....	106	Gambar 3.39	Aliran oli dari <i>oil filter</i> ke <i>turbocharger</i> .....	130
Gambar 3.6	Tipe-tipe konstruksi <i>valve mechanism</i> .....	107	Gambar 3.40	<i>Engine oil cooler</i> .....	131
Gambar 3.7	Perbedaan <i>indirect injection</i> dan <i>direct injection</i> .....	109	Gambar 3.41	<i>Lubrication</i> untuk komponen- komponen <i>engine</i> .....	131
Gambar 3.8	Jenis <i>combustion chamber</i> pada <i>indirect injection</i> .....	109	Gambar 3.42	Potongan informasi dari buku OMM PC 200—8 Halaman 4 .....	132
Gambar 3.9	<i>Direct combustion chamber type</i> ....	110	Gambar 3.43	<i>Lay out cooling system</i> pada <i>engine</i> .....	134
Gambar 3.10	<i>Cylinder block</i> .....	110	Gambar 3.44	<i>Flow diagram cooling system engine</i> Komatsu SAA 6D107E .....	135
Gambar 3.11	Konstruksi <i>piston</i> .....	111	Gambar 3.45	Cara kerja <i>thermostat</i> .....	136
Gambar 3.12	<i>Wet cylinder liner</i> .....	111	Gambar 3.46	Konstruksi radiator .....	137
Gambar 3.13	Konstruksi <i>connecting rod</i> .....	112	Gambar 3.47	Kondisi <i>coolant</i> dalam keadaan panas dan keadaan dingin .....	138
Gambar 3.14	Komponen utama <i>crankshaft</i> .....	112	Gambar 3.48	Kerja <i>vacuum valve</i> dan <i>pressure valve</i> pada tutup <i>radiator</i> .....	138
Gambar 3.15	<i>Air intake</i> dan <i>exhaust system</i> .....	113	Gambar 4.1	Berbagai alat berat untuk perbaikan jalan menggunakan sistem <i>hydraulic</i> .....	145
Gambar 3.16	Bagan <i>air intake system</i> dengan <i>turbocharger</i> .....	113	Gambar 4.2	Aliran <i>oil hydraulic</i> .....	146
Gambar 3.17	Aliran <i>coolant</i> pada <i>water jacket</i> ... ..	115	Gambar 4.3	Formula tenaga <i>hydraulic</i> .....	147
Gambar 3.18	Air <i>pre-cleaner</i> pada unit <i>engine tractors</i> dan cara kerja <i>pre-cleaner</i> .....	115	Gambar 4.4	Struktur <i>hydraulic tank</i> .....	151
Gambar 3.19	<i>Inner and outer element</i> dari air <i>cleaner</i> .....	116	Gambar 4.5	Jenis pompa <i>hydraulic</i> .....	152
Gambar 3.20	<i>Turbocharger diagram working flow</i> .....	117	Gambar 4.6	Struktur <i>hydraulic pump</i> jenis <i>external gear pump</i> .....	153
Gambar 3.21	Konstruksi <i>turbocharger</i> .....	117	Gambar 4.7	Aliran oli <i>hydraulic</i> pada <i>external gear pump</i> .....	155
Gambar 3.22	<i>Conventional fuel delivery system</i> ..	118	Gambar 4.8	Proses kejadian <i>oil trapping</i> pada <i>external gear pump</i> .....	155
Gambar 3.23	<i>Fuel delivery system</i> .....	119	Gambar 4.9	Prinsip kerja <i>trochoid pump</i> .....	156
Gambar 3.24	<i>Fuel filter</i> .....	120	Gambar 4.10	Jenis dan cara kerja <i>vane pump</i> ....	157
Gambar 3.25	Bagan kerja <i>fuel feed pump</i> .....	121	Gambar 4.11	Cara kerja dari <i>vane pump</i> .....	157
Gambar 3.26	Tipe <i>fuel injection pump</i> .....	121	Gambar 4.12	Struktur <i>variable piston pump</i> .....	158
Gambar 3.27	Bagan perbedaan elemen pompa FIP <i>in-line</i> dan rotari .....	122	Gambar 4.13	Cara kerja <i>variable piston pump</i> ....	159
Gambar 3.28	Bagan kerja FIP tipe <i>in-line</i> .....	123	Gambar 4.14	<i>Control piston pump</i> .....	159
Gambar 3.29	Bagan kerja FIP distributor .....	124	Gambar 4.15	Jenis <i>control valve</i> .....	161
Gambar 3.30	<i>Injector</i> .....	124	Gambar 4.16	Perbedaan OLSS dan CLSS.....	162

Gambar 4.17	<i>Operation single spool direction control valve pada open centre (OLSS)</i> .....	163	Gambar 5.3	Arus listrik .....	202
Gambar 4.18	<i>Operation multi spool direction control valve pada open centre (OLSS)</i> .....	164	Gambar 5.4	Hambatan listrik .....	203
Gambar 4.19	<i>Operation multi spool dan structure direction control valve pada close centre</i> .....	165	Gambar 5.5	Konduktor dan isolator .....	205
Gambar 4.20	<i>Holding pressure</i> pada sisi aktuatur	165	Gambar 5.6	Kabel yang dibundel .....	206
Gambar 4.21	<i>One way valve/load check valve</i> pada close dan open centre.....	166	Gambar 5.7	Kabel AEX dan AVS.....	207
Gambar 4.22	Jenis-jenis <i>pressure control valve</i> ..	167	Gambar 5.8	Simbol kabel .....	208
Gambar 4.23	Cara kerja dan struktur <i>relief valve (two stage)</i> .....	168	Gambar 5.9	Karakter dan alfabet pada kabel rangkaian listrik di <i>shop manual</i> ...	208
Gambar 4.24	<i>Relief valve</i> dengan dua <i>setting</i> tekanan (rendah dan tinggi) .....	168	Gambar 5.10	Jenis sekring/ <i>fuse</i> .....	209
Gambar 4.25	Struktur dan cara kerja <i>unload valve</i>	169	Gambar 5.11	Identifikasi konektor.....	209
Gambar 4.26	Struktur dan cara kerja <i>suction valve</i>	170	Gambar 5.12	Penomoran konektor .....	210
Gambar 4.27	Lokasi dan struktur <i>reducing valve</i>	171	Gambar 5.13	Perbedaan <i>male</i> dan <i>female connector</i> .....	210
Gambar 4.28	Operasi <i>self pressure reducing (SPR) valve</i> .....	172	Gambar 5.14	Jenis konektor .....	211
Gambar 4.29	Struktur <i>PPC valve</i> .....	173	Gambar 5.15	Penanganan konektor yang benar	211
Gambar 4.30	Operasi <i>PPC valve</i> .....	174	Gambar 5.16	Simbol baterai.....	213
Gambar 4.31	Struktur <i>safety valve</i> .....	175	Gambar 5.17	Struktur baterai timbal .....	213
Gambar 4.32	Struktur <i>slow return valve</i> .....	177	Gambar 5.18	Komponen elektrik .....	214
Gambar 4.33	Jenis aktuatur .....	180	Gambar 5.19	Rangkaian starter (penghidup <i>engine</i> ) .....	215
Gambar 4.34	Struktur <i>hydraulic cylinder double acting</i> .....	181	Gambar 5.20	Rangkaian starter saat <i>engine start, c starting motor</i> belum dapat <i>signal</i>	215
Gambar 4.35	Struktur <i>cushion valve</i> pada <i>hydraulic cylinder</i> .....	182	Gambar 5.21	Rangkaian <i>starter</i> saat <i>engine start, C starting motor</i> telah dapat <i>signal</i> .	216
Gambar 4.36	Lokasi dan struktur <i>piston valve</i> pada <i>hydraulic</i> silinder.....	183	Gambar 5.22	Rangkaian <i>starter</i> saat <i>engine running</i> .....	216
Gambar 4.37	Struktur silinder teleskopik .....	184	Gambar 5.23	<i>Starting switch</i> beserta tabel rangkaian kontak .....	217
Gambar 4.38	<i>Operation bent axis</i> dan <i>swash plate</i> piston motor.....	185	Gambar 5.24	Struktur <i>starting motor</i> .....	218
Gambar 4.39	Struktur piston motor <i>bent axis</i> ....	185	Gambar 5.25	Rangkain saat <i>starting motor start</i>	219
Gambar 4.40	Struktur piston motor <i>swash plate</i>	186	Gambar 5.26	Rangkaian relai baterai.....	219
Gambar 4.41	Struktur <i>swivel joint</i> .....	187	Gambar 5.27	Jenis <i>battery relay</i> .....	220
Gambar 4.42	Lokasi dan struktur akumulator ...	188	Gambar 5.28	Rangkaian <i>safety relay</i> .....	221
Gambar 4.43	Fungsi <i>oil cooler</i> .....	189	Gambar 5.29	Rangkaian sistem starter .....	222
Gambar 4.44	Struktur <i>oil cooler</i> .....	190	Gambar 5.30	Sirkuit pengisian baterai .....	223
Gambar 5.1	Baterai memengaruhi fungsi sistem kelistrikan pada kendaraan	201	Gambar 5.31	Sirkuit pengisian baterai saat <i>engine running</i> .....	223
Gambar 5.2	Tegangan atau beda potensial listrik	202	Gambar 5.32	Struktur alternator (generator AC)	224
			Gambar 5.33	Operasi regulator .....	225
			Gambar 5.34	Jenis regulator (tipe pemisahan dan tipe integrasi).....	225
			Gambar 5.35	Rangkaian <i>preheating</i> menggunakan <i>glow plug sheath type</i> (paralel).....	226
			Gambar 5.36	Diagram alir penyelesaian masalah	228
			Gambar 5.37	Rangkaian <i>starter</i> dan pengisian...	229

Gambar 6.1	Alat berat dapat bergerak dalam berbagai kegiatan, seperti pertambangan karena adanya sistem pemindah tenaga atau <i>power train</i> .....	237	Gambar 6.26	<i>Steering clutch</i> dan <i>brake</i> .....	267
Gambar 6.2	Fungsi utama <i>power train</i> .....	238	Gambar 6.27	<i>Steering</i> dengan <i>track motor</i> .....	267
Gambar 6.3	Klasifikasi <i>power train</i> pada unit alat berat .....	238	Gambar 6.28	Jenis-jenis <i>brake system</i> .....	268
Gambar 6.4	Bagian-bagian <i>direct drive system</i> .....	239	Gambar 7.1	Perawatan berkala pada unit alat berat penting dilakukan.....	273
Gambar 6.5	Klasifikasi <i>mechanical clutch</i> atau <i>flywheel clutch</i> .....	240	Gambar 7.2	Komponen pada <i>controls and gauge names</i> pada <i>machine</i> alat berat .....	280
Gambar 6.6	<i>Coil spring type</i> .....	241	Gambar 7.3	Bagian-bagian <i>machine monitor</i> ....	281
Gambar 6.7	<i>Over center type</i> .....	241	Gambar 7.4	Bagian-bagian <i>control levers dan pedals</i> .....	282
Gambar 6.8	Jenis <i>direct drive transmission</i> atau <i>manual shift transmission</i> .....	242	Gambar 7.5	<i>Lock lever</i> berfungsi untuk mengunci peralatan kerja. ....	282
Gambar 6.9	<i>Sliding mesh transmission</i> .....	242	Gambar 7.6	<i>Travel levers</i> digunakan untuk mengontrol arah <i>track</i> , maju atau mundur. ....	283
Gambar 6.10	<i>Collar shift transmission</i> .....	243	Gambar 7.7	<i>Work equipment control lever</i> sebelah kiri (a) dan sebelah kanan (b) .....	283
Gambar 6.11	<i>Synchromesh transmission</i> .....	243	Gambar 7.8	Mengatur <i>swing lock switch</i> .....	284
Gambar 6.12	<i>Torqueflow drive system</i> pada <i>track type tractor/bulldozer</i> .....	245	Gambar 7.9	Menaikkan kecepatan <i>engine</i> .....	285
Gambar 6.13	<i>Torqueflow drive system</i> pada <i>wheel loader</i> .....	245	Gambar 7.10	Langkah (a), (b), (c), menggerakkan <i>machine</i> ke depan .....	285
Gambar 6.14	<i>Torqueflow drive system</i> pada <i>off highway truck</i> .....	246	Gambar 7.11	Langkah (a), (b), (c) menggerakkan <i>machine</i> ke belakang.....	286
Gambar 6.15	<i>Torqueflow drive system</i> pada <i>articulated dump truck</i> .....	246	Gambar 7.12	Menghentikan <i>machine</i> .....	286
Gambar 6.16	Dua jenis <i>damper</i> .....	247	Gambar 7.13	Kerusakan yang memberikan kontribusi terbesar diakibatkan oleh <i>maintenance</i> .....	287
Gambar 6.17	<i>Hydroshift drive system</i> .....	255	Gambar 7.14	Manfaat dilakukan perawatan dengan baik .....	288
Gambar 6.18	<i>Electric drive</i> .....	256	Gambar 7.15	Kegiatan <i>maintenance</i> .....	289
Gambar 6.19	<i>Hydrostatic drive system</i> .....	257	Gambar 7.16	Klasifikasi pemeliharaan alat berat	289
Gambar 6.20	Komponen standar <i>differential</i> ....	260	Gambar 7.17	Interval jam operasi.....	293
Gambar 6.21	<i>No-spin differential</i> .....	260	Gambar 7.18	Jenis <i>overhaul</i> terjadwal .....	294
Gambar 6.22	<i>Limited slip differential</i> .....	261			
Gambar 6.23	<i>Differential lock</i> .....	261			
Gambar 6.24	Pengelompokan <i>final drive</i> .....	262			
Gambar 6.25	<i>Differential steering system</i> .....	266			



# Daftar Tabel

Tabel 1.1	<i>Attachment dan Bagian-Bagian Bulldozer</i>	15	Tabel 3.6	Tugas Aktivitas 3.5	108
Tabel 1.2	<i>Attachment dan Power Train Skeleton Hydraulic Excavator</i>	16	Tabel 3.7	Perbandingan <i>Turbocharger dan Naturally Aspirated</i>	114
Tabel 1.3	Spesifikasi Teknis pada <i>Wheel Loader</i>	34	Tabel 3.8	Nama-Nama Komponen <i>Fuel Delivery System</i>	119
Tabel 1.4	Spesifikasi Teknis pada <i>Articulated Dump Truck</i>	36	Tabel 3.9	Pengukuran <i>Glow Plug</i>	126
Tabel 1.5	Karakteristik Utama Mesin Diesel	49	Tabel 3.10	<i>Single Grade dan Multi Grade Oil</i>	132
Tabel 2.1	Hasil Pengamatan dan Diskusi Aktivitas 2.1	58	Tabel 3.11	Klasifikasi <i>API Service Diesel Engine Oil</i>	133
Tabel 2.2	Aktivitas 2.2	60	Tabel 3.12	Hasil Pengamatan <i>Thermostat</i>	137
Tabel 2.3	Simbol Grafik Dasar <i>Hydraulic dan Pneumatic</i>	60	Tabel 4.1	Hasil Eksperimen 1	149
Tabel 2.4	Simbol <i>Service Unit</i>	62	Tabel 4.2	Hasil Eksperimen 2	150
Tabel 2.5	Simbol <i>DCV</i>	64	Tabel 4.3	Tipe-Tipe <i>Hydraulic Pump</i>	154
Tabel 2.6	Simbol <i>One Way Directional Control Valve</i>	65	Tabel 4.4	Hasil Pengukuran Tekanan Melalui Mesin Monitor pada <i>Hydraulic Excavator</i>	192
Tabel 2.7	Simbol <i>Flow Control Valve</i>	66	Tabel 4.5	Hasil Analisis Permasalahan	193
Tabel 2.8	Simbol <i>Pressure Control Valve</i>	67	Tabel 5.1	Gambar Satuan Besaran Listrik	204
Tabel 2.9	Simbol <i>Valve Actuator</i>	68	Tabel 5.2	Faktor-Faktor yang Memengaruhi Arus Listrik pada Kawat	205
Tabel 2.10	Simbol <i>Pump</i>	70	Tabel 5.3	Tabel Kapasitas Arus Kawat	206
Tabel 2.11	Simbol <i>cylinder</i>	70	Tabel 5.4	Jenis <i>Coating</i> pada Kabel untuk Unit Alat Berat	207
Tabel 2.12	Simbol Aliran dan Sambungan Listrik	72	Tabel 5.5	Cakupan yang Berhubungan dengan Sistem Pemanasan Awal	227
Tabel 2.13	Simbol <i>Ground</i>	72	Tabel 6.1	Komponen dan Cara Kerja <i>Torque Converter</i>	248
Tabel 2.14	Simbol Meter Listrik	73	Tabel 6.2	Beberapa Jenis <i>Torque Converter</i> pada <i>Machine</i>	249
Tabel 2.15	Simbol <i>Power Supply</i>	73	Tabel 6.3	Beberapa Jenis <i>Torque Converter</i> pada <i>Komatsu Machine</i>	252
Tabel 2.16	Simbol <i>Switch</i>	74	Tabel 6.4	Dua Tipe <i>Power Shift Transmission</i>	254
Tabel 2.17	Simbol <i>Fuse dan Resistor</i>	75	Tabel 6.5	Contoh <i>Hydrostatic Drive System</i> pada Unit Alat Berat	258
Tabel 2.18	Simbol <i>Capacitor</i>	76	Tabel 6.6	Komponen Utama <i>Undercarriage</i>	263
Tabel 2.19	Simbol <i>Inductor</i>	76	Tabel 7.1	<i>Basic Symbol</i>	274
Tabel 2.20	Simbol <i>Relay</i>	77	Tabel 7.2	<i>System Symbol</i>	275
Tabel 2.21	Simbol <i>Diode</i>	78	Tabel 7.3	<i>Advanced Symbol</i>	276
Tabel 2.22	Simbol Transistor	78	Tabel 7.4	<i>Additional Symbol</i>	278
Tabel 2.23	Gambar Simbol dan Nama Simbol	89	Tabel 7.5	<i>Basic Safety Symbols</i>	278
Tabel 2.24	Jawaban Tugas Aktivitas Menggambar Simbol	90	Tabel 7.6	Rincian Inspeksi Berkala	291
Tabel 3.1	Perbandingan <i>Gasoline Engine dan Diesel Engine</i>	100	Tabel 7.7	Rincian Servis Berkala	293
Tabel 3.2	Siklus <i>Four Stroke Diesel Engine</i>	102	Tabel 7.8	Program Pemeriksaan Alat Berat	295
Tabel 3.3	Contoh <i>Firing Order</i> pada Beberapa Konfigurasi <i>Engine</i>	104			
Tabel 3.4	Tabel <i>sequence</i> untuk Empat Silinder	104			
Tabel 3.5	Tabel <i>Sequence</i> Aktivitas Mandiri 3.3	105			

# Petunjuk Penggunaan Buku

Buku teks *Teknik Alat Berat* ini merupakan buku yang penyajiannya bervariasi dan berbasis aktivitas. Setiap bab terdapat bagian-bagian yang dikenalkan sekilas dalam petunjuk penggunaan buku ini.

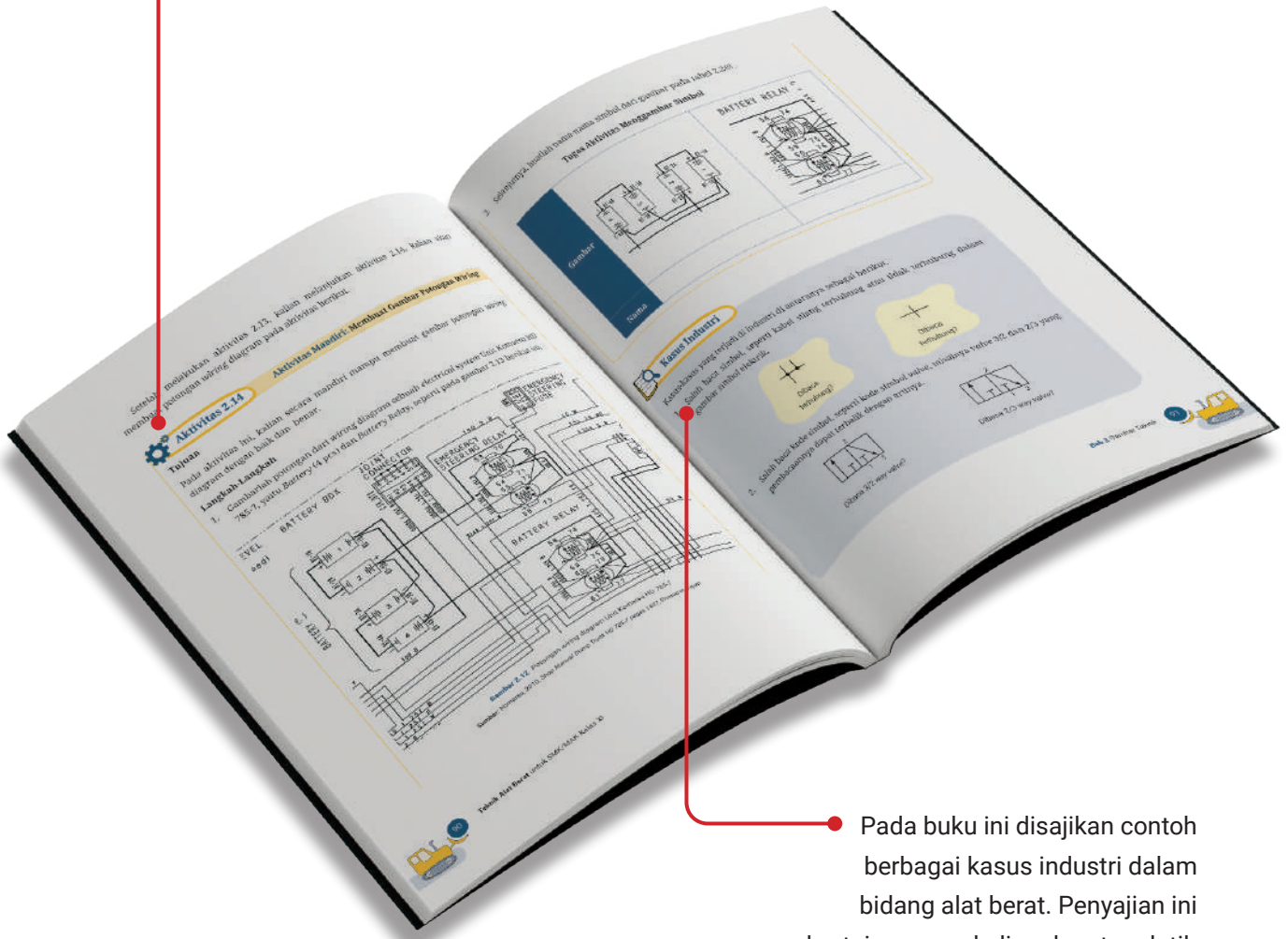
Rumusan tujuan pembelajaran (TP) dituliskan di setiap awal bab. Tujuannya agar kalian memiliki acuan yang sama dalam proses pembelajaran dan mengetahui capaian pembelajaran yang akan dikuasai.

Apersepsi merupakan sebuah narasi yang mengaitkan antara pengetahuan dan pengalaman yang dibuat secara menarik. Tujuan apersepsi adalah agar kalian tertarik dan termotivasi mempelajari materi yang akan disajikan.



Peta materi merupakan turunan langsung dari tujuan pembelajaran yang disajikan dalam bentuk bagan atau peta.

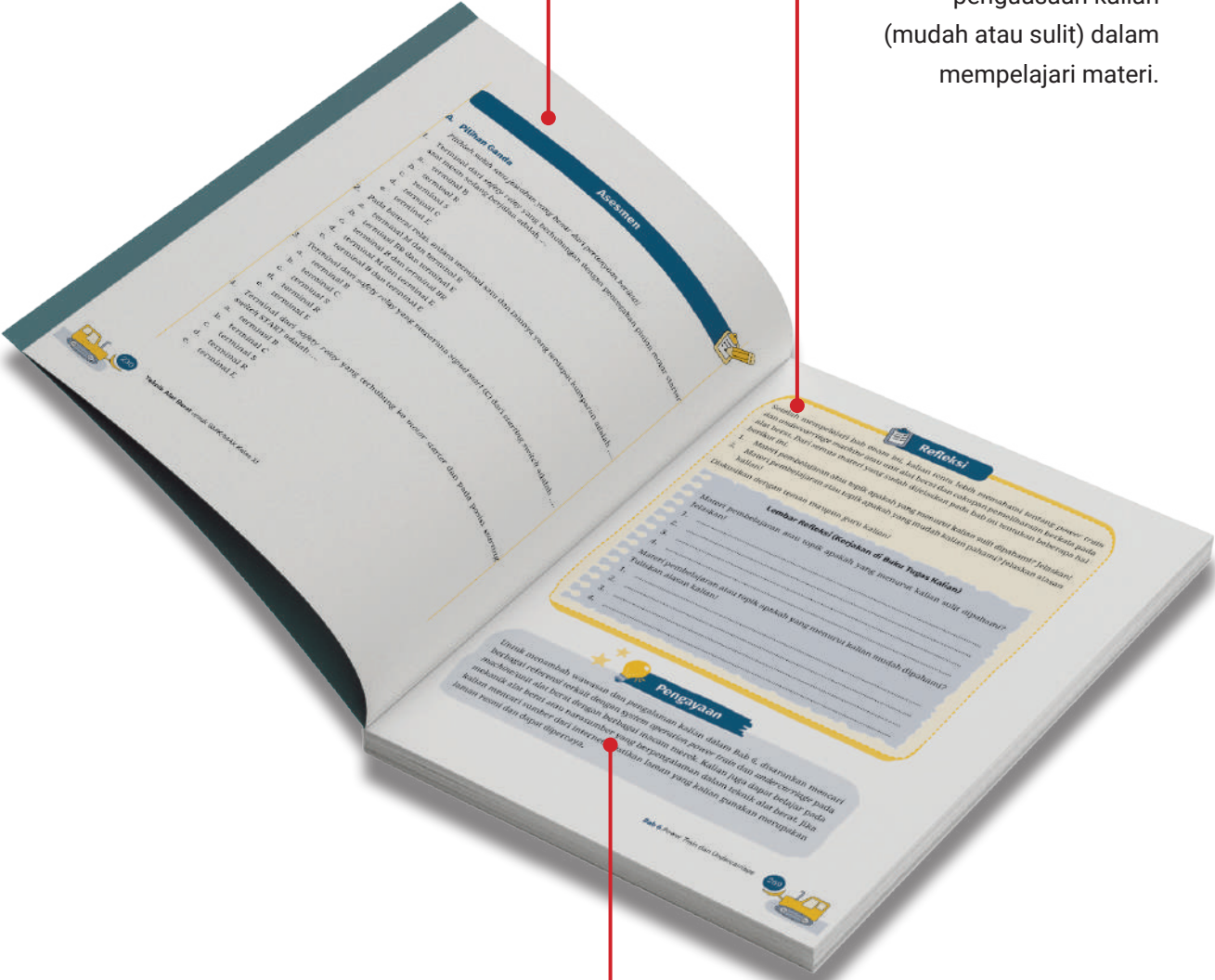
Materi dalam buku ini disusun berbasis aktivitas. Tujuannya agar kalian dapat belajar secara aktif, baik mandiri atau kelompok.



Pada buku ini disajikan contoh berbagai kasus industri dalam bidang alat berat. Penyajian ini bertujuan agar kalian dapat melatih dan membangun *hard skill* dan *soft skill* yang kalian miliki. Selain itu, kalian dapat terhubung antara dunia sekolah dan dunia industri teknik alat berat.

Asesmen bertujuan untuk menilai perkembangan kompetensi kalian terhadap materi yang telah kalian pelajari.

Bagian refleksi ini untuk mengetahui tingkat penguasaan kalian (mudah atau sulit) dalam mempelajari materi.



Bagi kalian yang sudah tuntas mencapai tujuan pembelajaran, kalian dapat menambah pengetahuan melalui materi pengayaan yang diberikan.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2024

Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XI

Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin

ISBN: 978-634-00-0174-7



Bab

1



# Model Unit Alat Berat



Apa yang terpikirkan oleh kalian tentang fungsi alat berat pada pembangunan jalan?

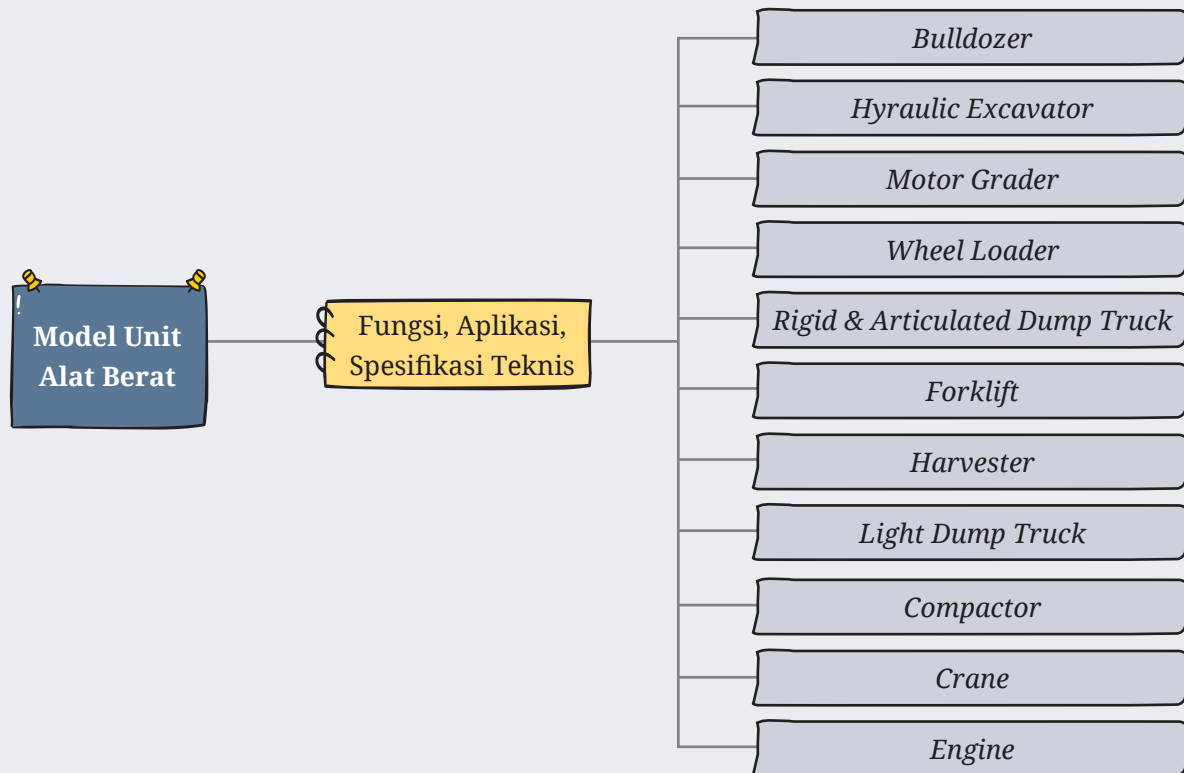


## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, kalian dapat menjelaskan jenis, fungsi, aplikasi, serta spesifikasi teknis pada unit-unit alat berat.



## Peta Materi



## Kata Kunci

- ↻ alat berat
- ↻ hydraulic
- ↻ model unit

- ↻ pemindah tenaga
- ↻ spesifikasi teknis





**Gambar 1.1** Berbagai jenis alat berat untuk membangun dan memperbaiki jalan.

Pernahkah kalian melihat beberapa alat yang membantu pekerja dalam proses pembangunan jalan? Alat tersebut merupakan jenis alat berat yang digunakan sesuai dengan fungsinya masing-masing. Alat berat tersebut ada yang berfungsi untuk menggali, meratakan, membawa, atau memadatkan material pembangunan jalan.

Berbagai jenis alat berat dapat digunakan dalam berbagai bidang. Alat berat selain digunakan untuk proses pembangunan jalan, juga digunakan dalam bidang industri, konstruksi bangunan, perkebunan, pertambangan, dan pergudangan. Apa saja jenis alat berat tersebut? Apa saja fungsi masing-masing alat berat tersebut? Penjelasan tentang hal itu akan dibahas dalam Bab 1 ini.

Pada jurusan ini, kalian akan mempelajari dan berkesempatan untuk menjelajahi dunia alat berat. Sebagaimana yang sudah dikenalkan sekilas pada bagian awal bab, ada berbagai jenis alat berat sesuai fungsinya masing-masing. Jenis alat berat tersebut, seperti *excavator*, *bulldozer*, *crane*, *forklift*, *dump truck*, dan lainnya. Secara umum, alat tersebut berfungsi untuk mempermudah dan mempercepat berbagai jenis pekerjaan. Selain itu, alat berat akan membantu aktivitas yang sulit dilakukan secara manual. Masing-masing jenis dan fungsi alat berat tersebut akan dibahas dalam subbab berikut ini.



## A. Bulldozer

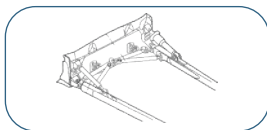
Nama alat berat *bulldozer* tidak lepas dari seekor hewan yang dikendalikan oleh seorang matador, yaitu banteng. Banteng yang dikenal dengan istilah *bull*, memiliki otot dan tenaga yang kuat. Banteng biasanya menanduk dan menyeruduk. Seorang matador memiliki keahlian khusus untuk menaklukkan banteng tersebut. Sementara itu, *dozer* merupakan **alat untuk mendorong**. Traktor tersebut memiliki roda rantai yang disebut dengan *crawler*. Jadi, *bulldozer* merupakan traktor rantai (*crawler tractor*) yang memiliki tenaga yang besar untuk melakukan kegiatan mendorong.

*Bulldozer* memiliki berbagai fungsi, antara lain, untuk menggali, memindahkan, dan mendorong tanah atau material lain. *Bulldozer* juga dapat berfungsi untuk **menarik** kayu gelondongan besar (*log*) atau *portable camp*. *Bulldozer* sesuai fungsinya dirancang beroperasi di daerah berbatu, pegunungan, atau berawa serta tanah lumpur. *Bulldozer* digunakan di sektor pertambangan, konstruksi, penebangan, Hutan Tanaman Industri (HTI), dan perkebunan. *Bulldozer* memiliki kapasitas untuk memindahkan tanah secara efisien hingga jarak 100 meter secara estafet.

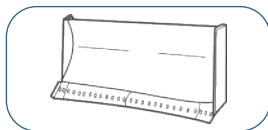
*Bulldozer* dapat bekerja sesuai fungsinya tidak lepas dari komponen-komponen penyusunnya. Apa sajakah komponen-komponen penyusun *bulldozer* tersebut? Kalian dapat menyimak dan mencermati bagian-bagian *bulldozer* pada gambar berikut.



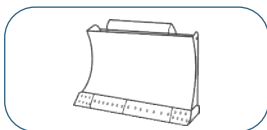
Gambar 1.2 Bulldozer dan bagian-bagiannya.



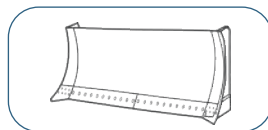
*Straight tilt dozer*



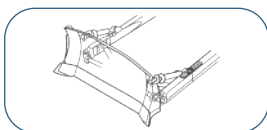
*Straight dozer*



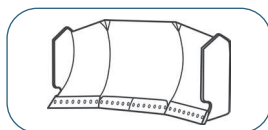
*Power angle tilt dozer*



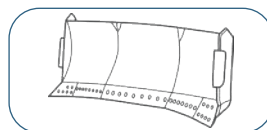
*Angle dozer*



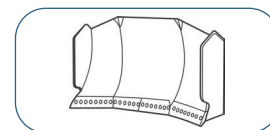
*Dual-tilt dozer*



*Semi-U dozer*



*U-tilt dozer*



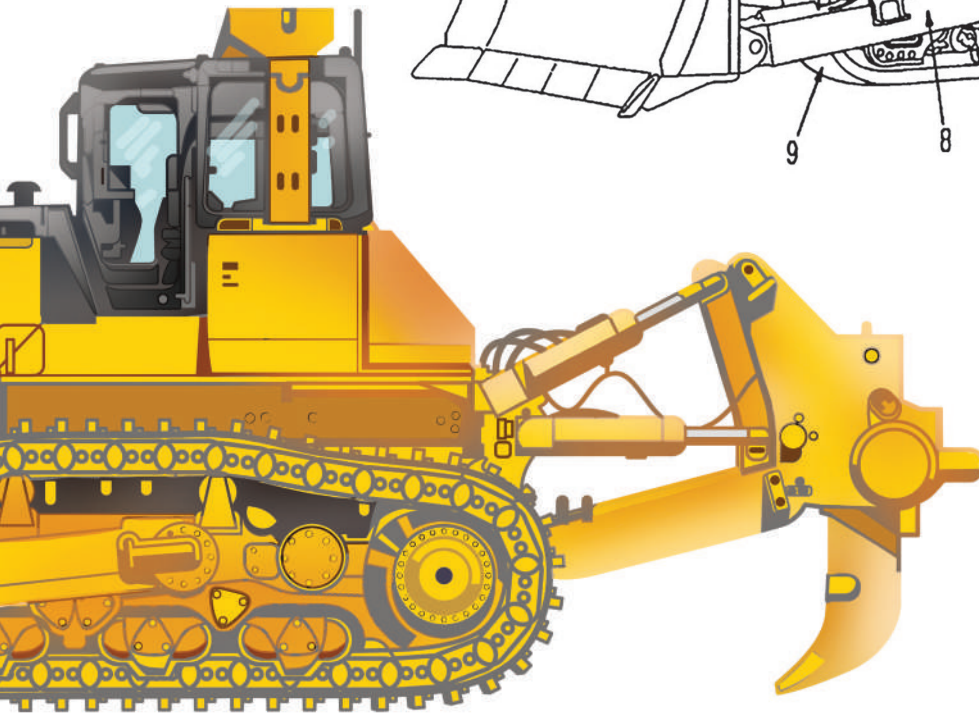
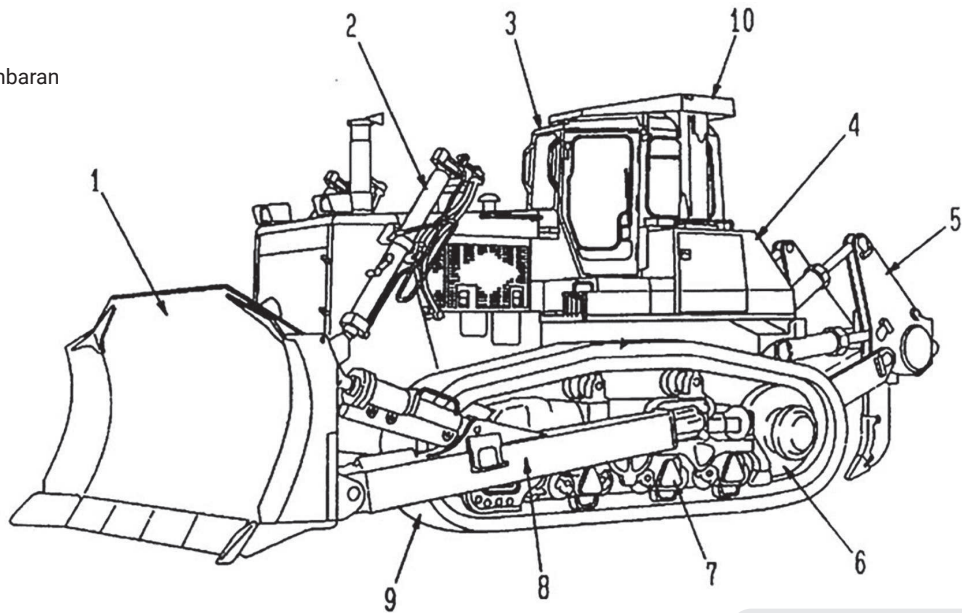
*Coal dozer*



# 1. Gambaran Umum Bulldozer

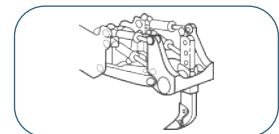
**Gambar 1.3** Gambaran umum bulldozer

Sumber: Operation Maintenance Manual Komatsu D375-5

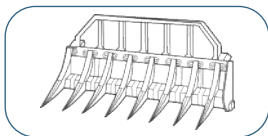


Keterangan:

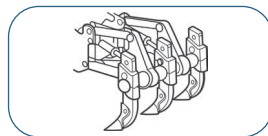
1. Blade
2. Blade lift cylinder
3. Cabin
4. Fuel tank
5. Ripper
6. Sprocket
7. Track roller
8. Straight frame
9. Track shoe
10. Canopy



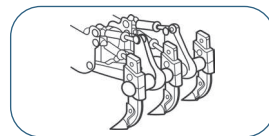
Giant rippers  
(Variable type)



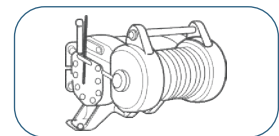
Rake dozer



Multi shank rippers  
(rigid type)



Multi shank rippers  
(variable type)



Towing winch

## 2. Kode Model Unit Bulldozer

D 37 5 A □ -6

### Keterangan:

- D : D mengindikasikan *bulldozer* dengan *diesel engine*
- 37 : Angka yang mengindikasikan ukuran *bulldozer*
- 5 : Angka yang mengindikasikan tipe penggerak
- 0 : *direct drive* (dengan *main clutch*)
- 1 : *hydroshift type*
- 2,3,5,8 : *torqflow type*
- 7 : *torqflow & hydroshift*
- Contoh, D155 berarti unit tersebut menggunakan *converter* dan *torqflow* transmisi, sedangkan D150 menggunakan *main clutch* dan *direct drive* transmisi.
- A : Huruf yang menunjukkan bentuk dasar dari *bulldozer*, yaitu sebagai berikut:
- S : *Dozer shovel*
- Q : *Swamp dozer shovel*
- A : *Angle dozer/straight dozer*
- P : *Swamp bulldozer*
- W : *Amphibious bulldozer*
- C : *Pipelayer*
- E : *Tractors dengan long track*



Sumber: products.unitedtractors.com

- : Huruf yang menunjukkan *specific design* dari *bulldozer*, yaitu sebagai berikut:
- B : *Bare tractor*
- E : *Tractor with long track*
- H : *Hydraulic control*
- L : *Swamp bulldozer with less ground pressure*
- R : *Radio control*
- C : *Pipelayer*
- E : *Swamp bulldozer with minimum ground*
- 6 : Angka yang menunjukkan berapa kali telah dilakukan perubahan desain (modifikasi) pada unit tersebut.

D 6 R

### Keterangan:

- D : *Sales model track type tractor*
- 6 : Ukuran *machine*, semakin tinggi nomornya semakin besar ukuran *machine*
- R : Series, menunjukkan teknologi yang digunakan



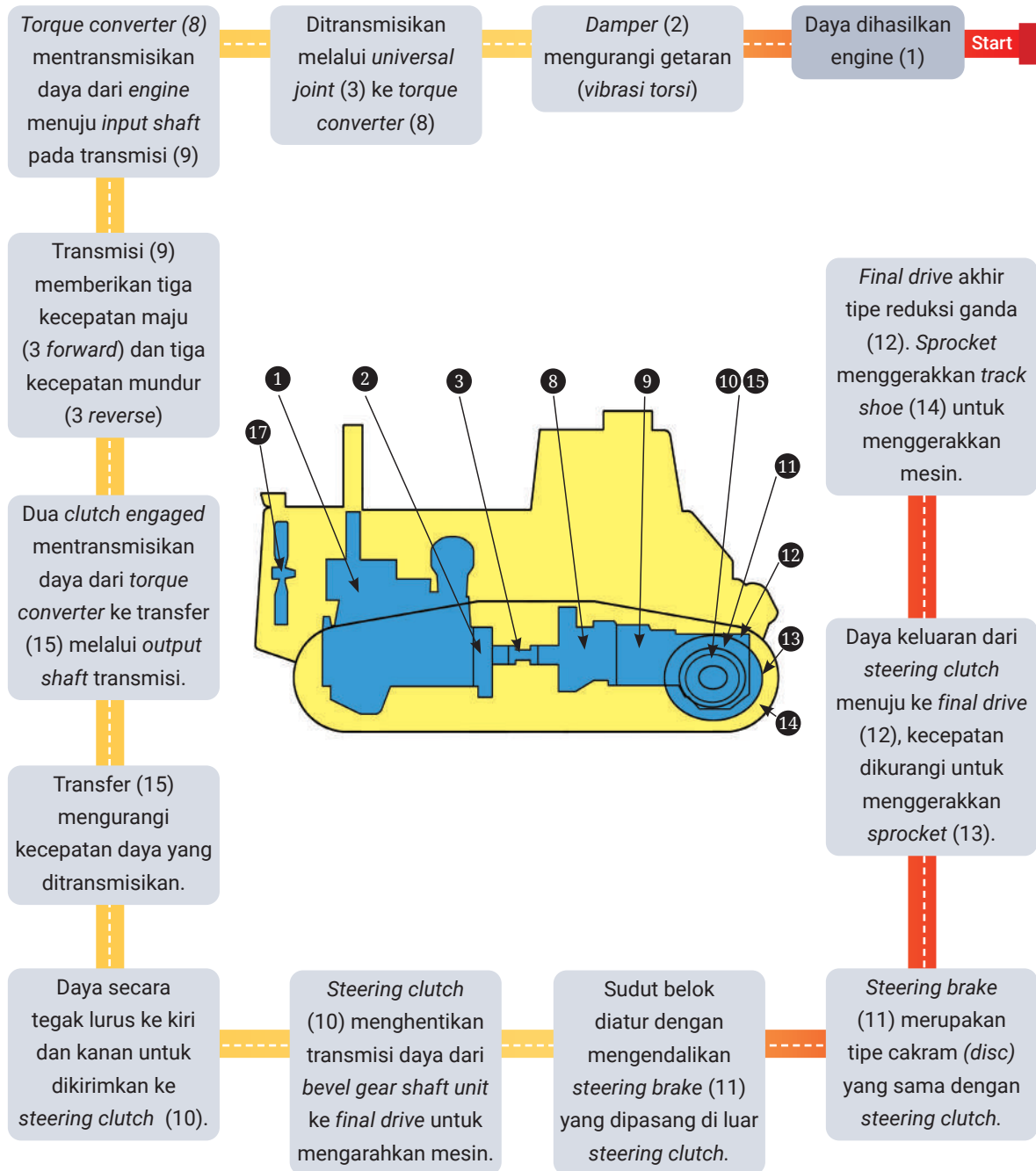
Sumber: Rudi Harianto

Gambar 1.4 Berbagai produk *bulldozer*



### 3. Power Train Bulldozer

#### Torqflow Transmission

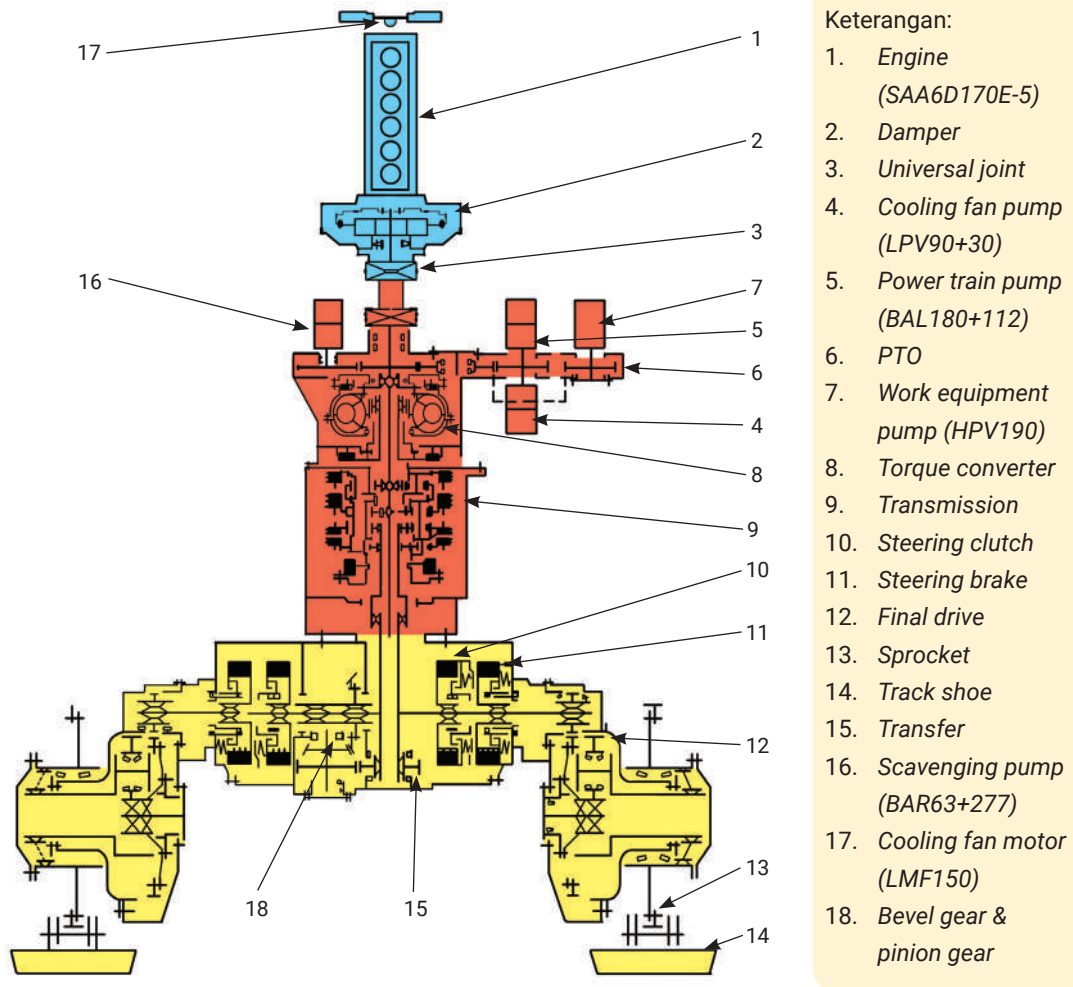


Gambar 1.5 Sistem pemindah tenaga bulldozer



#### 4. Power Train Skeleton Bulldozer

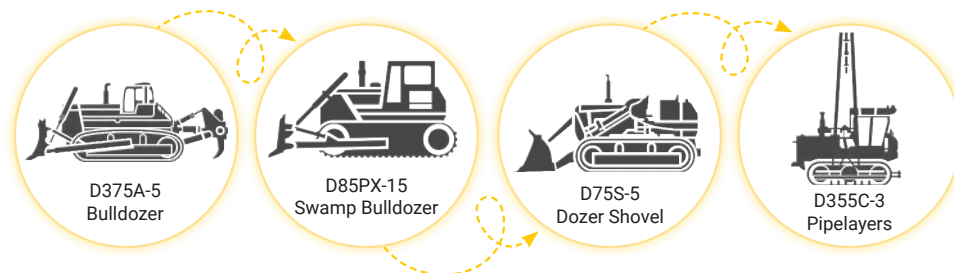
Power train skeleton memiliki bagian-bagian. Bagian tersebut dijelaskan dalam gambar berikut ini.



Gambar 1.6 Power train skeleton bulldozer

#### 5. Susunan Produk Bulldozer

Susunan produk *bulldozer* beraneka jenisnya. Jenis produk *bulldozer* dapat kalian ketahui dari gambar berikut.

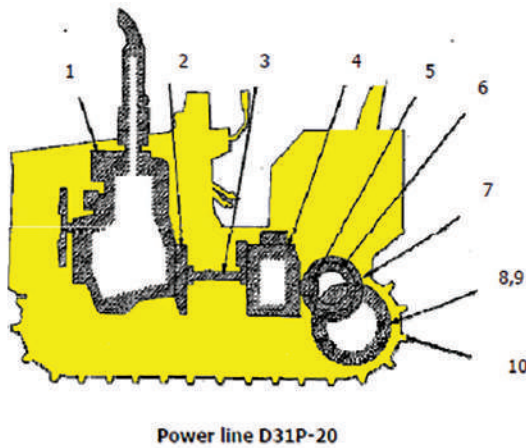


Gambar 1.7 Susunan produk bulldozer



## 6. Hydrosift Type

*Hydrosift type* merupakan salah satu penggerak pada sistem *power train* (pemindah tenaga) *bulldozer*. *Hydrosift type* terdiri dari bagian-bagian sesuai gambar berikut.



Keterangan:

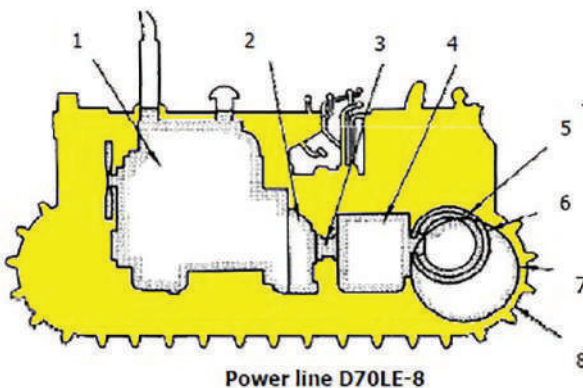
1. Engine
2. Damper
3. U-joint
4. Hydroshift transmission
5. Bevel pinion dan bevel gear
6. Steering clutch
7. Steering brake
8. Final drive
9. Sprocket
10. Track shoe

Gambar 1.8 *Hydrosift type*

Sumber: Product Knowledge/United Tractors School/2008

## 7. Direct Type (with Main Clutch)

*Direct type* merupakan salah satu penggerak pada sistem *power train* (pemindah tenaga) *bulldozer*. *Direct type* terdiri dari bagian-bagian sesuai gambar berikut.



Keterangan:

1. Engine
2. Main clutch
3. U-joint
4. Transmission
5. Steering clutch
6. Steering brake
7. Final drive
8. Track shoe

Gambar 1.9 *Direct type (with main clutch)*

Sumber: Product Knowledge/United Tractors School/2008

Setelah mengenal dan memahami alat berat *bulldozer*, berikut akan dijelaskan jenis alat berat lainnya, yaitu *hydraulic excavator*. Seperti apa bentuk *hydraulic excavator* itu? Selanjutnya, apa saja bagian-bagian dan fungsi *hydraulic excavator* itu? Hal tersebut akan dibahas dalam subbab berikut ini.



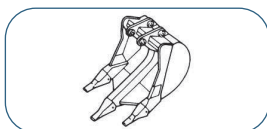
## B. Hydraulic Excavator

Petani menggunakan cangkul (*backhoe*) dan sekop (*shovel*) dalam berkegiatan di kebun atau di sawah. Fungsi cangkul dan sekop untuk menggali dan memindahkan tanah. *Hydraulic excavator* secara umum memiliki fungsi yang sama dengan cangkul dan sekop tersebut, yakni untuk menggali tanah (*digging*) dan mengangkat material (*lifting*). Namun, *hydraulic excavator* memiliki fungsi yang lebih kompleks, yaitu memuat material ke *dump truck* (*loading*) dan meratakan (*grading*) menggunakan perlengkapan kerja (*attachment*) *bucket*. *Bucket* dapat digantikan dengan perlengkapan lain, seperti *breaker* yang berguna untuk memecah batu dan membongkar aspal. Selain itu, *hydraulic excavator* memiliki perlengkapan kerja layaknya penjepit (*log grapple*) untuk memindahkan dan menumpuk kayu. *Hydraulic excavator* memiliki fungsi yang beragam. Oleh karena itu, *hydraulic excavator* dikenal sebagai alat serbaguna (*multipurpose*). *Hydraulic excavator* sebagai alat berat serbaguna didukung oleh bagian-bagian pendukungnya atau konstruksinya.

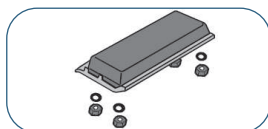
Konstruksi *hydraulic excavator* terdiri atas dua bagian, yaitu bagian atas (*upper structure*) dan bagian bawah (*lower structure*). Pada bagian atas *hydraulic excavator* dapat berputar (*swing*) sebesar 360°. Kekuatan mesin ini berasal dari energi *hydraulic* dengan memainkan aliran oli (*flow*) dan pembatasan tekanan (*pressure*). Dengan demikian, traktor ini mampu melakukan operasi dengan cepat untuk penggalian dan pemindahan tanah di ruang terbatas. Selanjutnya, simaklah uraian tentang bagian-bagian *hydraulic excavator* berikut.



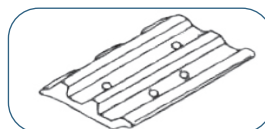
Gambar 1.10 Hydraulic excavator dan bagian-bagiannya.



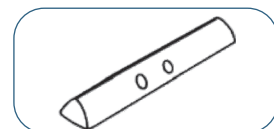
Ripper bucket



Rubber pad

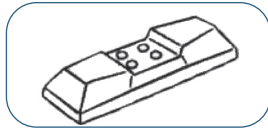


Double grouser shoe

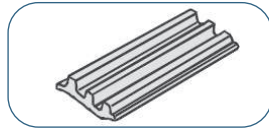


Swamp shoe

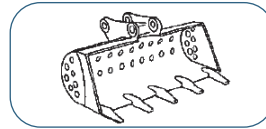




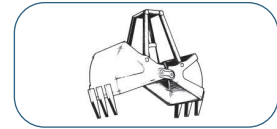
Road liner (rubber)



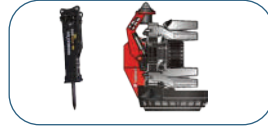
Tripple grouser shoe



Ditch cleaning bucket



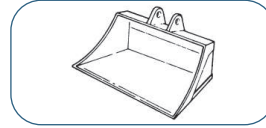
Clamshell bucket



Breaker & harvester head



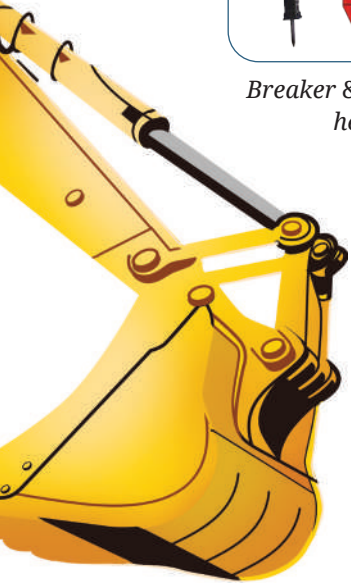
Single-shank ripper



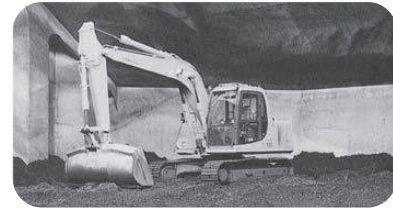
Slope finishing bucket



Trapezoidal bucket



Chip yard bucket

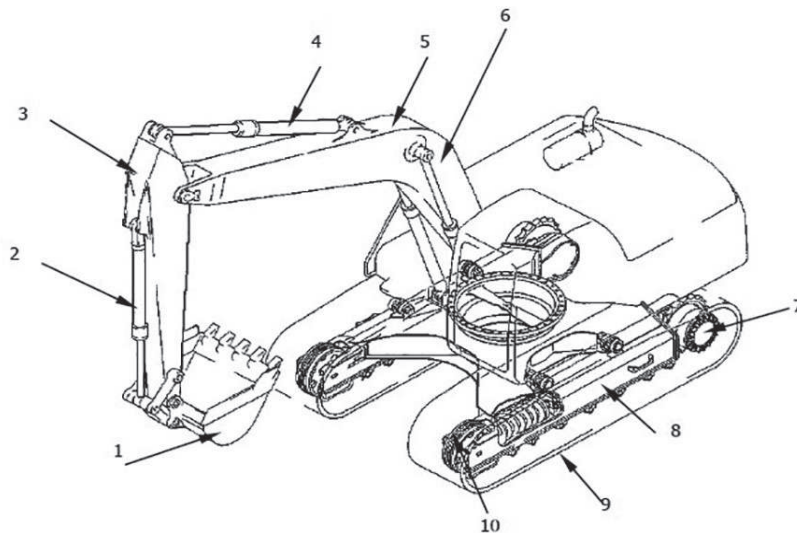


Coal bucket



Coal bucket

## 1. Gambaran Umum Hydraulic Excavator



Keterangan:

1. Bucket
2. Bucket Cylinder
3. Arm
4. Arm Cylinder
5. Boom
6. Boom Cylinder
7. Sprocket
8. Track Frame
9. Track Shoe
10. Idler

Gambar 1.11 Gambaran umum hydraulic excavator

Sumber: Operation Maintenance Manual Komatsu PC200-8



## 2. Kode Model Unit *Hydraulic Excavator*

### PC 200 -10 LC

Keterangan:

- PC : Huruf yang mengindikasikan kode *hydraulic excavator* Komatsu  
*Hydraulic excavator crawler*
- 200 : Angka yang mengindikasikan berat alat siap operasi (ton) (termasuk: *fuel, oil, air* pendingin, operator)  
Contoh:  $200 \times 0,1 = 20$  ton
- 10 : Angka yang menunjukkan berapa kali telah dilakukan modifikasi atau perubahan desain pada alat.
- LC : Huruf yang menunjukkan perlengkapan kerja yang digunakan oleh *Hydraulic Excavator*  
LC : *Long track*  
LLC : *Super long track*



Sumber: images.app.goo.gl

### 3 20 D

Keterangan:

- 3 : *Sales model excavator*
- 20 : Ukuran *machine*, semakin tinggi nomornya semakin besar ukuran *machine*
- D : *Series*, menunjukkan teknologi yang digunakan



Sumber: Rudi Harianto

### ZAXIS 200

Keterangan:

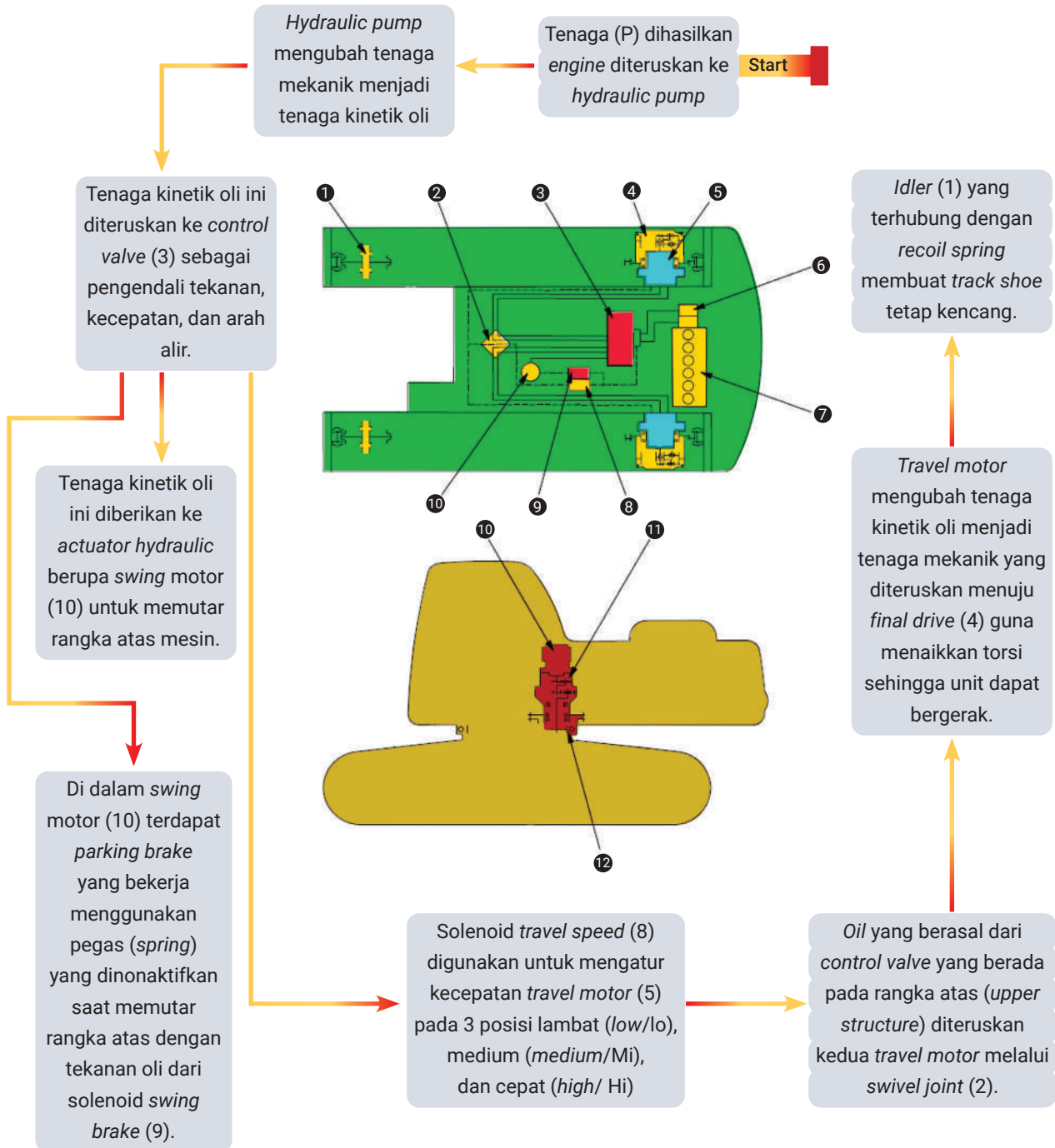
- ZAXIS : *Excavator model*
- 200 : berat alat siap operasi  $200 \times 0,1 = 20$  ton



Sumber: Brosur ZAXIS-5G Series



### 3. Power Train Skeleton Hydraulic Excavator



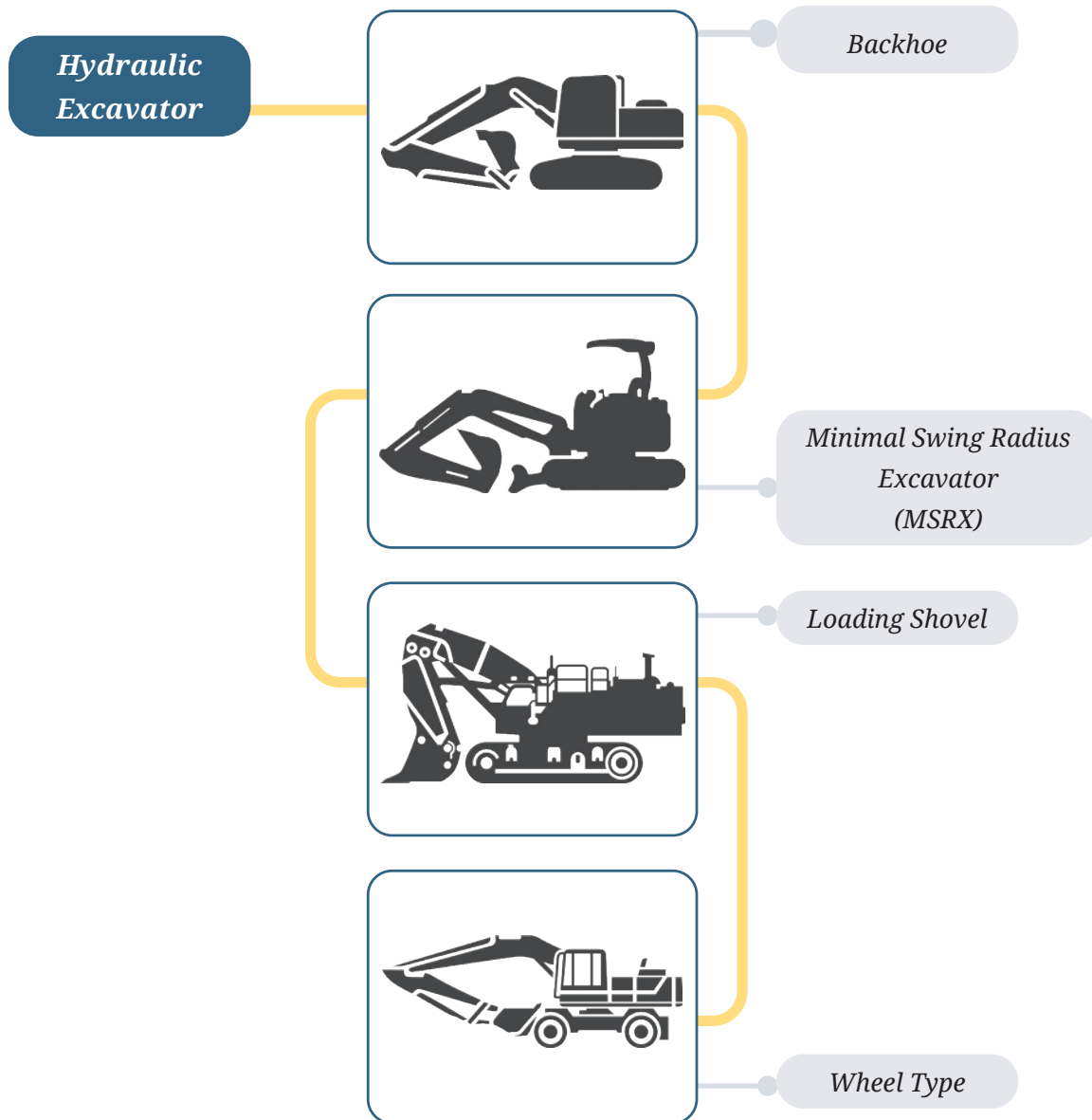
Gambar 1.12 Sistem pemindah tenaga hydraulic excavator

Sumber: diilustrasikan oleh Admiral Sya



#### 4. Susunan Produk *Hydraulic Excavator*

Produk *hydraulic excavator* ada beberapa jenis. Kalian dapat mengamati jenis tersebut dalam gambar berikut.



Gambar 1.13 Susunan produk *hydraulic excavator*





**Tujuan**

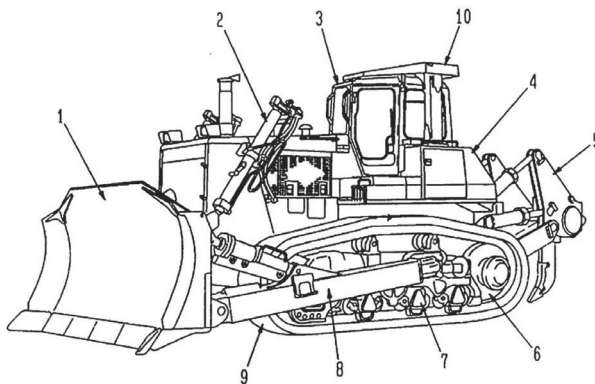
Pada aktivitas ini, kalian bekerja sama mengidentifikasi dan menuliskan nama dan fungsi perlengkapan kerja (*attachment*) dan *undercarriage* dari *bulldozer* dan *hydraulic excavator*.

**Langkah-Langkah**

1. Cermati kembali bagian-bagian dan fungsi alat berat *bulldozer* dan *hydraulic excavator*!
2. Selanjutnya, diskusikan bersama teman sekelompok tentang bagian dan fungsi alat berat *bulldozer* dan *hydraulic excavator*!
3. Tuliskan hasil diskusi dalam tabel dan diagram berikut ini!

**Tabel 1.1 Attachment dan Bagian-Bagian Bulldozer**






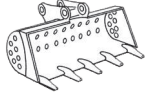
Gambar	Nama dan Fungsi	Gambar	Nama dan Fungsi

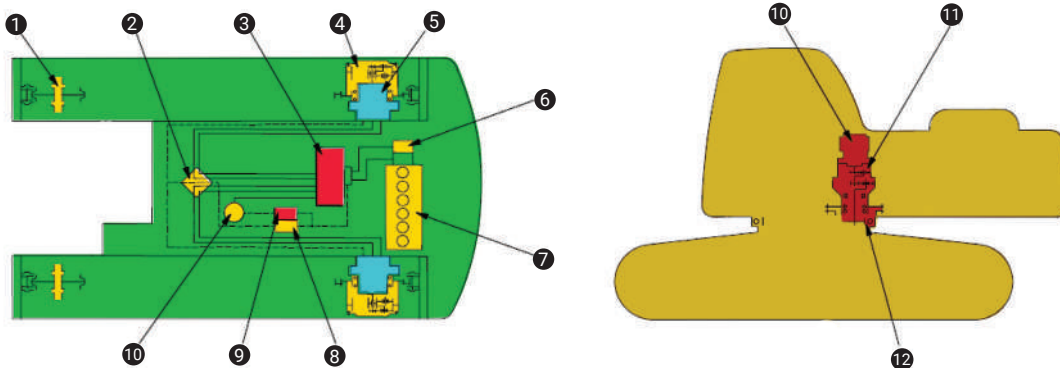


1. ....
2. ....
3. ....
4. ....
5. ....
6. ....
7. ....
8. ....
9. ....
10. ....



**Tabel 1.2** Attachment dan Power Train Skeleton Hydraulic Excavator

Gambar	Nama dan Fungsi
	
	
	
	
	
	



- 1. ....
- 2. ....
- 3. ....
- 4. ....
- 5. ....

- 6. ....
- 7. ....
- 8. ....
- 9. ....

### C. Motor Grader

Apakah kalian menyadari bahwa jalan yang dilalui sebenarnya berbentuk kurva? Jalan sedikit melengkung ke atas layaknya bukit rendah. Tujuannya agar jika ada air yang jatuh di atas permukaan jalan (seperti air hujan) langsung bergerak ke tepi jalan. Hal itu berguna untuk menghindari genangan air di jalan. Air yang tergenang di jalan dalam waktu lama akan membuat jalan menjadi rusak. Oleh karena itu, jalan dibentuk (*grading*) seperti kurva. Material sebelumnya diratakan dan dipadatkan menggunakan *compactor*. Proses pembuatan jalan yang telah dijelaskan, meliputi membentuk jalan (*grading*), meratakan jalan, dan *finishing* dilakukan menggunakan alat berat *motor grader*.

*Motor grader* dalam menyelesaikan pekerjaannya memerlukan perlengkapan kerja (*work equipment*). Contohnya, *blade* untuk meratakan tanah dan *scarifier* untuk memecah material-material keras. Letak *scarifier* ini berada di depan *blade*. Pemecahan material juga dapat dilakukan menggunakan *ripper* yang berada di belakang mesin atau alat. Bagian-bagian *motor grader* akan dijelaskan dalam uraian berikut.

#### Tahukah Kamu?



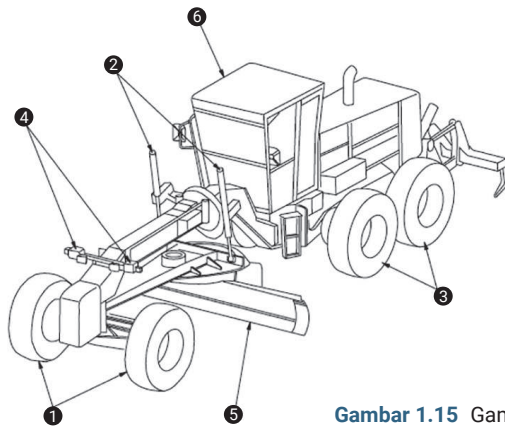
Air yang tergenang di jalan dalam waktu lama akan membuat jalan menjadi rusak. Oleh karena itu, jalan dibentuk (*grading*) seperti kurva. Material sebelumnya diratakan dan dipadatkan menggunakan *compactor*.



Gambar 1.14 Motor grader



## 1. Gambaran Umum Motor Grader



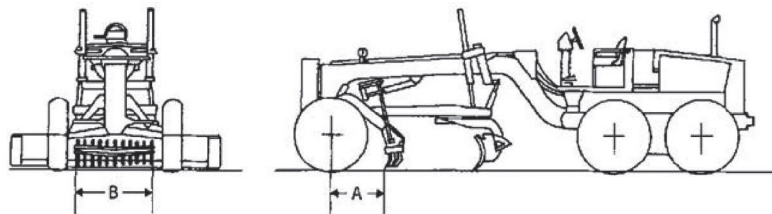
Keterangan:

1. Front wheel
2. Blade lift cylinder
3. Rear wheel
4. Head lamp
5. Blade
6. Cab

**Gambar 1.15** Gambaran umum motor grader

Sumber: Operation Maintenance Manual Komatsu GD535-5

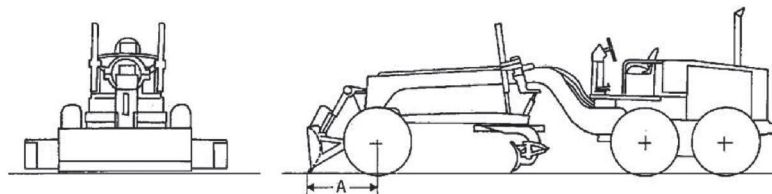
## 2. Scarifier Application



**Gambar 1.16** Scarifier application

Sumber: Specification and Application Handbook

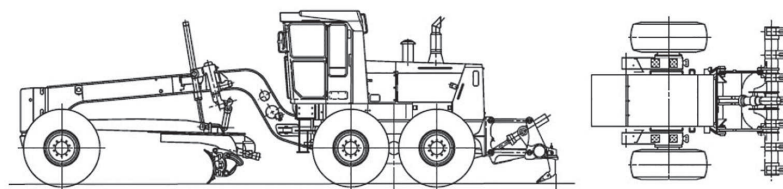
## 3. Front Dozer Blade Application



**Gambar 1.17** Front dozer blade application

Sumber: Specification and Application Handbook

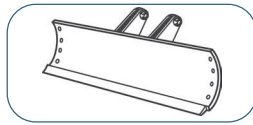
## 4. Rear Mounted Ripper Application



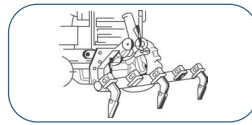
**Gambar 1.18** Rear mounted ripper application

Sumber: Specification and Application Handbook

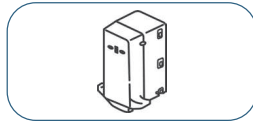
## 5. Perlengkapan Kerja Motor Grader



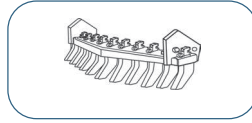
Front blade



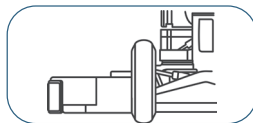
Rear mounted ripper



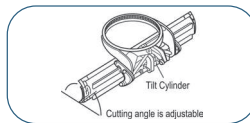
Push plate



Scarifier



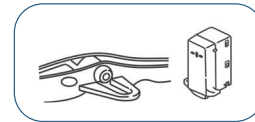
Extension blade



Hydraulic blade tip control



Sumber: jmwood.com



Front pull hook  
(U - shape bracket welded on front axle & front weight with nails)

Gambar 1.19 Perlengkapan kerja motor grader

## 6. Kode Model Unit Motor Grader

**GD 8 2 5 A -2**

Keterangan:

- GD : Huruf yang mengindikasikan kode motor grader Komatsu.
- 8 : Angka yang mengindikasikan jarak poros sumbu roda (wheel base)
- 2 : Angka yang menunjukkan kelas engine.  
Standard engine power setting
  - 1 : Light duty
  - 2 : Heavy duty
 Higher engine power setting
  - 6 : Light duty
- 5 : User application
  - 1,2 : Government tender
  - 3,5 : Commercial tender



Sumber: products.unitedtractors.com

- A : Huruf yang mengindikasikan konstruksi alat
  - A : Articulated
  - B : Rigid
- 2 : Angka yang menunjukkan berapa kali telah dilakukan modifikasi atau perubahan desain pada alat.

**120 GC**

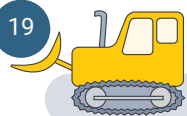
Keterangan:

- GC : series, menunjukan teknologi yang dipergunakan.
- Angka 12, 14, 16, 24, 120, 135 dan 140: sales model pada motor grader. Pada penomoran ini semakin besar nomor **bukan** berarti semakin besar ukuran alat tersebut.

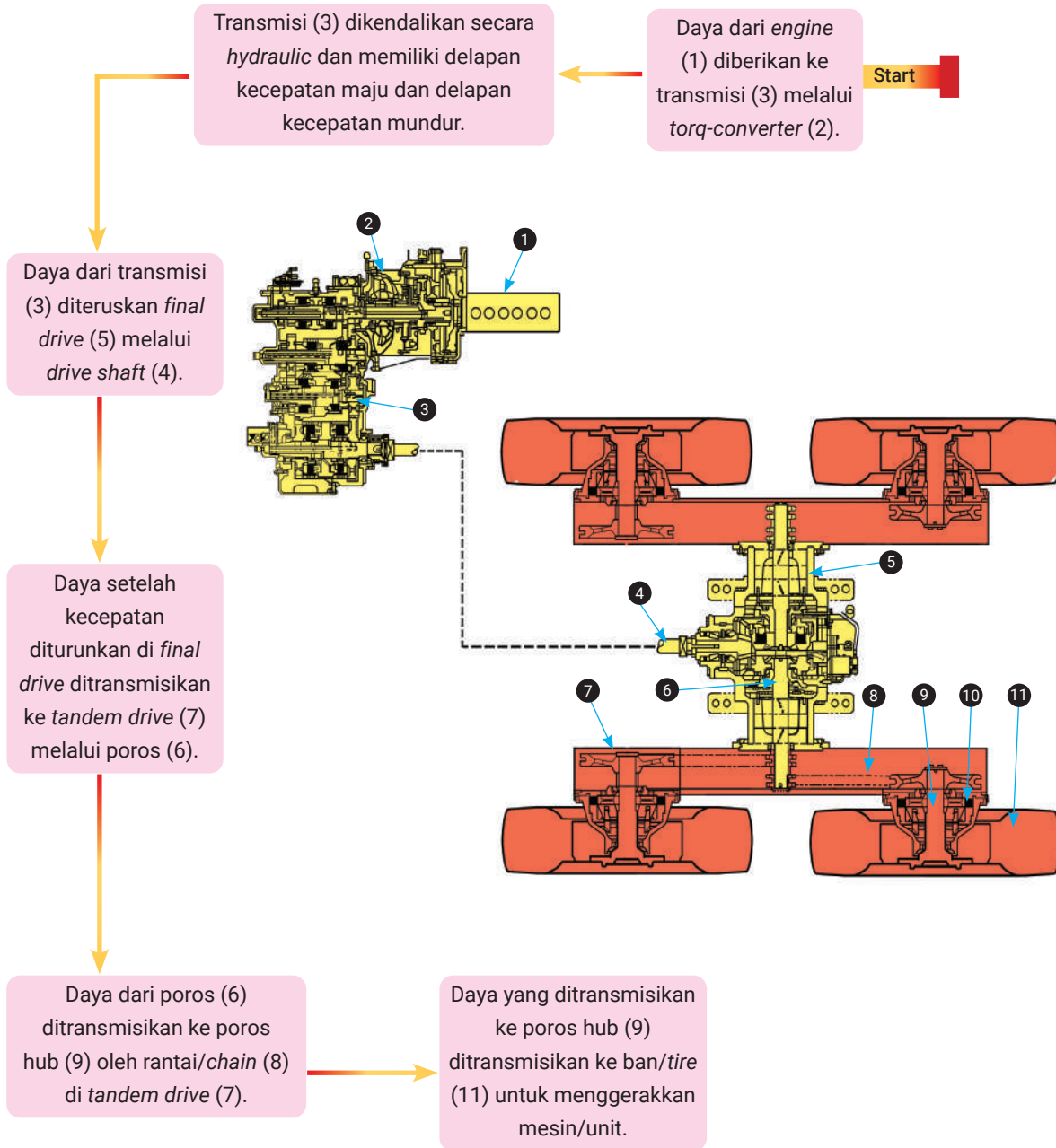


Sumber: cat.com

Gambar 1.20 Berbagai produk motor grader



## 7. Power Train Skeleton Motor Grader



Gambar 1.21 Power train skeleton motor grader

Sumber: Shop Manual Komatsu GD705-5



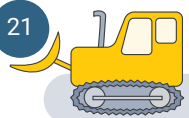
## D. Wheel Loader

Jika kalian melewati tempat penambangan pasir dan batu kerikil yang besar, di sana terdapat beberapa alat muat, seperti *wheel loader*. *Wheel loader* memuat material-material tersebut ke dalam *truck*. *Wheel loader* lebih efektif digunakan sebagai pemuat material pada landasan lahan yang padat sehingga tidak merusaknya.

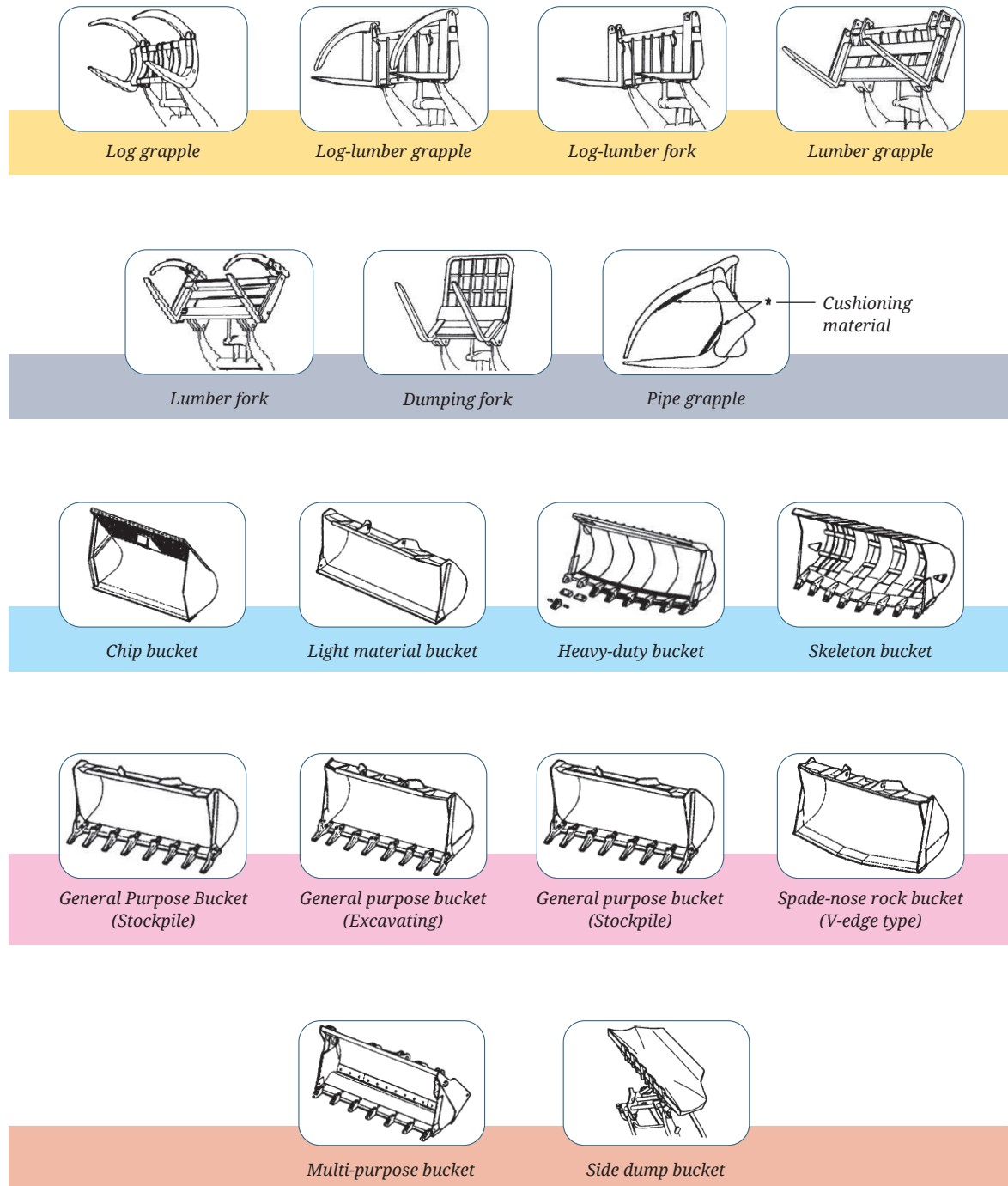
*Wheel loader* merupakan alat berat yang dirancang untuk mengangkut material seperti tanah, pasir, kerikil, dan lainnya dalam volume besar. Alat ini sering digunakan di sektor konstruksi, pertambangan, dan pekerjaan umum lainnya. *Wheel loader* menjadi salah satu alat berat yang paling populer di industri tersebut karena fleksibilitas dan kemampuannya untuk bekerja di berbagai medan.



Gambar 1.22 Wheel loader

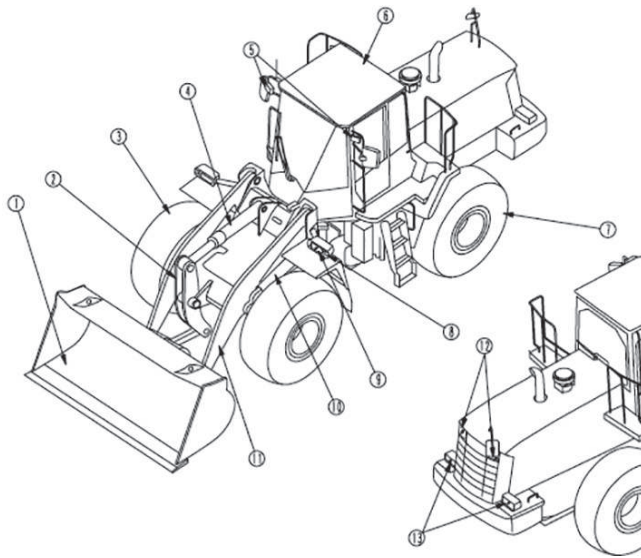


## 1. Jenis-Jenis Attachment



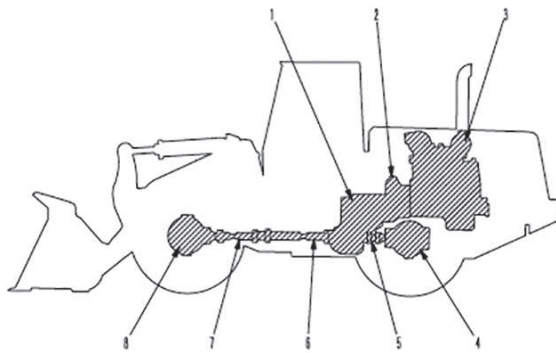
Gambar 1.23 Jenis-jenis attachment

## 2. Gambaran Umum Wheel Loader



Keterangan:

1. Bucket
2. Bell crank
3. Front wheel
4. Bucket cylinder
5. Front working lamp
6. ROPS cab
7. Rear wheel
8. Turn signal lamp
9. Head lamp
10. Lift cylinder
11. Lift arm
12. Rear working lamp
13. Rear combination lamp



Keterangan:

1. Transmission
2. Torque converter
3. Engine
4. Rear axle
5. Rear drive shaft
6. Center drive shaft
7. Front drive shaft
8. Front axle

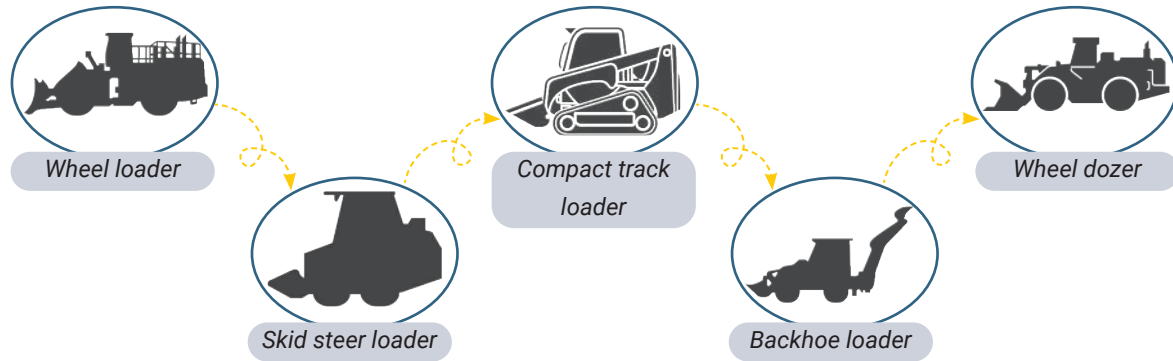
**Gambar 1.24** Gambaran umum wheel loader

Sumber: Operation Maintenance Manual Komatsu WA380-6; Shop Manual Komatsu WA380-5

Tenaga dari *engine* (3) ditransmisikan melalui *flywheel engine* ke *torq-converter* (2). Turbin pada *Torq-converter* terhubung ke *input shaft* transmisi (1). Transmisi memiliki 6 *clutch* (F, R, 1st, 2nd, 3rd & 4th) yang dioperasikan secara *hydraulic*. Hal ini akan menyediakan 4 kecepatan maju dan 4 kecepatan mundur. Tenaga dari *output shaft transmisi* melewati *center drive shaft* (6), *front drive shaft* (7), dan *rear drive shaft* (5), serta ditransmisikan ke *front axle* (8) dan *rear axle* (4) untuk menggerakkan roda.



### 3. Susunan Produk Wheel Loader



Gambar 1.25 Susunan produk wheel loader

### 4. Kode Model Unit Wheel Loader

#### WA 500 -6

Keterangan:

- WA : Huruf yang mengindikasikan kode wheel loader Komatsu.
  - WA : wheel loader (W: Wheel tractor)
  - WF : compactor
  - WR : reach loader
  - WT : towing tractor
  - WB : wheel backhoe
- 500 : Angka yang mengindikasikan ukuran dari wheel loader, semakin besar angka, maka akan semakin besar pula alat.
- 6 : Angka yang menunjukkan berapa kali telah dilakukan modifikasi atau perubahan desain pada alat.



Sumber: images.app.goo.gl

#### 9 50 G

Keterangan:

- 9 : Sales model wheel loader
- 50 : Ukuran machine, semakin tinggi nomornya semakin besar ukuran machine
- G : Series, menunjukkan teknologi yang digunakan

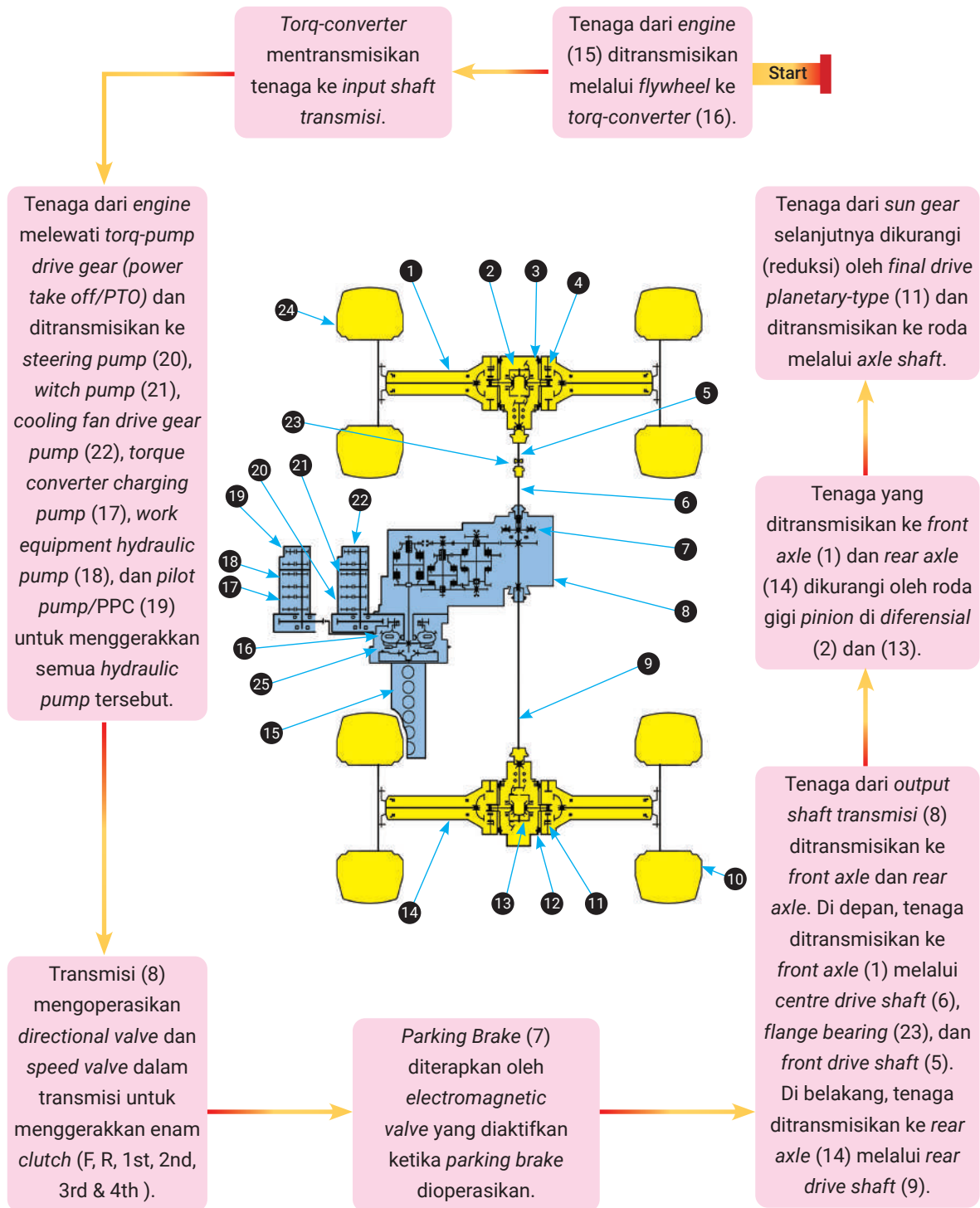


Sumber: Rudi Harianto

Gambar 1.26 Berbagai produk wheel loader



## 5. Power Train Skeleton Wheel Loader



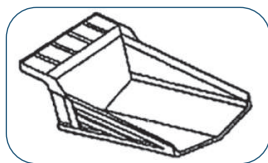
Gambar 1.27 Power train skeleton wheel loader



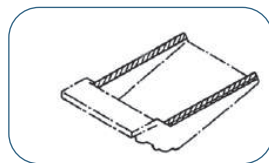
## E. Dump Truck (A. Rigid Dump Truck)

Penggunaan tenaga manusia untuk mengeluarkan material pasir, tanah, atau batu sangatlah terbatas. Hal itu tentu merupakan suatu pekerjaan yang berat dan membutuhkan waktu yang lama. Adanya alat berat pengangkut *dump truck* yang dilengkapi *vessel* yang bisa digerakkan, pekerjaan berat menjadi lebih mudah. Material pasir, tanah urukan, pecahan batu, atau kerikil dapat dikeluarkan dengan mengangkat *vessel* menggunakan tenaga *hydraulic*. Hal itu sangat efisien karena tidak lagi menggunakan tenaga manusia untuk mengeluarkannya.

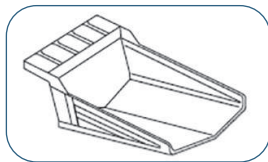
Konsep truk-truk pemuat material sama dengan traktor berjenis *dump truck*. *Dump truck* berbeda dengan yang lain karena dapat memuat material lebih banyak dan berat. *Dump truck* merupakan sebuah alat pengangkut material dari jarak sedang hingga jauh. Material yang dibawa oleh *dump truck* dapat diisikan oleh *excavator*, *wheel loader*, maupun *shovel*. Sekarang, sudah terdapat berbagai macam tipe *dump truck*. Pembagian *rigid dump truck* secara umum terdapat dua tipe, yakni tipe *mechanical* dan *electrical*. *Dump truck* sangat cocok untuk dioperasikan di area tambang dengan kapasitas angkut yang sangat besar dan alat ini sangat produktif.



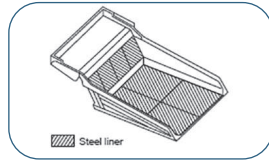
Liner-less body



Body extension



Dump body for quarry  
(standard)



Dump body with full  
liners (except sides)  
for quarry



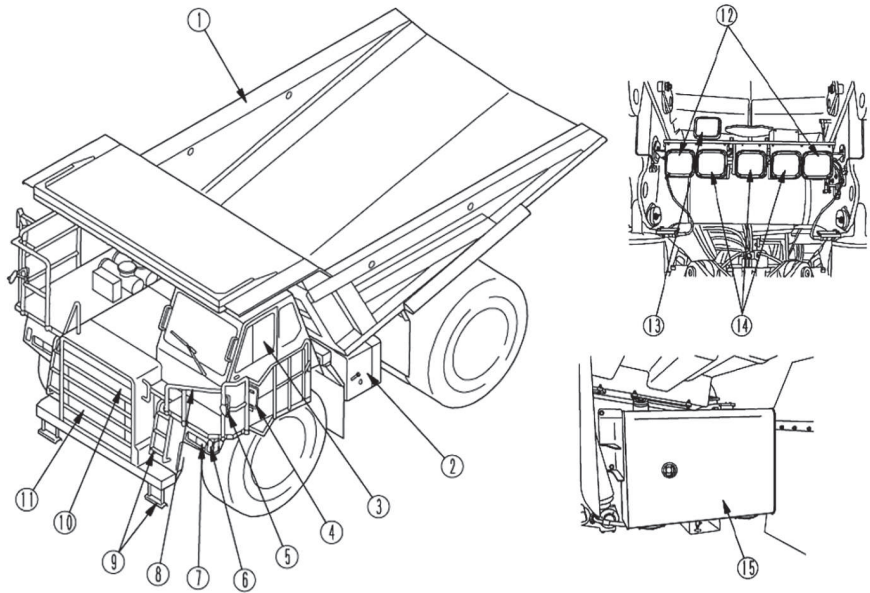
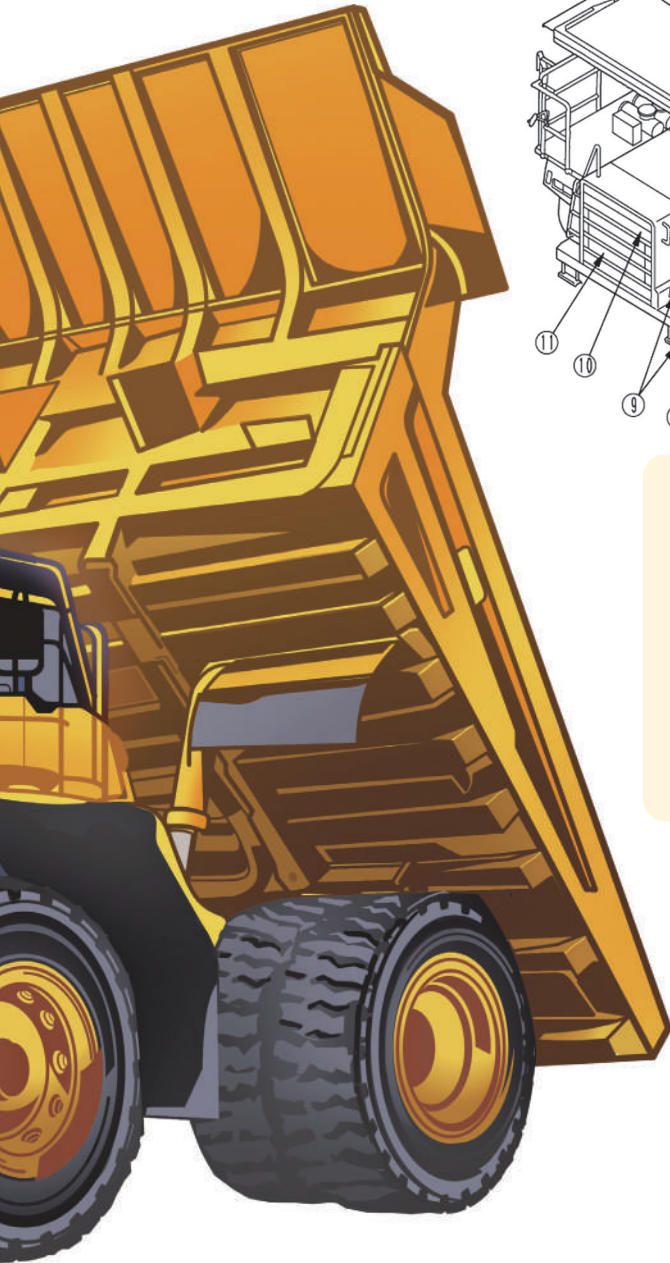
Rock body



Gambar 1.28 *Dump truck* dan bagian-bagiannya.



## 1. Gambaran Umum *Rigid Dump Truck*



Keterangan:

- |                              |                           |
|------------------------------|---------------------------|
| 1. Dump body                 | 9. Step                   |
| 2. Steering & hoist oil tank | 10. Radiator              |
| 3. Operator's cab            | 11. After cooler          |
| 4. Rear view mirror          | 12. Rear combination lamp |
| 5. Under mirror              | 13. Back-up lamp          |
| 6. Combination lamp          | 14. Tail lamp             |
| 7. Head lamp                 | 15. Fuel tank             |
| 8. Handrail                  |                           |

**Gambar 1.29** Gambaran umum *rigid dump truck*

Sumber: Operation Maintenance Manual Komatsu HD785-7

## 2. Susunan Produk *Dump Truck*

**Dump Truck**

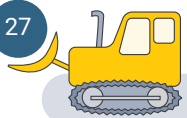
Rigid Dump  
Truck



Articulated  
Dump Truck



**Gambar 1.30** Susunan produk *dump truck*



### 3. Kode Model Unit *Dump Truck*

#### HD 785 -8

Keterangan:

**HD** : Huruf yang mengindikasikan kode *dump truck* Komatsu.

**HD** : *Heavy duty dump truck*

**HM** : *Articulated dump truck*

**785** : Angka yang menunjukkan berat muatan (ton)  
785 = 91 ton, 465 = 55 ton

**-8** : Angka yang menunjukkan berapa kali alat tersebut sudah dilakukan modifikasi.



Sumber: [products.unitedtractors.com](http://products.unitedtractors.com)

#### 7 73

Keterangan:

**7** : Sales model *off highway truck*

**73** : Ukuran *machine*, semakin tinggi nomornya semakin besar ukuran *machine*



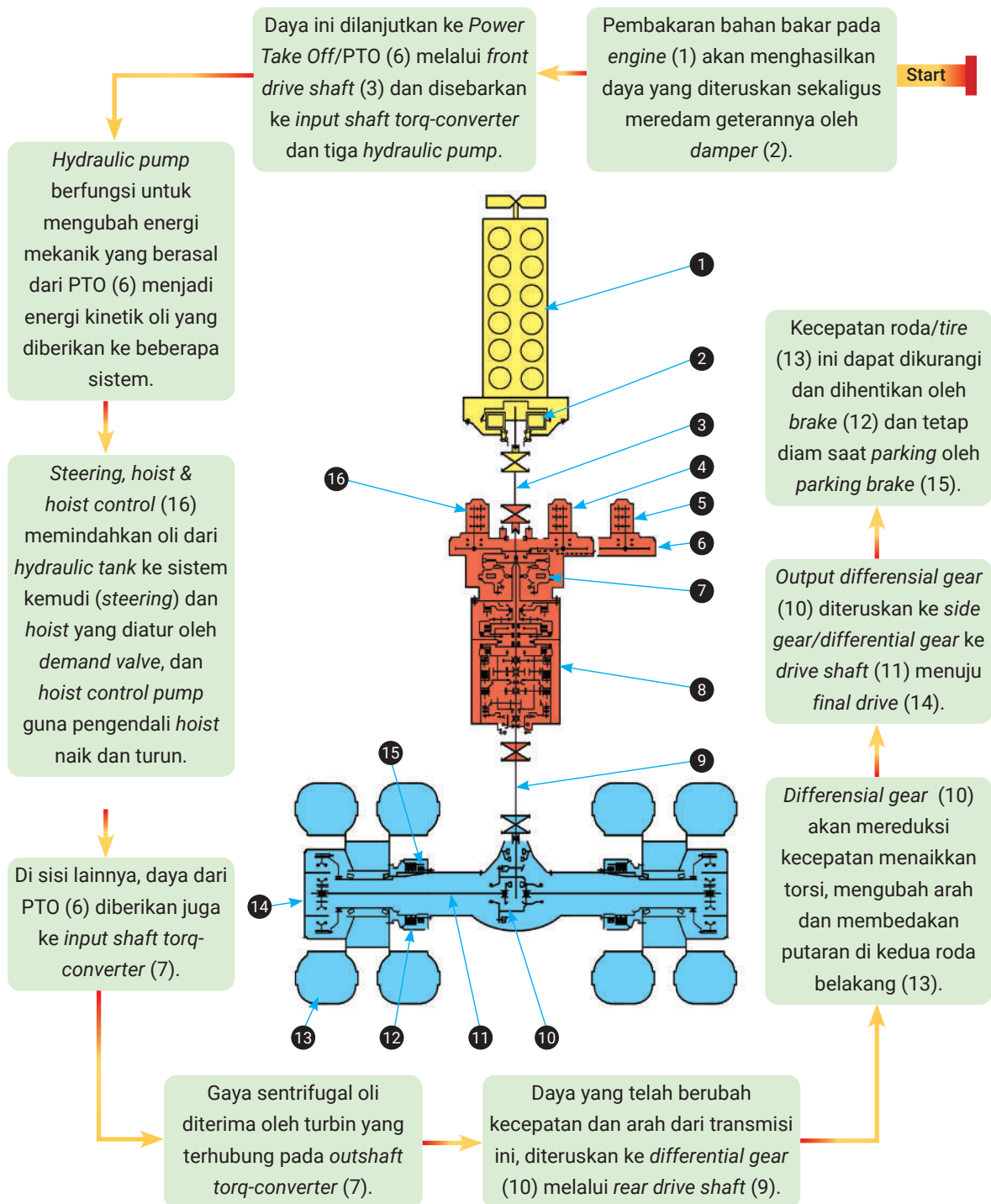
Sumber: [cat.com](http://cat.com)

**Gambar 1.31** Berbagai produk *dump truck*

Sumber: [cat.com](http://cat.com)

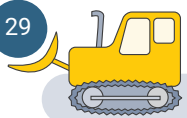


#### 4. Power Train Skeleton Rigid Dump Truck



Gambar 1.32 Power train skeleton rigid dump truck

Sumber: Shop Manual Komatsu HD785-7



## F. Dump Truck (B. Articulated Truck)

Apakah kalian dapat membedakan mesin yang memiliki 2WD, 4WD bahkan 6WD? Pada umumnya 2WD digunakan pada mesin-mesin yang bekerja pada jalan dengan *rolling resistance* cukup baik (<5%). Sementara itu, pada mesin dengan lahan kerja yang buruk (ditandai dengan *rolling resistance* >5%) menggunakan 4WD atau lebih (6WD). WD merupakan bagian dari roda mesin yang memiliki penggerak dikenal dengan *wheel drive* (roda penggerak), indikasi roda penggerak dapat dilihat pada bagian sebelumnya akan terhubung dengan *differential*.

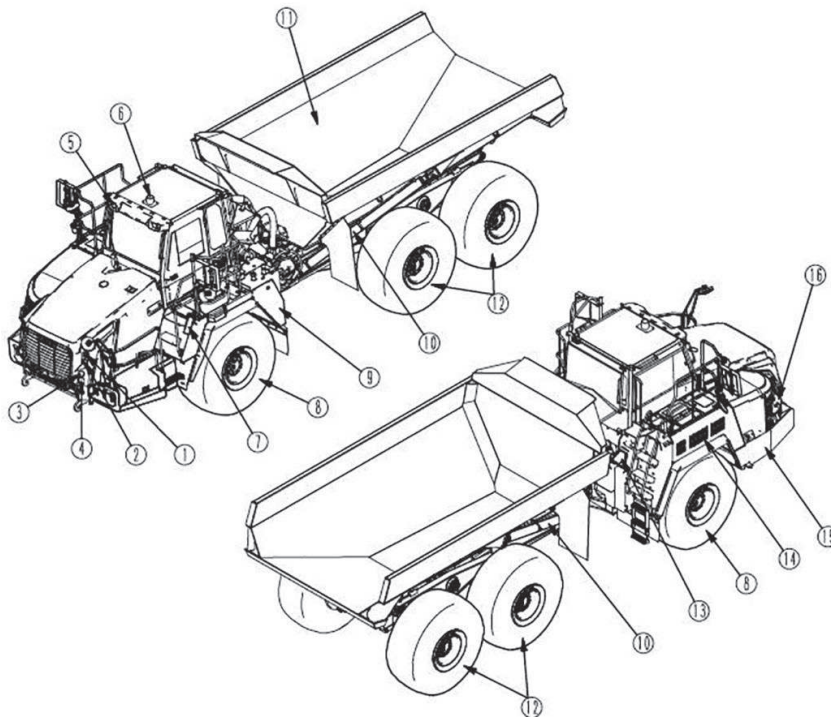
*Articulated dump truck* merupakan salah satu *dump truck* yang digunakan untuk memindahkan material pada area yang kurang baik (*rolling resistance* >5%). Dengan demikian, dari enam roda yang dimilikinya (dua depan, dua tengah, dan dua belakang) semuanya memiliki penggerak. Dengan kata lain, *dump truck* memiliki *six wheel drive* (6WD). Lahan yang dilalui dengan kondisi yang kurang baik akan menyebabkan beda traksi antara roda kanan dan kiri, depan dan belakang. Dengan demikian, dapat menyebabkan perbedaan kecepatan antarroda (*slip*). Hal itu menyebabkan unit berbelok yang sulit dikendalikan. Oleh karena itu, diperlukan penyamaan putaran antara roda kanan dan kiri (*differential lock*) serta penyamaan putaran *axle* depan dan belakang (*inter axle*). Pada model terbaru, *articulated dump truck* fungsinya digantikan dengan KTCS (*traction control system*) yang memiliki keunggulan pada kemudahan dalam *steering*.



Gambar 1.33 Articulated dump truck



## 1. Gambaran Umum Articulated Dump Truck



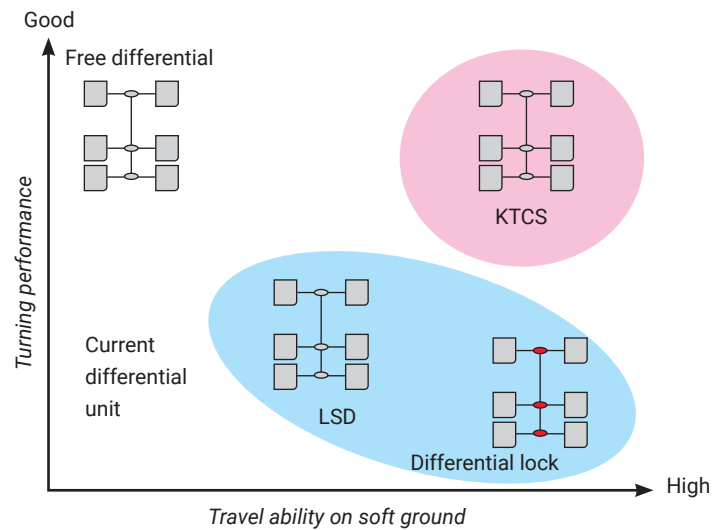
Keterangan:

1. Headlamp (high beam)
2. Headlamp (low beam)
3. Fog lamp (if equipped)
4. Turn signal lamp and clearance lamp
5. Working lamp
6. Yellow revolving warning lamp (if equipped)
7. Fire extinguisher
8. Front wheel
9. Hydraulic tank
10. Hoist cylinder
11. Dump body
12. Rear wheel
13. Side lamp (if equipped)
14. Muffler
15. Fuel tank
16. Air cleaner

**Gambar 1.34** Gambaran umum articulated dump truck

Sumber: Operation Maintenance Manual Komatsu HM400-3R

## 2. Keunggulan Traction Control System (KTCS) Articulated Dump Truck



**Gambar 1.35** Keunggulan traction control system (KTCS) articulated dump truck



### 3. Kode Model Unit Dump Truck

**7 25**

**Keterangan:**

- 7 : Sales model articulated dump truck
- 25 : Ukuran *machine*, semakin tinggi nomornya semakin besar ukuran *machine*



Sumber: cat.com

**B 60 E**

**Keterangan:**

- B : Bell
- 60 : Pay Load
- E : Series

**SMALL ADT:**

- B18E – 18000 kg – 18 Ton
- H20E – 18000 kg – 18 Ton
- B25E – 24000 kg – 25 Ton
- B30E – 28000 kg – 30 Ton

**LARGE ADT:**

- B35E – 33500 kg – 35 Ton
- B40E – 39000 kg – 40 Ton
- B45E – 41000 kg – 45 Ton
- B50E – 45400 kg – 50 Ton
- B60E – 55000 kg – 60 Ton



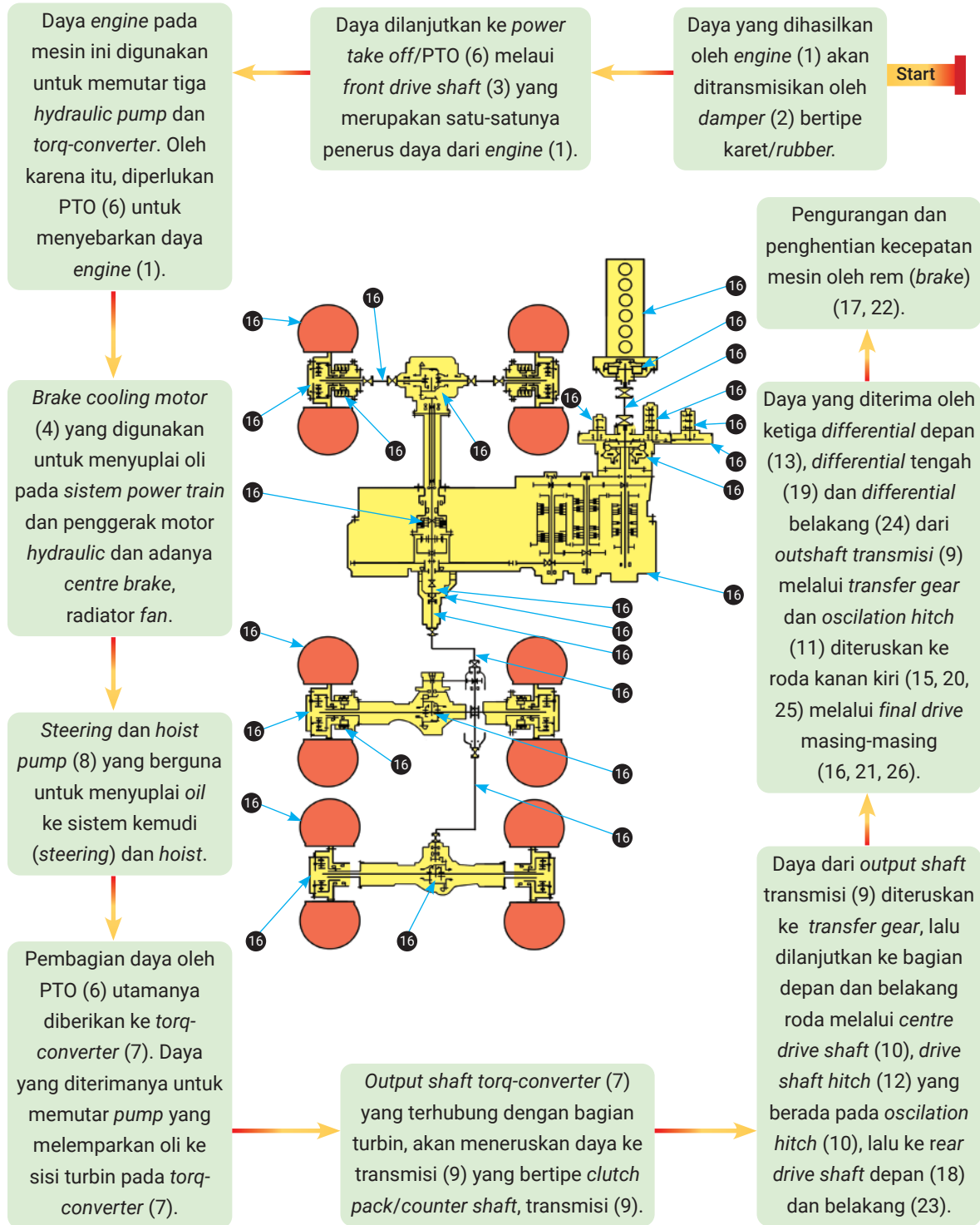
Sumber: Brosur E-Series Articulated Dump Trucks

**Gambar 1.36** Berbagai produk *dump truck*

Sumber: cat.com

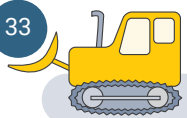


#### 4. Power Train Skeleton Articulated Dump Truck



Gambar 1.37 Power train skeleton articulated dump truck

Sumber: Shop Manual Komatsu HD785-7





## Aktivitas 1.2

### Aktivitas Kelompok: Pengamatan Spesifikasi Teknis dari Unit *Wheel Loader*

#### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian dapat mengomunikasikan hasil pengamatan spesifikasi teknis dari unit *wheel loader*.

#### Langkah-Langkah

1. Amati kembali bagian-bagian dari unit *wheel loader*!
2. Selanjutnya, komunikasikan hasil pengamatan dengan teman kelompok tentang spesifikasi teknis dari unit *wheel loader*! Kalian memilih satu teman kelompok bergantian untuk setiap tugas yang tertera pada aktivitas ini. Tuliskan hasil diskusi dalam tabel berikut ini!

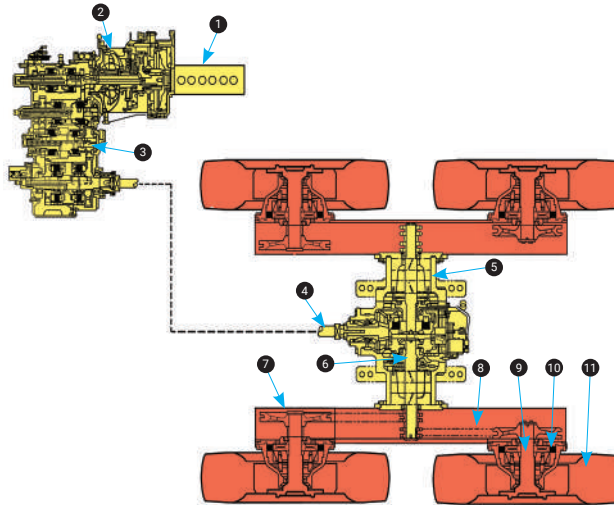
**Tabel 1.3** Spesifikasi Teknis pada *Wheel Loader*

Komponen	Spesifikasi Teknis pada <i>Wheel Loader</i>
<i>Engine</i>	
<i>Power Train</i>	
<i>Axle dan Wheel</i>	
<i>Tire</i>	
<i>Brake</i>	
<i>Steering</i>	
<i>Hydraulic System</i>	
<i>Work Equipment</i>	



3. Sebutkan nama dan spesifikasi teknis dari komponen-komponen *power train motor grader* berikut!

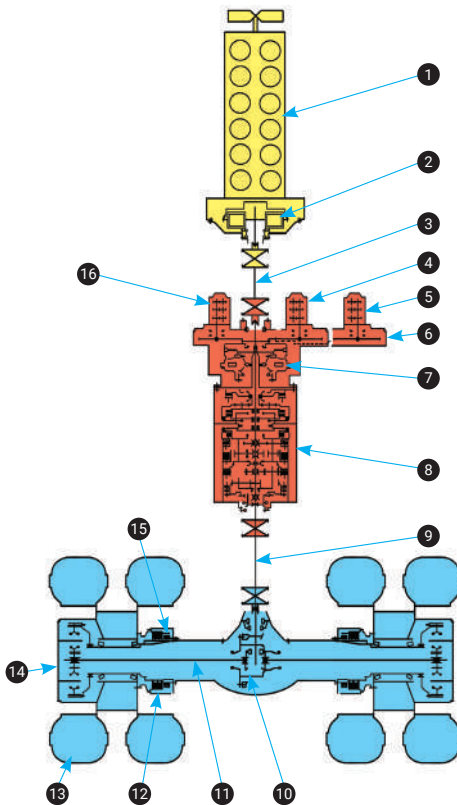
**Power Train Skeleton Motor Grader**



Keterangan:

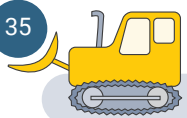
1. ....
2. ....
3. ....
4. ....
5. ....
6. ....
7. ....
8. ....
9. ....
10. ....
11. ....

4. Tuliskanlah nama dan spesifikasi teknis komponen-komponen dalam *power train skeleton* untuk *dump truck tipe rigid*!



Keterangan

1. ....
2. ....
3. ....
4. ....
5. ....
6. ....
7. ....
8. ....
9. ....
10. ....
11. ....
12. ....
13. ....
14. ....
15. ....
16. ....



5. Carilah spesifikasi teknis untuk *articulated dump truck*!

**Tabel 1.4** Spesifikasi Teknis pada *Articulated Dump Truck*

Komponen	Spesifikasi Teknis pada <i>Articulated Dump Truck</i>
<i>Engine</i>	
<i>Power Train</i>	
<i>Steering</i>	
<i>Suspension</i>	
<i>Tire</i>	
<i>Brake</i>	
<i>Hydraulic System</i>	



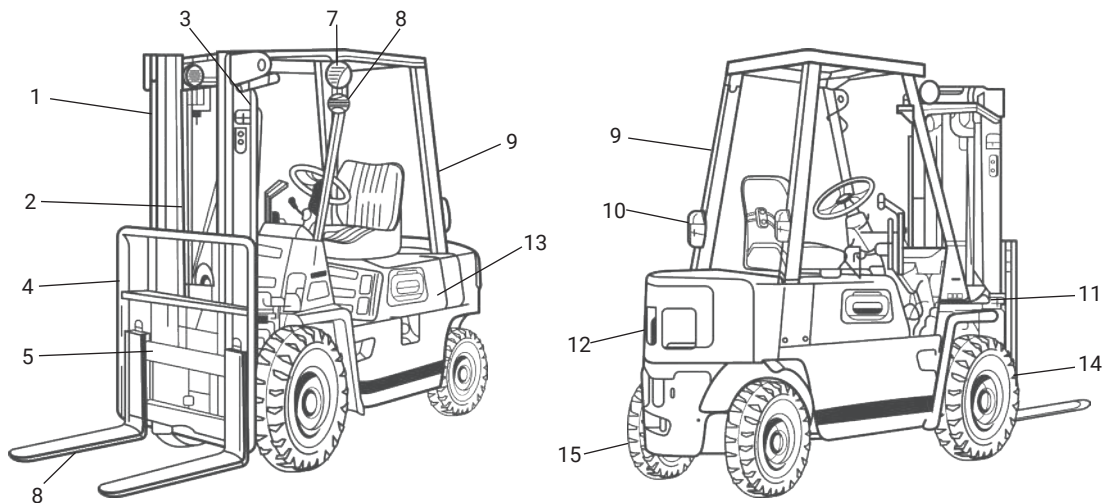
## G. Forklift

Garpu merupakan salah satu alat yang digunakan saat makan. Kalian tentu sudah tahu fungsi dari garpu tersebut. Garpu memudahkan pengguna untuk mengambil makanan di piring. Sekarang, dapatkah kalian membayangkan garpu berukuran besar pada salah satu jenis alat berat? Garpu ukuran besar tersebut dipadukan dengan tenaga *hydraulic* sehingga dapat digunakan untuk mengangkat dan menurunkan barang. Gabungan dua bagian tersebut dapat menjadi sebuah mesin yang bernama *forklift*.

Secara umum, mesin *forklift* merupakan suatu alat yang tersusun dari badan (*body*) serta perlengkapan kerja (*work equipment*). Bagian tersebut dapat digunakan untuk memuat (*loading*) dan membongkar atau menurunkan muatan (*unloading*). *Forklift* diutamakan bekerja pada area-area yang terbatas atau sempit. *Forklift* dibedakan menjadi tiga jenis berdasarkan dari penggerak utamanya, yaitu *diesel engine*, *gasoline engine*, dan *battery*. Penjelasan bagian-bagian *froklift* akan dibahas dalam subbab ini.

### 1. Gambaran Umum Forklift

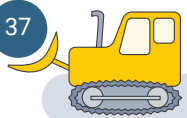
*Forklift Diesel/Gasoline*



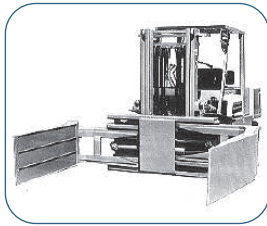
Keterangan:

- |                  |                   |                   |
|------------------|-------------------|-------------------|
| 1. Mast          | 6. Fork           | 11. Tilt Cylinder |
| 2. Lift Chain    | 7. Head Lamp      | 12. Counterweight |
| 3. Lift Cylinder | 8. Turn Signal    | 13. Hood          |
| 4. Back Rest     | 9. Overhead Guard | 14. Front Wheel   |
| 5. Finger Bar    | 10. Rear Lamp     | 15. Rear Wheel    |

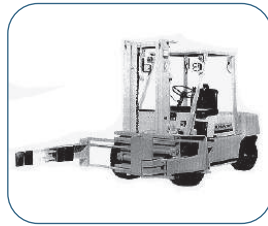
Gambar 1.38 Forklift dan perlengkapan kerjanya



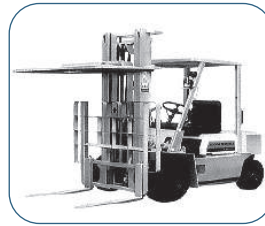
## 2. Perlengkapan Kerja Forklift



*Bale clamp*



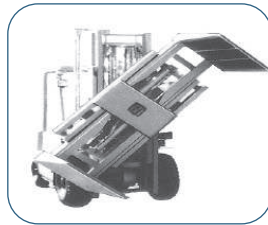
*Drum clamp*



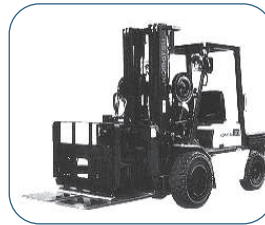
*Load stabilizer*



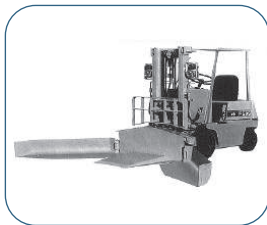
*Side shifter*



*Rotating clamp*



*Push-pull*



*Blade bucket*



*Hinged fork*



**Gambar 1.39** Forklift dan perlengkapan kerjanya

Sumber: Specification and Application Handbook

## 3. Kode Model Unit Forklift

**F G 20 S K T -2**

Keterangan:

Keterangan:

**F** : Huruf yang menunjukkan tipe alat

F : Forklift truck

**G** : Huruf yang menunjukkan tipe peggerak

G : Gasoline engine

D : Diesel engine

B : Battery and electric motor

**20** : Angka yang mengindikasikan kapasitas angkat alat

05 : 500 kg

10 : 1.000 kg

50 : 5.000 kg

100 : 1.0000 kg

250 : 25.000 kg



*Forklift (Komatsu)*

Sumber: Specification and Application Handbook





- S** : Huruf yang mengindikasikan alat
- S : *Cushion tire*
  - Z : *Compress tire*
  - H : *High performance*
  - N : *Normal type*
  - E : *Economy or short wheel case*
  - G : *Large capacity battery*
  - R : *Reach strudle arm battery power*
  - M : *Three wheel*
  - Ex : *Standar truck*
  - J : *Engine non Komatsu*
- K** : Angka yang mengindikasikan kapasitas angkat alat
- K : *Low noise*
  - J : *Reach strudle sitting type*
  - S : *Standard lifting capacity type (reach model only)*
  - N : *Standar tanpa lampu*
- T** : Huruf yang mengindikasikan tipe transmisi alat
- T : *Torqflow type*
  - C : *Clutch type*
  - T<sub>2</sub> : *2 speed torqflow type*
- 2 : Huruf yang mengidentifikasi berapa kali alat tersebut sudah dilakukan perubahan.

**Keterangan:**

- Merk Produk : Manitou  
 Arti Kode Produk :  
 MSI : Kode Merk (Manitou Masted Forklift Truck)  
 20T : Capacity 2000 Kg  
 Load centre : 500 mm  
 Lifting Head : 3300 mm



Forklift Truck (Manitou MSI 20T)

**Keterangan:**

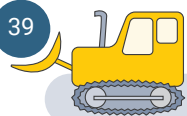
- Merek Produk : Caterpillar  
 Kode Produk : DP20N3  
 Arti Kode Produk :  
 DP : *Diesel Power*  
 35 : *Capacity 3500 kg*  
 N : *Load center 500*  
 3 : *Wheel based 1700*



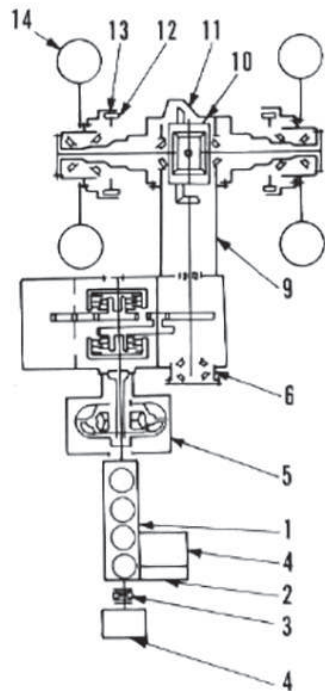
Forklift Truck CAT DP20N3

**Gambar 1.40** Beberapa model unit forklift

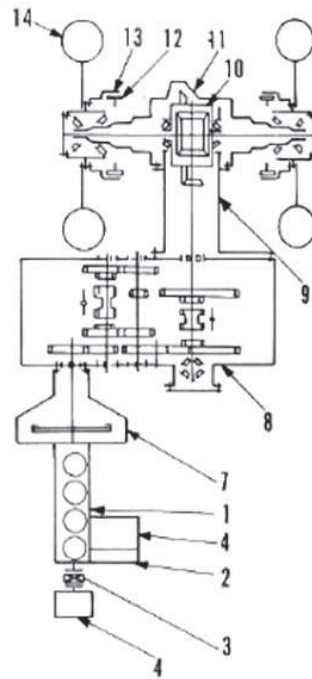
Sumber: [catliftruck.com](http://catliftruck.com); [jungheinrichpartners.com.au](http://jungheinrichpartners.com.au)



#### 4. Power Train Skeleton Forklift Diesel dan Gasoline



Forklift Diesel



Forklift Gasoline

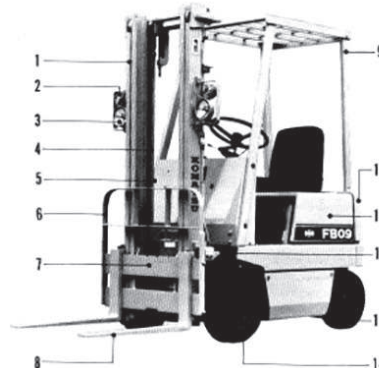
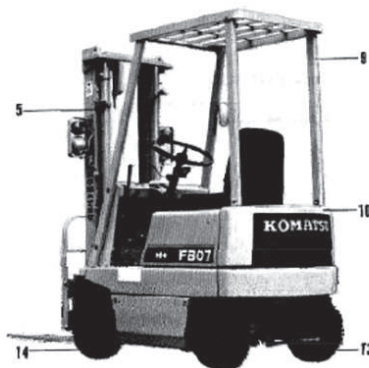
##### Keterangan

1. Engine
2. PTO Case
3. Pump Drive
4. Hydraulic Pump
5. Torq-Converter
6. Torqflow Transmission
7. Clutch
8. Transmission
9. Carrier
10. Differential
11. Front Axle
12. Wheel Brake
13. Brake Drum
14. Front Wheel

Gambar 1.41 Power train skeleton forklift diesel dan gasoline

Sumber: Shop Manual FB07, 09-2 dan FD15,18-1

#### 5. Forklift Battery



Gambar 1.42 Forklift battery

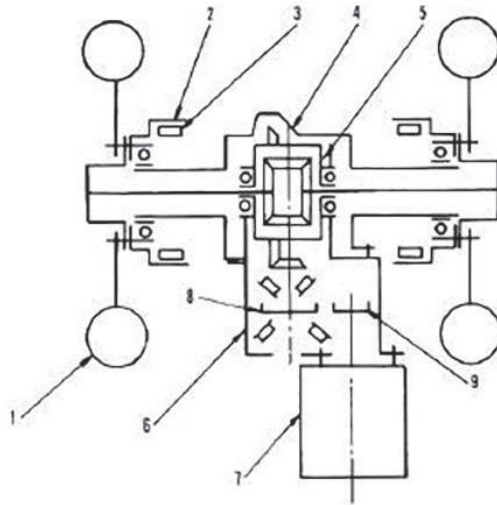
Sumber: Product Knowledge/United Tractors School/2008

##### Keterangan

1. Must
2. Turn Signal Lamp
3. Head Lamp
4. Lift Chain
5. Lift Cylinder
6. Back Rest
7. Finger Board
8. Fork
9. Overhead Guard
10. Counterweight
11. Battery Case
12. Tilt Cylinder
13. Rear Wheel
14. Front Wheel



## 6. Power Train Skeleton Forklift Battery



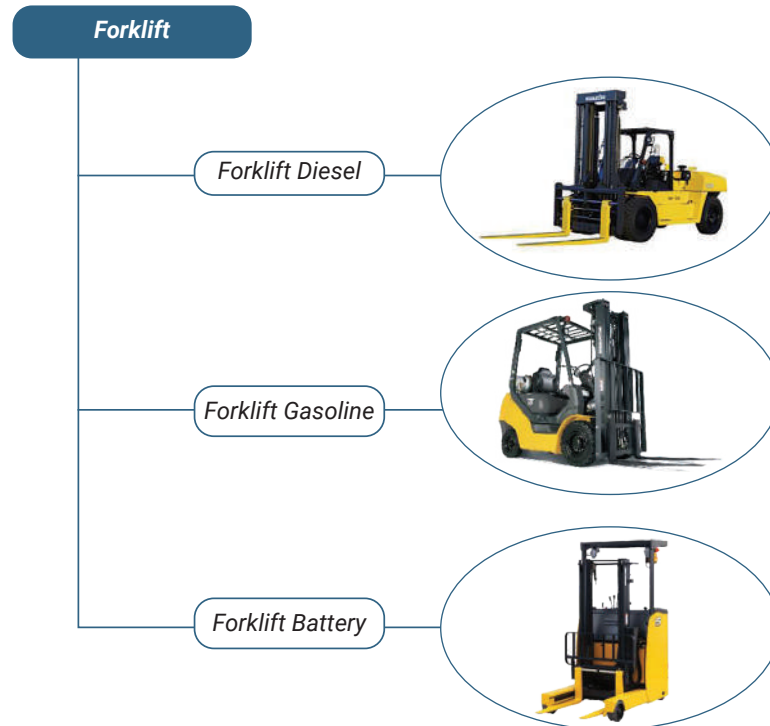
### Keterangan

1. Front Wheel
2. Brake Drum
3. Brake
4. Front Axle
5. Differential
6. Transfer
7. Drive Motor
8. Drive Gear
9. Driven Gear

Gambar 1.43 Power train skeleton forklift battery

Sumber: Product Knowledge/United Tractors School/2008

## 7. Susunan Produk Forklift



Gambar 1.44 Susunan produk forklift

Sumber: komatsu.com; Product Knowledge/United Tractors School/2008



## H. Harvester

Alat berat sangat diperlukan dalam industri, seperti industri pembuatan kertas. Kertas terbuat dari serat kayu, seperti pinus dan eucalyptus. Industri kertas biasanya memiliki perkebunan sendiri untuk memenuhi kebutuhan bahan dasar serat kayu. Saat panen kayu, proses pemotongan dan pengelupasan kulit kayu dibutuhkan alat berat *harvester*.

*Harvester* dirancang untuk mempermudah dan membuat proses panen menjadi efisien. *Harvester* dirancang untuk memberikan performa yang optimal dalam berbagai kondisi kerja, mulai dari hutan lebat hingga area dengan medan sulit. *Harvester* memiliki kemampuan untuk menebang, memotong, dan mengupas kulit pohon secara otomatis. Dengan demikian, dapat mengurangi kebutuhan tenaga kerja manual dan meningkatkan kecepatan serta akurasi dalam operasi.

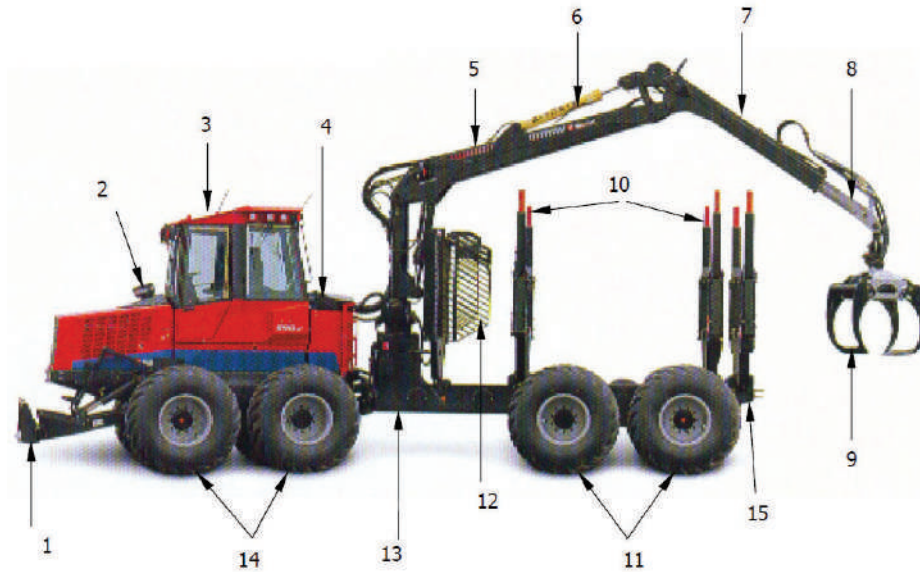


Gambar 1.45 Harvester dan bagian-bagiannya.

Sumber: Specification and Application Handbook; komatsuforest.com



## 1. Gambaran Umum Valmet Forwarder



Keterangan:

- |                          |                        |                 |
|--------------------------|------------------------|-----------------|
| 1. Front Blade           | 6. Outer Boom Cylinder | 11. Rear Wheel  |
| 2. Engine Cover          | 7. Outer Boom          | 12. Gate        |
| 3. Operator Cab          | 8. Telescope           | 13. Slewing     |
| 4. Fuel & Hydraulic Tank | 9. Grapple             | 14. Front Wheel |
| 5. Main Boom             | 10. Stick              | 15. Frame       |

**Gambar 1.46** Gambaran umum valmet forwarder

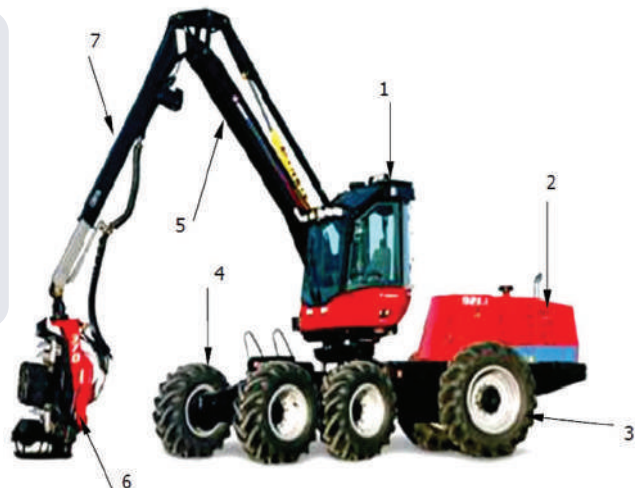
**Sumber:** Specification and Application Handbook; komatsuforest.com; Product Knowledge/ United Tractors School/2008

## 2. Gambaran Umum Valmet Harvester



Keterangan:

1. Operator Cab
2. Engine Cover
3. Rear Wheel
4. Front Wheel
5. Main Boom
6. Harvester Head
7. Outer Boom



**Gambar 1.47** Gambaran umum valmet harvester

**Sumber:** Specification and Application Handbook; komatsuforest.com; Product Knowledge/ United Tractors School/2008



### 3. Kode Model Unit Harvester



Komatsu

**8 90 .3**

Keterangan:

- 8 : Kode alat
  - 8 : *forwarder*
  - 9 : *harvester*
  - 3 : *harvester head*
- 90 : Kapasitas alat
  - 90 : 18 ton
  - 60 : 16 ton
- .3 : Modifikasi alat



John Deere 1470G Harvester

- Merek Produk : John Deere
- Kode Produk : 1470 G Harvester
- Arti Kode Produk:
- Arti Kode:
  - 1 : -
  - 4 : 450 lt (*fuel capacity*)
  - 7 : 7945 mm (*length A*)
  - 0 : -
  - G : *Series product*



Tigercat H855E

- Merek Produk : Tigercat
- Kode Produk : H855E
- Arti Kode Produk:
- H : *Harvester*
- 8 : 800 lt (*fuel capacity*)
- 5 : 5360 kg (*bare pin lift*)
- 5 : 500 ft (*length boom*)
- E : *Electronic Control Power*

**Gambar 1.48** Berbagai produk harvester

Sumber: intrac.ee; tigercat.com



#### 4. Susunan Produk Valmet



Gambar 1.49 Susunan produk valmet

Sumber: Specification and Application Handbook; komatsuforest.com; Product Knowledge/ United Tractors School/2008



### Aktivitas 1.3

### Aktivitas Kelompok: Tugas Proyek Membuat Bahan Presentasi

#### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian berkreasi membuat bahan presentasi pengenalan unit *forklift*.

#### Langkah-Langkah

1. Bentuklah kelompok yang terdiri dari tiga orang siswa!
2. Amati kembali bagian-bagian dari unit *forklift*!
3. Selanjutnya, buatlah bahan presentasi tentang unit *forklift* secara kreatif!
4. Kalian dapat membuat bahan presentasi menggunakan berbagai aplikasi atau media, seperti Canva, PowerPoint, atau karton. Selain itu, kalian juga dapat membuat bahan presentasi menggunakan aplikasi video.
5. Setelah selesai, presentasikanlah hasil kegiatan selama 15 menit dan berdiskusi sekitar 30 menit. Pindailah kode QR atau buka tautan di samping untuk referensi!



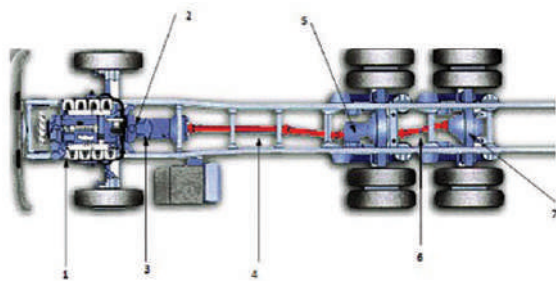
6. Langkah yang sama untuk membuat bahan presentasi untuk unit *harvester*. Pindailah kode QR atau buka tautan di samping untuk referensi.



## I. Light Dump Truck

Pemindahan material dalam jumlah besar pada medan *offroad* dapat dilakukan dengan *dump truck*. Jika pada *on road* dapat menggunakan *dump truck* yang lebih ringan seperti Scania, Volvo, Hino, Mercy, dan lain-lain. Scania merupakan sebuah perusahaan asal Swedia yang terkenal dalam produksi kendaraan berat, terutama truk, bus, dan mesin industri. Produk dari Scania terdiri dari berbagai macam model untuk menunjang berbagai sektor pekerjaan, seperti *truck*, bus, dan mesin-mesin untuk industri dan kelautan. Populasi *Truck* Scania di Indonesia sudah cukup banyak, baik digunakan untuk pekerjaan pengangkutan material di area pertambangan (*off-road*) maupun di jalan raya (*on-road*).

### 1. Power Train Scania Truck



Sumber: scania.com

Keterangan:

1. Engine
2. Clutch
3. Transmission
4. Propeler Shaft
5. Differential
6. Propeler Shaft
7. Differential



Gambar 1.50 Light dump truck dan bagian-bagiannya.

Penjelasan tentang tipe kabin, kode model unit *light dump truck*, gambaran umum *light dump truck*, *chassis class* Scania, produk Scania, dan *wheel configuration* dapat dipelajari dalam materi dengan kode QR yang diberikan. Silakan kalian pindai kode QR di samping.



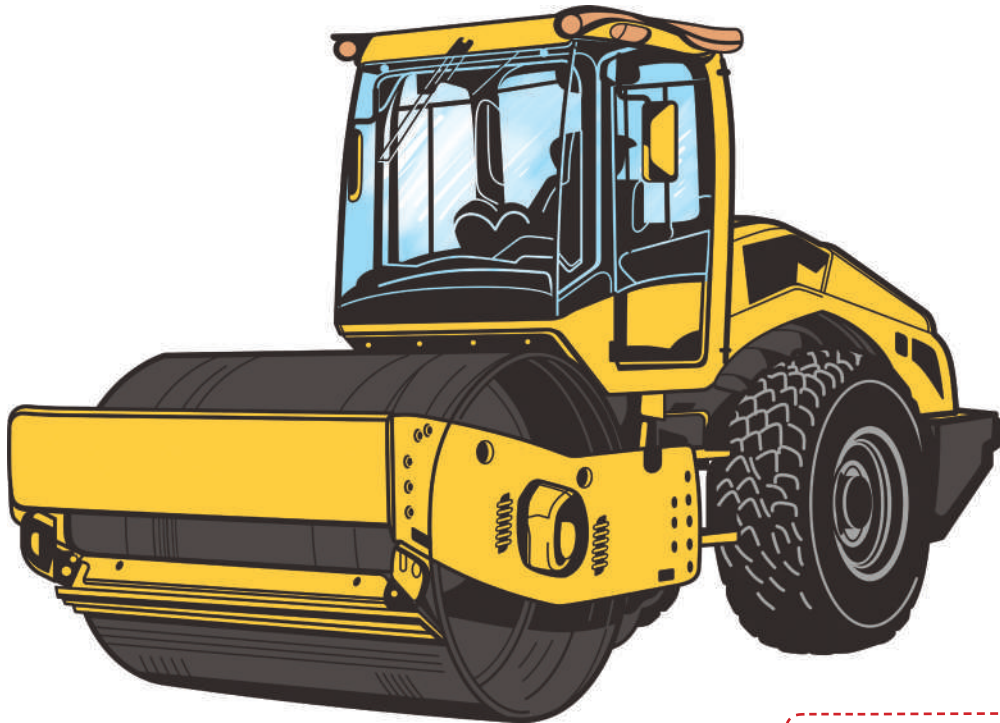
<https://buku.kemdikbud.go.id/s/LTAB1>



## J. *Compactor*

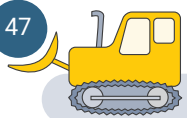
Kekuatan jalan yang dilalui kendaraan sangat ditentukan oleh tingkat kepadatannya. Alat berat yang berfungsi untuk untuk memadatkan berbagai jenis material, seperti tanah dan aspal dikenal dengan *compactor*.

Alat ini penting dalam berbagai aplikasi konstruksi dan perbaikan jalan untuk memastikan permukaan yang stabil dan tahan lama. Salah satu produknya berasal dari Bomag dan perlu kalian ketahui bahwa Bomag terdiri atas dua kategori, yaitu *compactor* dan *recycler* dan *stabilizer*. *Compactor* merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk pemadatan tanah sehingga akan dicapai nilai kepadatan tertentu. Sementara itu, *recycler* dan *stabilizer* berfungsi untuk menaikkan kesetabilan tanah dengan cara mencampurkan tanah yang nilai CBR-nya rendah dengan bahan aktif lain.



Gambar 1.51 *Compactor*

Subbab *compactor* meliputi susunan produk Bomag, gambaran umum *compactor*, dan kode model *compactor*. Kalian dapat mendalami tentang materi tersebut lebih detail dengan memindai kode QR di samping.



Gedung-gedung pencakar langit menghiasi kota besar. Apakah yang terpikirkan oleh kalian saat proses pembangunan gedung tersebut? Pembangunan gedung pencakar langit memerlukan berbagai jenis alat berat. Salah satunya adalah *crane* yang berguna untuk mengangkat benda-benda besar dan meletakkannya di tempat yang tinggi. Produk alat berat ini cukup banyak, seperti Tadano, Liebherr, Manitou, Terex, dan Sany.

Pada bagian ini akan dikenalkan produk-produk dari Tadano yang meliputi bagian berikut.

1. *Truck Cranes (TL, TG, TS, GT Series)*

*Crane* yang dipasang pada truk dan dirancang untuk mobilitas tinggi. Tujuannya untuk memudahkan pemindahan dari satu lokasi ke lokasi lain melalui jalan raya.

2. *Rough Terrain Crane (TR, GR Series)*

*Crane* yang dirancang khusus untuk beroperasi di medan kasar dan tidak rata, ideal untuk area konstruksi dengan kondisi tanah yang berat.

3. *All Terrain Cranes (AR, ATF Series)*

*Crane* yang menggabungkan kemampuan *truck crane* dan *rough terrain crane*. Jenis ini memungkinkan beroperasi di berbagai jenis medan, termasuk jalan raya dan area konstruksi yang menantang.

4. *Truck Loader Cranes (TM Series)*

*Crane* yang terpasang pada truk, digunakan untuk memuat dan membongkar beban. Selain itu, untuk mempermudah pemindahan material antara truk dan lokasi.



Gambar 1.52 Crane

Pembahasan tentang alat berat *crane*, meliputi susunan produk Tadano, kode model *crane*. Selain itu, ada tentang *power train crane* dan gambaran umum *crane*. Kalian dapat mendalami tentang materi tersebut dengan memindai kode QR di samping.



Sebelumnya telah dipelajari sebelas jenis alat berat dan semuanya memiliki *engine* (kecuali yang *forklift* baterai). *Engine* berfungsi sebagai sumber tenaga yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar (reaksi kimia) sehingga dapat menggerakkan piston naik turun. Selain itu, ada juga jenis lain seperti *wankel*. Prinsip kerjanya memutar *crankshaft* yang diberikan pada *power train* berupa *torsi* (T) dan kecepatan putar (n). Ada juga *engine* yang digunakan berjenis diesel *engine*. Prinsip kerjanya menggunakan proses pembakaran diesel yang terjadi di dalam silinder. Udara dimampatkan pada suhu dan tekanan tinggi. Selanjutnya, bahan bakar diesel disemprotkan ke dalam silinder dan menyala akibat suhu tinggi. *Engine* diesel umumnya beroperasi dengan siklus empat langkah, yaitu *intake*, *compression*, *power*, dan *exhaust*. Beberapa karakteristik utama dari mesin diesel seperti yang dijelaskan dalam tabel berikut ini.

Tabel 1.5 Karakteristik Utama Mesin Diesel

No.	Karakteristik	Keterangan
1.	Efisiensi Bahan Bakar	Mesin diesel dikenal karena efisiensi bahan bakarnya yang tinggi dibandingkan dengan mesin bensin, terutama pada beban berat dan dalam kondisi kerja yang berat.
2.	Torsi Tinggi	Mesin diesel menghasilkan torsi yang lebih tinggi pada putaran rendah. Hal itu membuatnya cocok untuk aplikasi yang memerlukan tenaga besar, seperti truk dan mesin industri.
3.	Daya Tahan	Mesin diesel biasanya lebih tahan lama dan tahan terhadap beban berat karena konstruksi yang lebih kuat.

Mesin diesel memiliki beberapa kelebihan. Namun, mesin diesel juga memiliki beberapa kekurangan. Kekurangan dari mesin diesel, sebagai berikut.

1. Emisi

*Engine diesel* cenderung menghasilkan emisi NOx dan partikel halus lebih tinggi dibandingkan *engine gasoline* (bensin), meskipun teknologi modern telah mengurangi dampaknya (EGR, Adblue).

2. Kebisingan dan getaran

*Engine diesel* umumnya lebih bising dan bergetar dibandingkan dengan *engine gasoline* (bensin).

Ada beberapa jenis *engine* berdasarkan mereknya yang dapat kalian pindai melalui kode QR yang diberikan. Pindailah kode QR berikut agar kalian dapat menelusuri informasi tentang *engine*.





## Aktivitas 1.4

## Aktivitas Mandiri: Membuat *Mind Map*

### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara mandiri membuat *mind map* untuk salah satu dari unit *light dump truck*, *compactor*, *crane*, atau komponen *engine*.

### Langkah-Langkah

1. Cermatilah kembali materi tentang berbagai jenis alat berat! Pilihlah salah satu jenis alat berat berikut: *light dump truck*, *compactor*, *crane*, atau komponen *engine*.
2. Buatlah peta pikiran (*mind map*) secara mandiri sesuai kreativitas kalian!
3. Pindailah kode QR atau buka tautan berikut sebagai referensi!

### Selamat Menuntaskan *Mind Map*

Berikut link & QR yang dapat menjadi salah satu referensi:



<https://buku.kemdikbud.go.id/s/TAB4>



<https://buku.kemdikbud.go.id/s/TAB5>



<https://buku.kemdikbud.go.id/s/TAB6>



## Kasus Industri

*Hydraulic excavator* berukuran kecil merupakan *excavator* yang banyak digunakan pada sektor konstruksi dan perkebunan, khususnya *hydraulic excavator* kelas 20 ton. Lakukanlah komparasi dari sisi teknis untuk berbagai merek.

Spesifikasi Teknis	Brand-1	Brand-2	Brand-3	Brand-4	Brand-5
<i>Horsepower</i>					
<i>Bucket Capacity Range</i>					
<i>Operating Weight</i>					
<i>Performance</i>					
<i>Working Range</i>					
<i>Dimensions</i>					
<i>Engine</i>					
<i>Hydraulic System</i>					
<i>Track Shoes</i>					
<i>Fuel Tank Refill Capacity</i>					

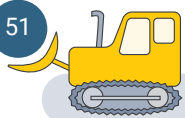




## A. Pilihan Ganda

Pilihlah salah satu jawaban yang benar dari pertanyaan berikut!

1. Cermati pernyataan berikut ini. Mekanik A menyatakan bahwa sebuah alat *forwarder* memiliki dua buah *differential* yang terletak di bagian belakang alat. Mekanik B menyatakan bahwa kedua buah *differential* yang dimaksud berada di bagian depan dan belakang alat. Pernyataan yang benar adalah ....
  - a. mekanik A
  - b. mekanik B
  - c. mekanik A dan mekanik B
  - d. tidak ada pernyataan yang benar
  - e. mekanik A benar dan mekanik B salah
  
2. Cermati pernyataan berikut ini. Mekanik A menyatakan bahwa *forklift battery* lebih cocok digunakan di lokasi pergudangan, baik di luar maupun di dalam ruangan karena tenaganya lebih besar. Mekanik B menyatakan bahwa *forklift diesel* lebih cocok digunakan di dalam ruangan dengan mobilisasi yang tinggi karena memiliki tenaga yang besar. Pernyataan yang benar adalah ....
  - a. mekanik A
  - b. mekanik B
  - c. mekanik A dan mekanik B
  - d. tidak ada pernyataan yang benar
  - e. mekanik A salah dan mekanik B benar
  
3. Cermati kedua pernyataan berikut ini! Mekanik A menyatakan bahwa *motor grader* memiliki konstruksi *rigid*. Mekanik B menyatakan bahwa *motor grader* yang dimaksud memiliki konstruksi *articulated*. Pernyataan yang benar adalah ....
  - a. mekanik A
  - b. mekanik B
  - c. mekanik A dan mekanik B
  - d. tidak ada pernyataan yang benar
  - e. mekanik A benar dan mekanik B salah
  
4. Mekanik A menyatakan bahwa pada *bulldozer* Komatsu dengan tipe D70LE-8, memiliki sebuah komponen yang disebut sebagai *damper* yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga dari *engine* ke transmisi. Mekanik B menyatakan bahwa komponen yang dimaksud oleh mekanik A dinamakan sebagai *torque converter*. Pernyataan yang benar adalah ....
  - a. mekanik A
  - b. mekanik B
  - c. mekanik A dan mekanik B
  - d. tidak ada pernyataan yang benar
  - e. mekanik A benar dan mekanik B salah



5. Mekanik A menyatakan bahwa untuk memecahkan material bebatuan yang cukup keras digunakanlah perlengkapan kerja berupa *ripper* dengan tipe *giant ripper*. Mekanik B menyatakan bahwa untuk memecahkan material bebatuan yang keras dapat menggunakan *ripper* tipe *giant ripper* atau multi *shank ripper (rigid type)*, tergantung dengan ukuran *bulldozer* yang digunakan. Pernyataan yang benar adalah ....
  - a. mekanik A
  - b. mekanik B
  - c. mekanik A dan mekanik B
  - d. tidak ada pernyataan yang benar
  - e. mekanik A salah dan mekanik B benar
  
6. Mekanik A menyatakan bahwa untuk pekerjaan reklamasi tanah, paling cocok menggunakan *bulldozer* yang dilengkapi dengan perlengkapan kerja *blade* dengan tipe *U-tilt dozer*. Mekanik B menyatakan untuk pekerjaan reklamasi tanah, paling cocok menggunakan *blade tipe* semi *U-tilt dozer*. Pernyataan yang benar adalah ....
  - a. mekanik A
  - b. mekanik B
  - c. mekanik A dan mekanik B
  - d. tidak ada pernyataan yang benar
  - e. mekanik A salah dan mekanik B benar
  
7. Mekanik A menyatakan bahwa *hydraulic excavator* yang dilengkapi dengan *track* berbahan khusus dari karet akan sangat efisien digunakan untuk bekerja di daerah yang kokoh, kering, rata, dan jika dituntut kerusakan landasan yang minimal dengan mobilitas tinggi. Mekanik B menyatakan bahwa *wheel loader* sangat efisien digunakan pada daerah yang kokoh, kering, rata, dan jika dituntut kerusakan landasan minimal dengan mobilitas tinggi. Pernyataan yang benar adalah ....
  - a. mekanik A
  - b. mekanik B
  - c. mekanik A dan mekanik B
  - d. tidak ada pernyataan yang benar
  - e. mekanik A benar dan mekanik B salah
  
8. *Dump truck* merupakan sebuah alat berat yang berfungsi untuk memindahkan material dengan jarak tertentu. Mekanik A menyatakan bahwa *dump truck* berfungsi untuk mengangkut material dengan jarak pendek. Mekanik B menyatakan bahwa *dump truck* berfungsi untuk mengangkut material dari jarak menengah hingga jarak jauh. Pernyataan yang benar adalah ....
  - a. mekanik A
  - b. mekanik B
  - c. mekanik A dan mekanik B
  - d. tidak ada pernyataan yang benar
  - e. mekanik A benar dan mekanik B salah

## B. Uraian

Menurut kalian, parameter apa yang penting dipertimbangkan dalam pemilihan alat berat yang akan dijadikan barang modal?





## Refleksi

Pada bab 1 mengenai model alat berat telah kita pelajari bersama, tentunya kalian telah lebih dalam memahami dari berbagai alat berat yang digunakan pada bidang pertambangan, konstruksi, perkebunan, dan lainnya. Contohnya, pengertian *bulldozer*, *hydraulic excavator*, *motor grader*, *wheel loader*, *rigid* dan *articulated dump truck*, *forklift*, *harvester*, *light dump truck*, *compactor*, *crane*, serta *engine*. Dari semua materi pada bab 1 yang telah dijelaskan, maka tentukan dua hal berikut.

1. Materi pembelajaran atau topik apakah yang menurut kalian sulit dipahami? Jelaskan!
2. Materi pembelajaran atau topik apakah yang mudah kalian pahami? Sebutkan alasannya!

Diskusikan dengan teman maupun guru kalian.

### Lembar Refleksi (Kerjakan di Buku Tugas Kalian)

Materi pembelajaran atau topik apakah yang menurut kalian sulit dipahami? Jelaskan!

1. ....
2. ....
3. ....
4. ....
5. ....

Materi pembelajaran atau topik apakah yang mudah kalian pahami? Sebutkan alasannya!

1. ....
2. ....
3. ....
4. ....
5. ....





## Pengayaan

Lakukanlah penelusuran informasi tentang topik berikut untuk menambah wawasan kalian.

1. Jenis-jenis alat berat.
2. Fungsi dan aplikasi alat berat.
3. Spesifikasi teknis alat berat.

Kalian dapat memindai informasi pada kode QR atau membuka tautan berikut ini.

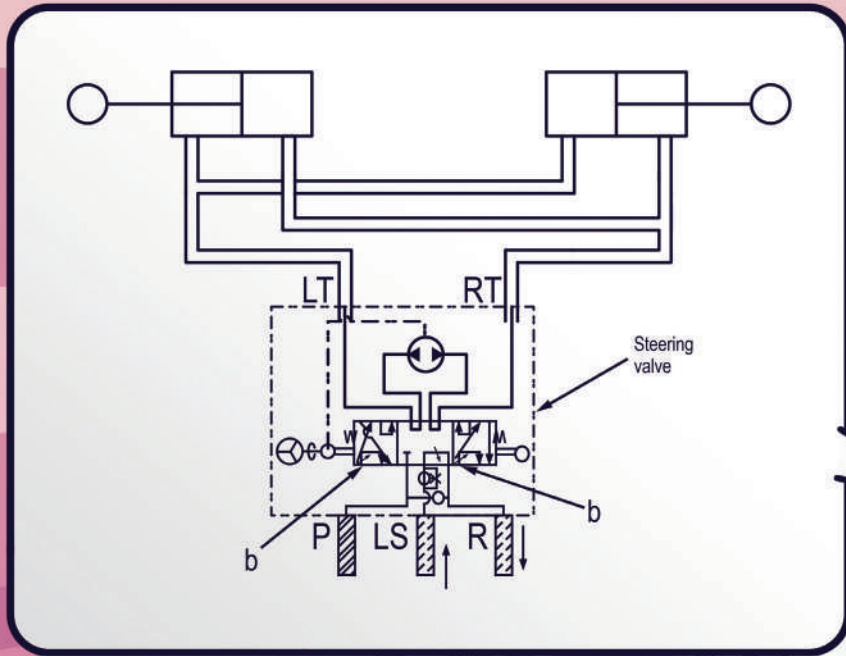


KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2024

Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XI

Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin

ISBN: 978-634-00-0174-7



Bab  
**2**



# Gambar Teknik



Menurut kalian, apa pentingnya simbol dalam gambar teknik?

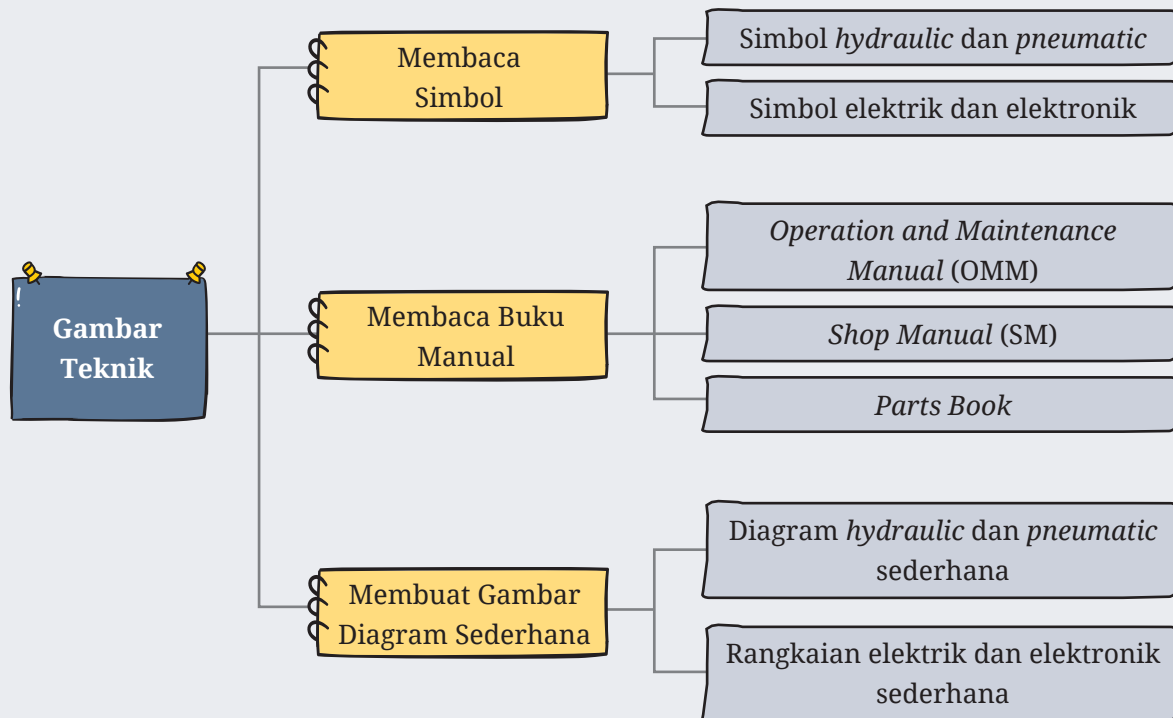


## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, kalian dapat membaca dan menjelaskan simbol-simbol *hydraulic*, *pneumatic*, elektrik, dan elektronik, serta mampu membaca buku manual, membuat gambar diagram *hydraulic/pneumatic*, dan elektrik/elektronik sederhana.



## Peta Materi



## Kata Kunci

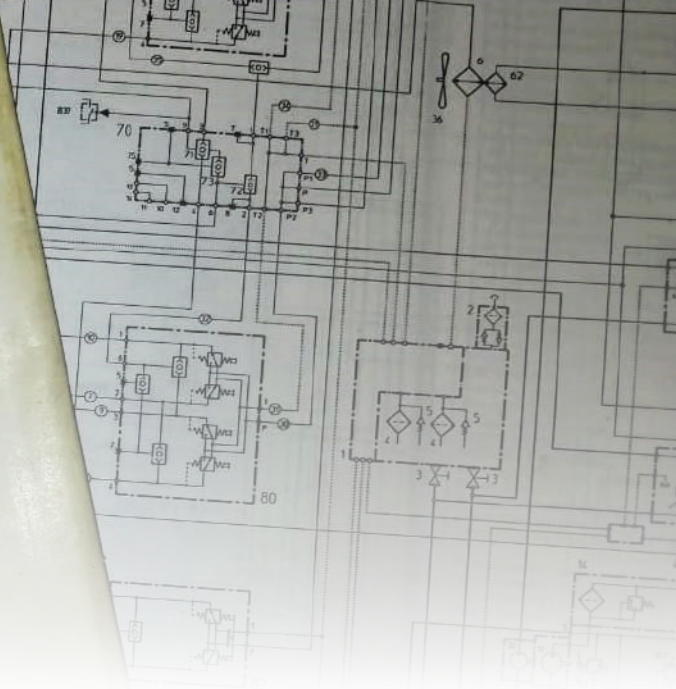
- ↺ elektrik
- ↺ elektronik
- ↺ *hydraulic*
- ↺ *pneumatic*
- ↺ simbol



# Schematic

## 776D, 777D and 777D HAA Tractor/Off-Highway Trucks Hydraulic Schematic

AFS1-Up  
AGC1-Up  
AGY1-Up



**Gambar 2.1** Shop Manual (Schematic) dan gambar teknik

Sumber: Shop Manual 776D, 777D, and 777D HAA, Tractor/Off-Highway, Caterpillar/1999

Jika kita mengendarai sepeda motor, mobil, truk, bahkan unit alat berat kita akan berhadapan dengan simbol-simbol pada *display* monitornya. Begitu juga jika kita membeli sebuah produk elektronik, misalnya televisi atau produk audio atau *home theater*, pada buku petunjuk perakitannya banyak terdapat simbol-simbol, bukan? Apakah kalian menyadarinya, bahwa simbol-simbol berperan penting dalam memberikan informasi yang lebih menarik dan *eye catching*? Pada bab ini akan dipelajari berbagai simbol yang menjadi informasi yang berhubungan dengan gambar teknik dan alat berat.

Simbol, diagram, dan gambar penampang merupakan informasi pada materi gambar teknik yang sangat penting. Simbol, diagram, dan gambar berperan sebagai informasi yang mengandung banyak makna, berupa spesifikasi, fungsi, cara kerja, konstruksi, dan peruntukannya.

Dalam bidang Teknik Alat Berat, membaca gambar teknik menjadi persyaratan dasar kompetensi yang harus dimiliki oleh seorang mekanik alat berat. Hal itu karena seorang mekanik alat berat dalam setiap melakukan pekerjaan selalu berpegang pada buku manual yang di dalamnya berisi berbagai petunjuk dan *standard operational procedure* (SOP) yang harus dijalankan seorang mekanik. Di dalam buku manual itu terdapat simbol-simbol, gambar sirkuit diagram, dan gambar penampang komponen yang harus dapat dipahami dan dijelaskan dengan baik dan tepat.

Apakah kalian telah mengenal berbagai simbol dan gambar dalam bidang gambar teknik? Ikuti penjelasan berikut untuk mengetahuinya.



## A. Membaca Simbol

Pada subbab membaca simbol ini kalian akan mempelajari berbagai simbol yang berhubungan dengan *hydraulic* dan *pneumatic*. Apakah kalian mengetahui perbedaan antara *hydraulic* dan *pneumatic*? *Hydraulic* berhubungan dengan aliran yang digerakkan oleh cairan atau fluida. Sementara itu, *pneumatic* berhubungan dengan aliran yang digerakkan oleh udara. Selain itu, kalian juga akan mempelajari tentang simbol yang berhubungan dengan elektrik dan elektronika. Marilah ikuti uraian berikut untuk mengetahui lebih mendalam.

### 1. Simbol Hydraulic dan Pneumatic

Berbagai simbol yang dikenal berhubungan dengan sistem *hydraulic* dan *pneumatic*. Sebagai awal pengetahuan kalian tentang berbagai simbol tersebut, lakukanlah kegiatan berikut ini.



#### Aktivitas 2.1

#### Aktivitas Kelompok: Mengamati dan Mendiskusikan Pengelompokan Simbol

##### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian bekerja sama mengelompokkan simbol-simbol dan memberi contoh dan nama simbol tersebut.

##### Langkah-Langkah

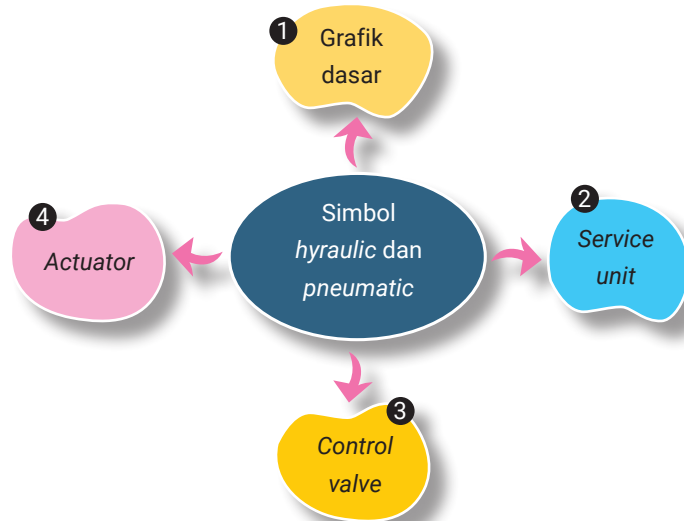
1. Buatlah kelompok dengan anggota tiga atau lima siswa!
2. Lakukanlah penelusuran secara bersama-sama untuk mempelajari standar ISO simbol-simbol *hydraulic* dan *pneumatic*! Silakan kalian gunakan buku petunjuk simbol yang berhubungan dengan *hydraulic* dan *pneumatic* yang ada di sekolah kalian!
3. Amati dan diskusikan pengelompokan simbol-simbol *hydraulic* dan *pneumatic* yang bersifat mayor, seperti gambar 2.2!
4. Isilah tabel 2.1 berikut ini berdasarkan hasil pengamatan dan diskusi kelompok!

Tabel 2.1 Hasil Pengamatan dan Diskusi Aktivitas 2.1

No.	Pengelompokan Simbol	Contoh dan Nama Simbol
1.	Grafik dasar	
2.	<i>Service unit</i>	
3.	<i>Control valve</i>	
4.	Aktuator	



Standar ISO 1219-1 memberikan standar simbol-simbol grafik untuk *equipment* (perlengkapan) *hydraulic* dan *pneumatic*, sedangkan aturan-aturan untuk *layout* (tata letak) sirkuit diagramnya terdapat pada ISO 1219-2. Untuk identifikasi *port* dan *operator marking* dari simbol-simbol terdapat pada ISO 9461 (untuk *hydraulic*) dan ISO 5599 (untuk *pneumatic*).



**Gambar 2.2** Pengelompokan simbol-simbol dasar *hydraulic* dan *pneumatic*

### a. Simbol-Simbol Grafik Dasar

Ada berbagai simbol grafik dasar *hydraulic* dan *pneumatic*. Kalian dapat memahami dan mempelajari simbol tersebut dengan melakukan aktivitas berikut ini.



#### Aktivitas 2.2

#### Aktivitas Mandiri: Menggambar Simbol-Simbol Grafik Dasar

##### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara mandiri mampu membuat gambar simbol grafik dasar.

##### Langkah-Langkah

1. Gambarlah di papan tulis tiga simbol dasar, yaitu *main line*, *pilot line*, dan *drain line*. Kalian dapat mencontoh dari tabel 2.3 atau mencari dari internet!
2. Jelaskan di depan kelas apa perbedaan dari ketiga garis tersebut!
3. Selanjutnya, diskusikan letak-letak simbol tersebut pada diagram *hydraulic* dan *pneumatic*!
4. Setelah itu, gambarlah simbol tersebut di buku tugas kalian masing-masing dengan mengisi tabel 2.2 dengan baik dan benar!









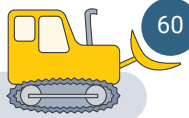
Tabel 2.2 Aktivitas 2.2






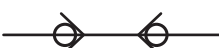
No.	Simbol	Keterangan
1.		
2.		
3.		

Apa sajakah simbol-simbol grafik dasar *hydraulic* dan *pneumatic* itu? Berikut merupakan simbol-simbol grafik dasar *hydraulic* dan *pneumatic* yang menunjukkan berbagai saluran dan sambungan yang terdapat di dalam diagram *hydraulic* dan *pneumatic*.

Tabel 2.3 Simbol Grafik Dasar *Hydraulic* dan *Pneumatic*

No.	Simbol	Nama	Keterangan
1.		<i>Main line</i>	Saluran suplai, saluran kembali, komponen penutup, dan simbol penutup
2.		<i>Pilot line</i>	Saluran kontrol ( <i>pilot</i> ), saluran penguras/pembuangan, saluran <i>flushing</i> , dan saluran <i>bleeding</i>
3.		<i>Drain line</i>	Saluran pengurasan
4.		<i>Flexible pipe line</i>	Saluran pipa dengan selang <i>flexible</i>
5.		<i>Drain to tank</i>	Pengurasan ke tangki
6.		<i>Back lines to tank</i>	Pengembalian ke tangki



No.	Simbol	Nama	Keterangan
7.		<i>Connected cross section</i>	Hubungan dua saluran fluida
8.		<i>Unconnected cross section</i>	Tidak ada hubungan dua saluran silang fluida
9.		<i>Closed branch</i>	Cabang tertutup
10.		<i>Branches with pipe connection</i>	Bercabang dengan sambungan pipa
11.		<i>Quick coupling</i>	Sambungan cepat
12.		<i>Quick coupling with check valve</i>	Sambungan cepat dengan <i>check valve</i>

### b. Simbol-Simbol *Service Unit*

Ada berbagai simbol-simbol *service unit*. Kalian dapat memahami dan mempelajari simbol tersebut dengan melakukan aktivitas berikut ini.



#### Aktivitas 2.3

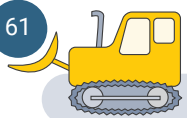
#### Aktivitas Kelompok: Memahami dan Menjelaskan Simbol-Simbol *Service Unit*

##### Tujuan

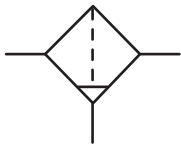
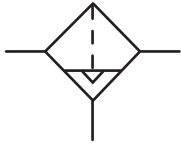
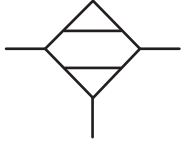

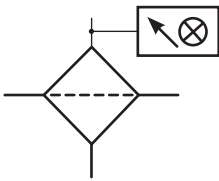



Pada aktivitas ini, kalian mampu bekerja sama menjelaskan pengertian *service unit* dan dapat menyebutkan komponen yang termasuk *service unit* pada sistem *hydraulic* dan *pneumatic*.

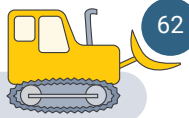
##### Langkah-Langkah


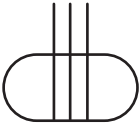






1. Buatlah kelompok dengan anggota tiga atau lima siswa!
2. Diskusikan hal berikut dengan anggota kelompok!
  - a. Apakah *service unit* itu?
  - b. Komponen apa saja yang merupakan kategori *service unit* pada sistem *hydraulic* dan *pneumatic*?
3. Catatlah komponen yang termasuk *service unit* pada sistem *hydraulic* dan *pneumatic*!
4. Pelajari simbol *service unit* yang terdapat dalam tabel 2.4 sebagai panduan kalian!



**Tabel 2.4** Simbol *Service Unit*

No.	Simbol	Nama	Keterangan
1.		<i>Air filter</i> dengan <i>separator</i> dengan <i>manual drain</i>	Saringan udara dengan pemisah menggunakan penguras manual
2.		<i>Air filter</i> dengan <i>separator</i> dengan <i>automatic drain</i>	Saringan udara dengan pemisah menggunakan penguras otomatis
3.		<i>Air dryer</i>	Pengering udara
4.		<i>Lubricator</i>	Pemberi pelumas
5.		<i>Filter</i> dengan <i>clogged indicator</i>	Saringan dengan indikator kebuntuan
6.		<i>Heat exchanger (cooler)</i>	<i>Enclosure</i> mengindikasikan komponen memiliki dua atau lebih fungsi utama yang terhubung satu sama lainnya
7.		<i>Heat exchanger (heater)</i>	Tanpa indikasi cairan pendingin yang mengalir ke jalur
8.		<i>Reservoir</i> (pemipaan di <i>level</i> atas)	Tangki penampungan oli <i>hydraulic</i> tidak bertekanan



No.	Simbol	Nama	Keterangan
9.		<i>Reservoir</i> (pemipaan di <i>level</i> bawah)	Tangki penampungan oli <i>hydraulic</i> tidak bertekanan
10.		<i>Reservoir</i> bertekanan	Tangki penampungan oli <i>hydraulic</i> bertekanan
11.		<i>Pressure gauge</i>	Pengukur tekanan
12.		<i>Differential pressure gauge</i>	Pengukur beda tekanan (dua tekanan) dari dua saluran
13.		<i>Pressure switch</i>	Pengukur tekanan (sejenis sensor) di dalam sistem
14.		<i>Flow meter</i>	Pengukur aliran (sejenis sensor) di dalam sistem
15.		<i>Hydraulic accumulator</i>	Tabung penyimpan oli <i>hydraulic</i>
16.		Penyimpan udara	Tabung penyimpan udara

### c. Simbol-Simbol *Control Valve*

*Control valve* dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu *directional control valve* & *one way valve*, *flow control valve*, dan *pressure control valve*. Masing-masing bagian tersebut akan dijelaskan sebagai berikut.



1) *Directional Control Valve (DCV)* dan *One Way Directional Control Valve*

Apakah kalian telah memahami simbol-simbol *directional control valve (DCV)* dan *one way directional control valve*? Lakukanlah aktivitas berikut agar kalian dapat memahaminya.



### Aktivitas 2.4

#### Aktivitas Kelompok: Membuat Gambar Simbol *Directional Control Valve* dan Gambar Rangkaian *Hydraulic Sederhana*

##### Tujuan

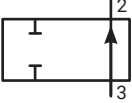
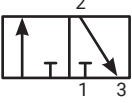
Pada aktivitas ini, kalian mampu bekerja sama membuat gambar simbol *directional control valve* dan gambar rangkaian *hydraulic* sederhana.

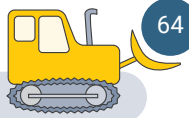
##### Langkah-Langkah

1. Buatlah lima kelompok dalam kelas kalian!
2. Pelajari kelima simbol *directional control valve* pada tabel 2.5. Pilihlah satu simbol untuk masing masing kelompok!
3. Selanjutnya, buatlah gambar rangkaian sederhana untuk mengaktifkan satu silinder!
4. Gambarlah simbol *directional control valve*!
5. Gambarlah rangkaian *hydraulic* sederhana!

*Directional control valve* adalah *valve* yang berfungsi untuk mengontrol arah aliran oli *hydraulic* dalam sistem *hydraulic*. Simbol-simbol *directional control valve* ditampilkan dalam tabel berikut.

Tabel 2.5 Simbol DCV

No.	Simbol	Nama	Keterangan
1.		<i>2/2 way valve</i>	Dua <i>port</i> tertutup di posisi netralnya dan mengalir saat posisi aktuasi.
2.		<i>3/2 way valve</i>	Posisi pertama ada aliran ke dalam silinder. Pada posisi kedua aliran menuju keluar silinder ( <i>single acting cylinder</i> ).



No.	Simbol	Nama	Keterangan
3.		4/2 way valve	Empat port, dua kamar
4.		4/3 way valve	Dua posisi terbuka dan satu posisi netral tertutup.
5.		5/2 way valve	Dua posisi terbuka dengan dua port pengeluaran.

Apakah kalian telah memahami simbol-simbol *one way directional control valve*? Lakukanlah aktivitas berikut agar kalian dapat memahaminya.



### Aktivitas 2.5

### Aktivitas Kelompok: Menjelaskan Fungsi dari *One Way Valve*

#### Tujuan

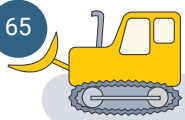
Pada aktivitas ini, kalian mampu bekerja sama menjelaskan fungsi dari *one way valve*.

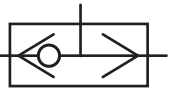
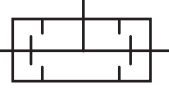
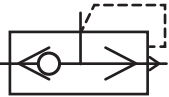
#### Langkah-Langkah

1. Buatlah kelompok dengan anggota tiga atau lima siswa!
2. Diskusikan fungsi dari *one way valve* pada tabel 2.6!
3. Selanjutnya, gambarlah lima simbol *one way directional control valve* dalam bentuk tabel!
4. Setelah itu, presentasikan di depan kelas!

**Tabel 2.6** Simbol *One Way Directional Control Valve*

No.	Simbol	Nama	Keterangan
1.		Check valve tanpa spring	Membolehkan aliran satu arah dan memblok aliran kebalikannya
2.		Check valve dengan spring	

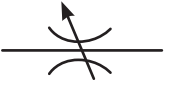
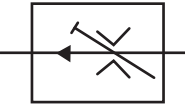



No.	Simbol	Nama	Keterangan
3.		<i>Shuttle/OR Valve</i>	Saat salah satu <i>port</i> diberi <i>input</i> yang menghasilkan output pada <i>port</i> lainnya
4.		<i>AND valve</i>	Hanya saat kedua <i>port</i> diberi input yang menghasilkan <i>output</i>
5.		<i>Quick exhaust valve</i>	Untuk pengeluaran cepat dari udara yang menyebabkan <i>rapid extension/ retraction</i> dari silinder

## 2) Flow Control Valve

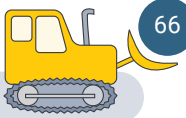
Ada berbagai simbol *flow control valve*. Pelajari simbol dalam tabel berikut agar kalian mengetahui simbol *flow control valve*.

**Tabel 2.7** Simbol *Flow Control Valve*

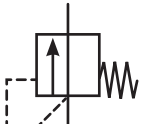
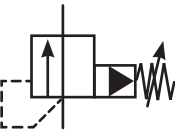
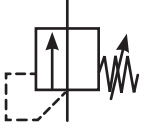
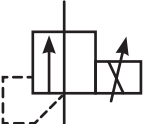
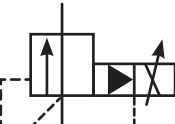
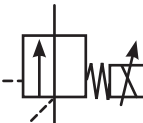
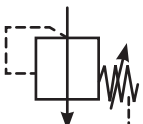
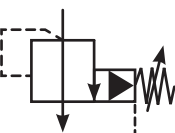
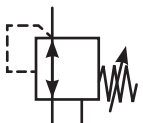
No.	Simbol	Nama	Keterangan
1.		<i>Throttle valve</i>	Dengan pembuka yang dapat disetel
2.		<i>Pressure compensated</i> dan <i>viscosity compensated flow control valve</i>	Dengan setelan tetap
3.		<i>Pressure compensated</i> dan <i>viscosity compensated flow control valve</i>	Dapat disetel dan <i>flow check valve</i> arah balik

## 3) Pressure Control Valve

Ada berbagai simbol *pressure control valve*. Pelajari simbol dalam tabel berikut agar kalian mengetahui simbol *pressure control valve*.



**Tabel 2.8** Simbol *Pressure Control Valve*

No.	Simbol	Nama	Keterangan
1.		<i>Single stage relief valve</i>	<i>Relief valve</i> yang dioperasikan langsung dengan pegas.
2.		<i>Two stage relief valve</i>	<i>Relief valve</i> dioperasikan pilot dua tingkat, yaitu dengan tekanan pegas yang dapat disetel dan tekanan <i>hydraulic</i> .
3.		<i>Sequence valve</i>	Dengan <i>external spring chamber drain</i>
4.		<i>Proportional relief valve, direct operated</i>	Dioperasikan langsung oleh <i>solenoid</i> pada <i>valve poppet</i>
5.		<i>Proportional relief valve, pilot operated</i>	<i>External pilot drain</i>
6.		<i>Proportional relief valve, direct operated</i>	<i>Solenoid</i> bekerja pada <i>valve poppet</i>
7.		<i>Reducing valve</i>	Dioperasikan secara langsung
8.		<i>Reducing valve</i>	Dioperasikan melalui <i>pilot</i>
9.		<i>3-way reducing valve</i>	Dioperasikan secara langsung ( <i>reducing/relieving valve</i> )



#### d. Simbol-Symbol *Actuator*

Simbol *actuator* dapat dibedakan menjadi beberapa kategori. Kategori *actuator* terdiri dari *valve actuator*, *pump*, dan *cylinder*. Kalian akan memahami masing-masing kategori dengan melakukan aktivitas-aktivitas berikut.

##### 1) *Valve Actuator*

Apakah kalian telah memahami simbol-simbol *valve actuator*? Lakukanlah aktivitas berikut agar kalian dapat memahaminya.



#### Aktivitas 2.6

#### Aktivitas Mandiri: Membuat Simbol *Valve Actuator*

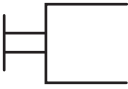
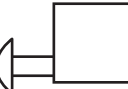

##### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian mampu secara mandiri mampu menjelaskan penggunaan satu simbol *valve actuator* dan membuat gambar simbolnya.

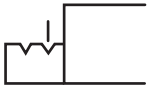
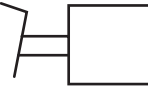
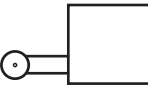
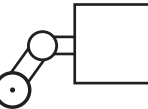

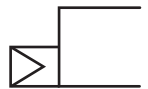
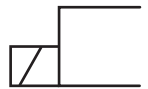




##### Langkah-Langkah

1. Pilihlah satu *valve actuator* dari tabel 2.9 dan tulis namanya!
2. Selanjutnya, cari tahu penggunaannya melalui internet atau buku manual!
3. Gambarlah simbol *valve actuator* yang dihubungkan dengan simbol *valve*-nya!
4. Kerjakan di buku tugas!

Tabel 2.9 Simbol *Valve Actuator*

No.	Simbol	Nama	Keterangan Operasi
1.		<i>Manual actuator</i>	Aktuator manual (dioperasikan dengan tangan)
2.		<i>Push-button actuator</i>	Dioperasikan dengan menekan tombol tekan
3.		<i>Lever actuator</i>	Dioperasikan dengan tuas



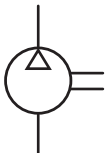
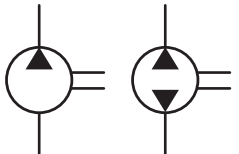
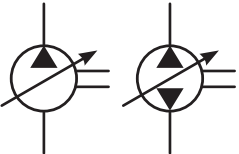
No.	Simbol	Nama	Keterangan Operasi
4.		<i>Detent actuator</i>	Dioperasikan dengan <i>rack</i> yang berjeda
5.		<i>Foot pedal actuator</i>	Dioperasikan dengan pedal kaki
6.		<i>Lever roller/cam actuator</i>	Dioperasikan dengan tuas <i>roller</i>
7.		<i>Idle return roller actuation</i>	Dioperasikan dengan kembalinya <i>roller</i> secara <i>idle</i>
8.		<i>Spring actuator</i>	Kembalinya posisi <i>valve</i> dengan kekuatan dorongan pegas
9.		<i>Pneumatic actuator</i>	<i>Pneumatic</i> aktuasi untuk DCV
10.		<i>Solenoid actuator</i>	Digerakkan dengan solenoid
11.		<i>Proportional electric actuator</i>	Digerakkan dengan solenoid secara proporsional
12.		<i>Hydraulic actuator</i>	Digerakkan dengan tenaga <i>hydraulic</i>
13.		<i>Electro hydraulic actuator</i>	Dioperasikan bertingkat dengan tenaga <i>hydraulic</i> dan solenoid
14.		<i>Proportional electro-hydraulic actuator</i>	Dioperasikan bertingkat dengan tenaga <i>hydraulic</i> dan solenoid proporsional



## 2) Pump

Ada beberapa simbol *pump*. Pelajarilah simbol dalam tabel berikut agar kalian mengetahui simbol *pump*.

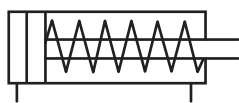
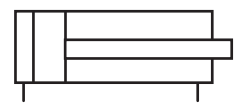
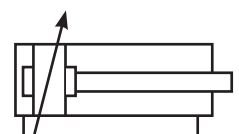
**Tabel 2.10** Simbol *Pump*

No.	Simbol	Nama	Keterangan
1.		<i>Air compressor</i>	Hanya satu arah putaran dengan volume langkah konstan
2.		<i>Hydraulic pump fixed displacement</i>	Satu arah rotasi dan dua arah rotasi dengan volume langkah konstan
3.		<i>Hydraulic pump variable displacement</i>	Satu arah rotasi dan 2 arah rotasi dengan volume langkah variabel

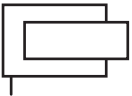
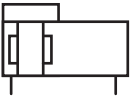
## 3) Cylinder

Ada beberapa simbol *cylinder*. Pelajarilah simbol dalam tabel berikut agar kalian mengetahui simbol *cylinder*.

**Tabel 2.11** Simbol *cylinder*

No.	Simbol	Nama	Keterangan
1.		<i>Single acting cylinder</i>	Kembalinya <i>rod</i> dengan tekanan pegas
2.		<i>Double acting cylinder</i>	Maju dan mundur <i>rod</i> dengan tenaga <i>hydraulic/pneumatic</i>
3.		Silinder dengan <i>cushion</i>	Dapat disetel pada tiap ujung langkahnya



No.	Simbol	Nama	Keterangan
4.		<i>Plunger single acting</i>	Silinder tipe <i>plunger</i> tunggal
5.		Silinder <i>band type</i>	Dengan <i>cushion</i> yang tidak dapat disetel

## 2. Simbol Elektrik dan Elektronik

Mengenal simbol elektrik dan elektronik sangat diperlukan dalam bidang *heavy equipment engineering*. Namun, tentu saja ada beberapa simbol yang digunakan untuk bidang *electrical engineering* (walaupun sama-sama elektrikal). Seorang mekanik alat berat dalam menangani sistem elektrik/elektronik perlu membaca skema rangkaian elektrik/elektronik terlebih dahulu. Dasar-dasar keterampilan membaca skema rangkaian adalah dapat membaca simbol-simbol elektrik/elektronik. Apa saja bentuk simbol-simbol elektrik/elektronik tersebut? Ikutilah pembahasan berikut ini.

### a. Aliran dan Sambungan Listrik

Pada bagian ini, kalian mempelajari tentang simbol aliran dan sambungan listrik. Apa saja simbol aliran dan sambungan listrik tersebut? Lakukanlah aktivitas berikut agar kalian memahaminya.



#### Aktivitas 2.7

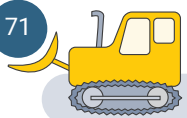
#### Aktivitas Kelompok: Mengidentifikasi Simbol Persilangan Kabel pada Rangkaian Elektrik/ Elektronik

##### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian mampu bekerja sama mengidentifikasi simbol persilangan kabel pada rangkaian elektrik/elektronik.




##### Langkah-Langkah

1. Bentuklah kelompok yang beranggotakan tiga sampai lima siswa!
2. Amatilah beberapa gambar rangkaian elektrik/elektronik yang ada persilangan kabel yang dibagikan oleh guru.
3. Lingkarilah (O) dengan spidol warna hijau untuk kabel yang terhubung dan dengan spidol warna merah untuk kabel yang tidak terhubung!
4. Diskusikan untuk gambar rangkaian yang berbeda untuk tiap kelompok!



Ada beberapa simbol aliran dan sambungan listrik. Simbol aliran dan sambungan listrik dapat dilihat dalam tabel berikut.




**Tabel 2.12** Simbol Aliran dan Sambungan Listrik

No.	Simbol	Nama	Keterangan
1.		Kabel	Kabel penghubung/konduktor
2.		Kabel terhubung	Status kabel/konduktor saling terhubung
3.		Kabel tidak terhubung	Status kabel/ konduktor tidak terhubung

### b. Simbol *Ground*

Berikut merupakan beberapa simbol *ground*. Pelajarilah simbol dalam tabel berikut agar kalian memahami bentuknya.

**Tabel 2.13** Simbol *Ground*


No.	Simbol	Nama	Keterangan
1.		<i>Earth ground</i>	Status referensi adalah 0
2.		<i>Chassis ground</i>	Status <i>ground</i> dihubungkan ke <i>body</i> atau massa
3.		<i>Common ground/ digital ground</i>	<i>Ground</i> yang utama

### c. Simbol Meter Listrik

Berikut adalah beberapa simbol meter listrik yang dapat kalian amati. Meskipun bentuknya sederhana, simbol-simbol ini telah memiliki standar ketentuan internasional.



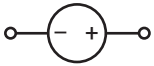



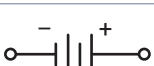


**Tabel 2.14** Simbol Meter Listrik

No.	Simbol	Nama	Keterangan
1.		Voltmeter	Mengukur tegangan listrik (volt)
2.		Amperemeter	Mengukur arus listrik (amper)
3.		Ohmmeter	Mengukur tahanan (ohm)
4.		Wattmeter	Mengukur daya listrik (watt)

**d. Simbol Power Supply**

*Power supply* adalah pasokan daya listrik ke sebuah perangkat. Berikut adalah simbol *power supply* yang perlu kalian pahami.

**Tabel 2.15** Simbol Power Supply

No.	Simbol	Nama	Keterangan
1.		Sumber tegangan DC	Output tegangan searah ( <i>direct current</i> )
2.		Sumber arus	Output arus tetap
3.		Sumber tegangan AC	Output tegangan bolak-balik ( <i>alternating current</i> )
4.		Generator	Pembangkit tenaga listrik
5.		<i>Battery</i>	Output tegangan searah (DC) dengan nilai tegangan biasanya 12 V atau 24 V
6.		Sumber tegangan	Sumber tegangannya dapat diatur
7.		Sumber arus	Sumber arusnya dapat diatur



#### d. Switch

Pada bagian ini, kalian mempelajari tentang simbol *switch*. Apa saja simbol *switch* tersebut? Lakukanlah aktivitas berikut agar kalian memahaminya.



### Aktivitas 2.8

#### Aktivitas Kelompok: Menjelaskan Fungsi dan Penggunaan Switch

##### Tujuan

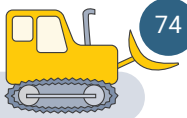
Pada aktivitas ini, kalian mampu bekerja sama menjelaskan satu fungsi *switch* dan penggunaannya.

##### Langkah-Langkah

1. Bentuklah empat kelompok di kelas kalian!
2. Tiap kelompok membahas penggunaan satu jenis *switch* sesuai tabel 2.16!
3. Selanjutnya, buatlah gambar simbol *switch* yang dipilih dan tentukan fungsinya!
4. Identifikasilah penggunaan setiap *switch* tersebut sesuai kelompok masing-masing!

Tabel 2.16 Simbol Switch

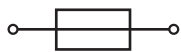


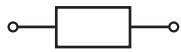

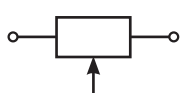

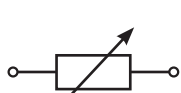
No.	Simbol	Nama	Keterangan
1		<i>Toggle switch</i>	Posisi tidak dioperasikan ( <i>switch</i> tidak ditekan) terminal-terminalnya dalam keadaan tidak terhubung (NO)
2		<i>Toggle switch</i>	<i>Normally closed (NC)</i> di satu terminal, <i>open (NO)</i> terminal lainnya
3		<i>Push button switch</i> NO ( <i>normally open</i> )	Posisi tidak dioperasikan ( <i>switch</i> tidak ditekan) terminal-terminalnya dalam keadaan tidak terhubung
4		<i>Push button switch</i> NC ( <i>normally closed</i> )	Posisi tidak dioperasikan ( <i>switch</i> tidak ditekan) terminal-terminalnya dalam keadaan terhubung



### e. Fuse dan Resistor

*Fuse* atau biasa disebut juga dengan sekering, memiliki fungsi untuk memutus arus listrik. Sementara itu, *resistor* berfungsi untuk menghambat arus listrik. Kedua komponen ini berperan penting ketika terjadi korsleting. Berikut adalah simbol-simbol *fuse* dan *resistor* yang dapat kalian pelajari.

**Tabel 2.17** Simbol *Fuse* dan *Resistor*


No.	Simbol	Nama	Keterangan
1.		<i>Fuse</i>	Pengaman listrik, jika terjadi korsleting/hubung singkat/kelebihan beban arus, maka <i>fuse</i> akan putus.
2.		<i>Fuse</i>	
3.		<i>Resistor</i>	Angka resistansi tetap
4.		<i>Resistor</i>	
5.		<i>Potensio meter</i>	Angka resistansi pada titik titik terminal dapat diatur
6.		<i>Potensio meter</i>	Angka resistansi pada tiga titik terminal dapat diatur
7.		<i>Variable resistor</i>	Angka resistansi pada tiga titik terminal dapat diatur
8.		<i>Variable resistor</i>	



## f. Capacitor

Pada sebuah rangkaian listrik, *capacitor* berfungsi untuk mengimbangi daya reaktif. *Capacitor* dapat menyimpan dan melepaskan energi dengan cepat. Amati dan pahamiilah beberapa simbol *capacitor* berikut.




Tabel 2.18 Simbol *Capacitor*

No.	Simbol	Nama	Keterangan
1.		<i>Bipolar capacitor</i>	<i>Bipolar capacitor</i> memiliki dua elektroda yang berbeda dan memiliki polaritas. Biasanya dibuat dari material elektrolit seperti elektrolit tantalum. <i>Bipolar capacitor</i> disebut juga <i>electrolytic condensator</i> (ELCO).
2.			
3.		<i>Nonpolar capacitor</i>	<i>Nonpolar capacitor</i> memiliki dua elektroda yang sama dan tidak memiliki polaritas. <i>Nonpolar capacitor</i> biasanya dibuat dari material dielektrik, seperti mika atau keramik.
4.		<i>Variable capacitor</i>	Nilai kapasitansi dapat diatur

## g. Inductor

*Inductor* atau dikenal juga dengan kumparan yang salah satu fungsinya adalah untuk mengendalikan arus bolak-balik. Berikut ini adalah simbol-simbol *inductor* yang perlu kalian pelajari.

Tabel 2.19 Simbol *Inductor*

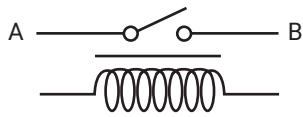
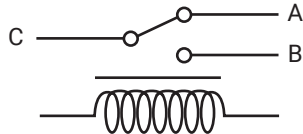
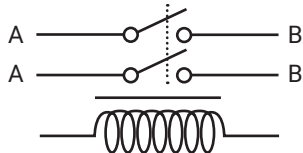
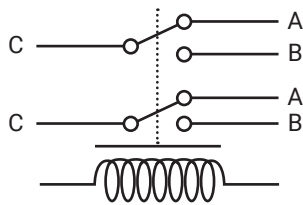
No.	Simbol	Nama	Keterangan
1		<i>Inductor</i>	Kumparan/lilitan
2		<i>Inductor</i> beserta inti besi	Kumparan yang memiliki inti besi
3		<i>Variable inductor</i>	Lilitan dengan angka induksi dapat diatur



## h. Relay

Pada rangkaian elektromagnetik *relay* berfungsi seperti sakelar yang dapat mengontrol aliran listrik pada rangkaian. Biasanya, *relay* terdiri dari tiga komponen, yaitu *common*, *coil*, dan kontak. Berikut adalah simbol-simbol *relay* yang perlu kalian pahami.

**Tabel 2.20** Simbol *Relay*








No.	Simbol	Nama	Keterangan
1.		<i>Relay SPST (single pole single throw)</i>	Terminal <i>input</i> dan <i>output</i> tunggal
2.		<i>Relay SPDT (single pole double throw)</i>	Terminal <i>input</i> tunggal, terminal <i>output</i> pasangan ganda
3.		<i>Relay DPST (double pole single throw)</i>	Terminal <i>input</i> ganda, terminal <i>output</i> pasangan tunggal
4.		<i>Relay DPDT (double pole double throw)</i>	Terminal <i>input</i> ganda, terminal <i>output</i> pasangan ganda

## i. Diode

Fungsi *diode* pada rangkaian elektromagnetik, adalah sebagai penyearah arus listrik dan menghambat arus listrik dari arah yang berlawanan. Tabel di bawah ini menggambarkan simbol-simbol *diode*.



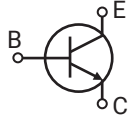
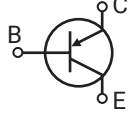
**Tabel 2.21** Simbol *Diode*

No.	Simbol	Nama	Keterangan
1.		<i>Diode</i>	Sebagai penyearah arus yang hanya mengalirkan arus 1 arah saja.
2.		<i>Diode zener</i>	Penstabil tegangan arus searah (DC)
3.		<i>Diode schottky</i>	Memiliki <i>drop</i> tegangan yang rendah, biasanya terdapat dalam logika IC
4.		<i>Diode varaktor</i>	Gabungan diode dan kapasitor
5.		<i>Diode tunnel</i>	Disebut juga esaki diode yang memiliki resistansi negatif karena efek mekanikal kuantum yang disebut <i>tunneling</i>
6.		<i>Light Emitting Diode</i>	Menghasilkan cahaya saat dialiri arus listrik DC 1 arah
7.		<i>Photo-diode</i>	Menghasilkan arus listrik saat mendapat cahaya

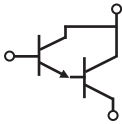
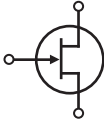
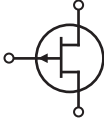


## j. Transistor

Transistor merupakan komponen semikonduktor yang berfungsi untuk memperkuat, memutus, atau menyambung arus listrik. Di bawah ini adalah simbol-simbol transistor yang perlu kalian pahami.

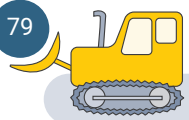
**Tabel 2.22** Simbol Transistor

No.	Simbol	Nama	Keterangan
1.		Transistor bipolar NPN	Negatif – positif – negatif, lapisan semikonduktor yang membentuk transistor.
2.		Transistor bipolar PNP	Positif – negatif – positif, lapisan semikonduktor yang membentuk transistor.



No.	Simbol	Nama	Keterangan
3.		Transistor <i>darlington</i>	Transistor <i>darlington</i> adalah sebuah sirkuit yang terdiri dari dua <i>bipolar transistor</i> .
4.		Transistor JFET-N	<i>Junction field effect transistor</i> – tipe N
5.		Transistor JFET-P	<i>Junction field effect transistor</i> – tipe P
6.		Transistor NMOS	<i>N channel metal-oxide-semiconductor</i> .
7.		Transistor PMOS	<i>P channel metal-oxide-semiconductor</i> .

Kode warna kabel hendaknya dipahami dalam gambar teknik. Apakah kalian pernah melihat aneka warna kabel? Aneka warna kabel dijelaskan dalam kode QR berikut.



## B. Membaca Buku Manual

Keterampilan membaca buku manual merupakan persyaratan dasar bagi seorang mekanik alat berat. Buku manual pada alat berat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu *operation and maintenance manual (OMM)*, *shop manual (SM)*, dan *parts book*. Hal yang menjadi masalah adalah semua buku manual alat berat masih berbahasa Inggris. Dengan demikian, diperlukan kemampuan kalian dalam memahami bahasa Inggris terutama bahasa Inggris teknik.

### 1. Operation and Maintenance Manual (OMM)

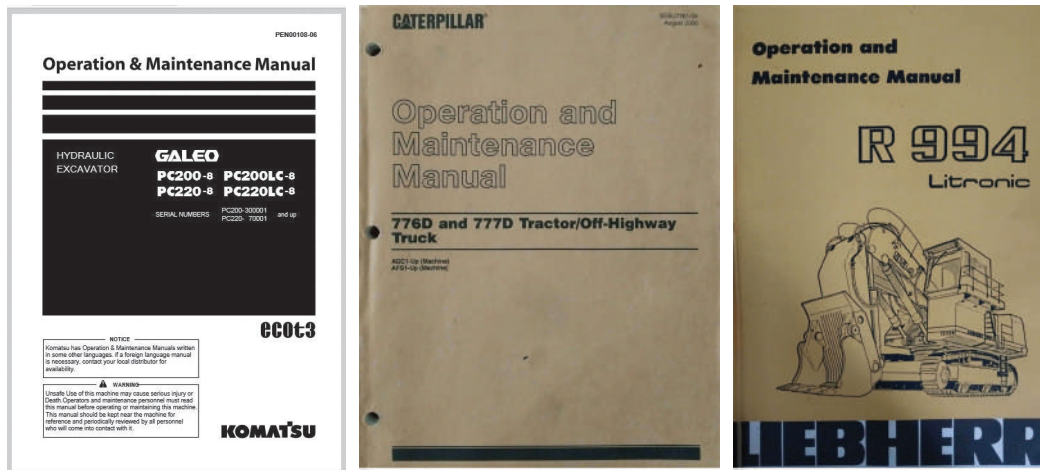
Buku petunjuk pengoperasian dan pemeliharaan (*operation and maintenance manual*) diperuntukkan atau berfungsi sebagai panduan bagi mekanik dalam melakukan perawatan (*maintenance*) dan mengoperasikan unit (*operation*). Tentu saja isi dari buku manual akan berbeda-beda tergantung merek dan tipe dari unitnya. Namun, pada dasarnya terdapat kesamaan isi yang berupa inti materi dari buku tersebut, seperti informasi dasar (model, seri, *engine number*, dll.), informasi keselamatan, informasi pengoperasian, serta spesifikasi dan informasi perawatan unit. Pada buku OMM ini terdapat beberapa informasi sebagai berikut.

- Informasi cover buku yang memuat *applicable model*, *applicable serial number*, dan *form number*, seperti pada gambar 2.3.

Salah satu contoh buku OMM dapat kalian akses melalui kode QR berikut.



<https://buku.kemdikbud.go.id/s/LTAB5>



Gambar 2.3 Contoh cover buku OMM

Sumber: *Operation & Maintenance Manual, Hydraulic Excavator PC200-8M0, Komatsu, 2012; Operation and Maintenance Manual, 776D and 777D Tractor/ Off-Highway Truck, Caterpillar, 1999; Operation and Maintenance Manual, R994 Litronic, Liebherr*



- b. *Foreword* atau pembuka, menampilkan informasi keselamatan (*safety information*), pengantar (*introduction*), dan informasi produk (*product information*).
- c. *Contents* atau daftar isi.
- d. *Safety*, isinya adalah mengenai lokasi dan bentuk labelnya (*safety labels*), *general precautions* yang memuat peringatan-peringatan dini terkait hal-hal umum, *safety machine*, dan *safety maintenance information*.
- e. *Operation*, memuat penjelasan tentang ilustrasi pandangan mesin (*machine view illustration*), *gauge* dan kontrol yang terperinci (*detailed control* dan *gauges*), kontrol serta operasi mesin. Selain itu, memuat transportasi, operasi unit pada cuaca dingin (*cold weather operation*), penyimpanan unit dalam jangka panjang (*long term storage*), serta jika ada masalah dan cara mengatasinya (*troubles and actions*).
- f. *Maintenance*, memuat penjelasan informasi perawatan (*maintenance information*), kerangka *items service* (*outline of service*), *part/komponen* yang aus (*wear parts*), rekomendasi bahan bakar, *coolant* dan pelumas (*fuel, coolant, and lubricant*), spesifikasi momen pengencangan baut/mur, keselamatan komponen-komponen yang kritis, jadwal perawatan, dan prosedur perawatan.
- g. *Specification*, memuat nilai nilai spesifikasi yang dibutuhkan dalam pertimbangan perbaikan. Pertimbangannya harus diganti atau bisa disetel saja atau masih dapat digunakan kembali karena masih dalam batas limit.
- h. *Attachment and options*, memuat perhatian awal umum bagi keselamatan, pilihan-pilihan *attachment*, seperti *bucket with hook* (contohnya) dan *attachment guide*.
- i. *Index*, memuat daftar isi berdasarkan abjad huruf.



## Aktivitas 2.9

### Aktivitas Mandiri: Membaca Buku Manual

#### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara mandiri mampu membaca buku manual dengan baik dan benar.

#### Langkah-Langkah

1. Ambillah buku OMM sesuai dengan unit praktik yang dimiliki di sekolah! Jika sekolah tidak memilikinya, kalian dapat berkunjung ke dealer terdekat untuk melakukan aktivitas ini. Contoh pada buku ini diambil dari OMM Komatsu PC 200-8 halaman 2-5.
2. Bukalah halaman *safety labels* yang menunjukkan lokasi *safety labels* pada unit!

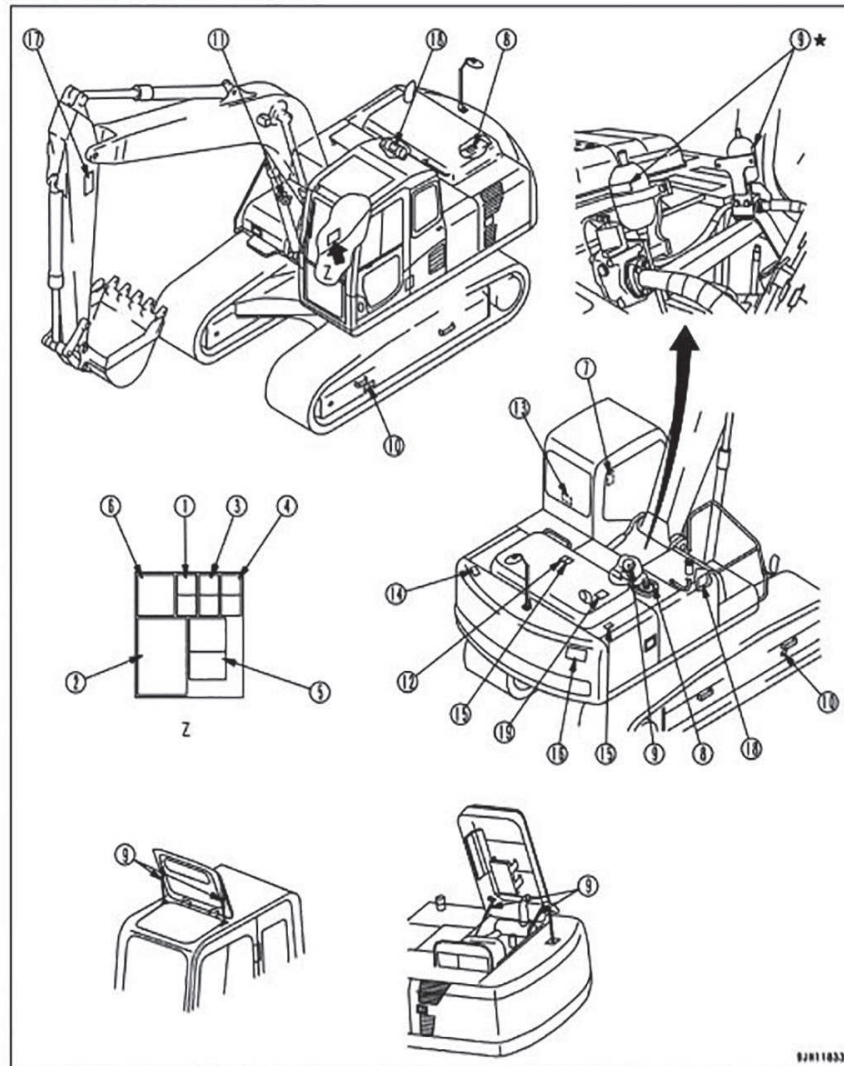


3. Pilihlah salah satu *safety labels* seperti gambar 2.4!
4. Selanjutnya, ambil fotonya pada unit menggunakan *handphone* kalian! Setelah itu, gambar dan tulislah keterangan yang tertera pada *safety label* yang telah kalian foto!
5. Diskusikan dengan teman kalian arti dan maksud dari *safety label* tersebut! Kerjakan di buku kerja masing-masing!

**SAFETY**

**SAFETY LABELS**

**LOCATION OF SAFETY LABELS**



**Gambar 2.4** Lokasi *safety label* pada buku OMM PC 200-8

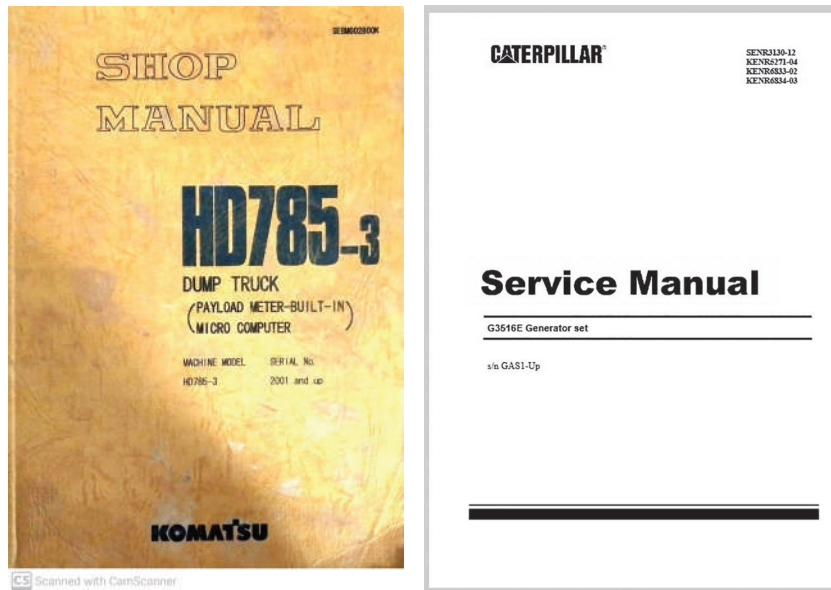
**Sumber:** OMM PC 200-8, halaman 2 - 5



## 2. Shop Manual atau Service Manual

Buku petunjuk *shop manual* atau *service manual* merupakan buku petunjuk bagi mekanik dalam melakukan pembongkaran, pemeriksaan, pengukuran, perbaikan, penggantian, merakit kembali, dan penyetelan-penyetelan pada unit atau sistem yang ada dalam unit. Pada buku *shop manual* atau *service manual* ini terdapat informasi sebagai berikut.

- a. Informasi cover buku yang memuat model *code*, *form number*, *revision number*, dan *applicable serial number*, seperti gambar berikut.



Gambar 2.5 Contoh cover buku *shop manual*

Sumber: SM HD 785-3, dan SM Caterpillar G35.16E Generator Set

- b. *Foreword* adalah hal mengenai catatan *safety*. Isinya tentang petunjuk cara membaca *shop manual*, penjelasan kebijakan standar perawatan, cara menangani perlengkapan elektrik, cara membaca kode elektrik kabel, metode pembongkaran, standar pengencangan baut, dan tabel konversi.
- c. *General specification* dan *technical data* yang memuat spesifikasi, *fuel*, *coolant*, dan *lubricants*.
- d. *Structure, function* dan *maintenance* standar *engine, power train, steering, brake, undercarriage, hydraulic, work equipment, cabin*, dan *electrical system*. Pada bagian ini menjelaskan tentang struktur, fungsi, dan nilai standar perawatan pada tiap komponen. Struktur dan fungsi subbagian menjelaskan struktur dan fungsi tiap komponen. Bagian ini tidak hanya memberikan sebuah pemahaman struktur, tetapi juga menjadi rujukan bagi *troubleshooting*.



- e. *Testing* dan *adjusting*, bagian ini menjelaskan instrumen pengukuran dan metode pengukuran bagi penyetelan dan pengetesan, dan metode penyetelan tiap komponen. Nilai standar dan kriteria pengambilan keputusan untuk penyetelan dan pengetesan dijelaskan di bagian ini.
- f. *Troubleshooting*, memuat tabel kode kerusakan (*failure code*), dan *trouble code* sesuai sistemnya, seperti *engine*, *power train*, *undercarriage*, dll. Pada bagian ini menjelaskan cara menemukan komponen yang rusak dan cara memperbaikinya.
- g. Pembongkaran (*disassembly*) dan perakitan (*assembly*), memuat rincian dari prosedur pembongkaran dan perakitan kembali pada sistem, seperti *engine*, *powertrain*, *undercarriage*, dll. Bagian ini menjelaskan penggunaan peralatan khusus (*special tools*) dan prosedur melepas, memasang, membongkar, serta merakit.
- h. *Circuit diagram*, memuat diagram *hydraulic* dan diagram elektrik dari unit tersebut.



## Aktivitas 2.10

## Aktivitas Mandiri: Membaca Buku Shop Manual

### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara mandiri mampu membaca buku *shop manual* dengan baik dan benar.

### Langkah-Langkah

1. Gambar 2.6 adalah gambar potongan dari sebuah halaman *shop manual* HD 785-7, *section 00 index and foreword*, halaman 8. Pada potongan halaman ini memuat tentang *safety symbol* dari petunjuk yang terdapat dalam buku *shop manual* tersebut. Silakan kalian pahami dan artikan penjelasan dalam kolom “*remarks*”.

4. **Symbols**  
Important safety and quality portions are marked with the following symbols so that the shop manual will be used practically.

Symbol	Item	Remarks
	Safety	Special safety precautions are necessary when performing work.
	Caution	Special technical precautions or other precautions for preserving standards are necessary when performing work.
	Weight	Weight of parts of component or parts. Caution necessary when selecting hoisting wire, or when working posture is important, etc.
	Tightening torque	Places that require special attention for tightening torque during assembly.
	Coat	Places to be coated with adhesives, etc. during assembly.
	Oil, coolant	Places where oil, etc. must be added, and capacity.
	Drain	Places where oil, etc. must be drained, and quantity to be drained.

**Gambar 2.6** Cuplikan halaman safety symbol pada shop manual HD 785-7 Hal 8.

**Sumber:** Komatsu, 2010, *Shop Manual Dump Truck HD 785-7 pages 1807*, Printed in Japan

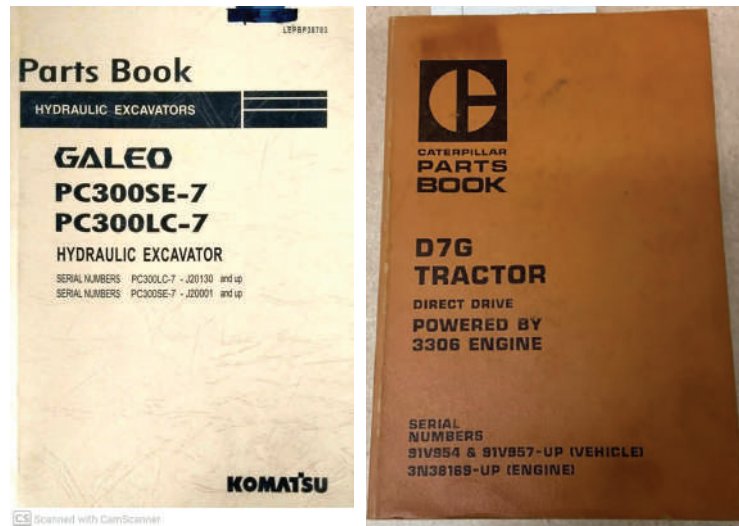


2. Selanjutnya, silakan kalian buka buku *shop manual* halaman per halaman! Setelah itu, kumpulkan dan catat halaman-halaman yang memuat simbol-simbol dalam sebuah tabel, masing-masing minimal lima halaman/simbol!
3. Setelah itu, diskusikan dengan teman satu kelas maksud dari simbol yang tercantum pada halaman yang telah kalian temukan! Tulislah pada buku kerja kalian!

### 3. Parts Book

*Parts book* sesuai namanya adalah buku yang memuat informasi mengenai seluk-beluk komponen/*parts* dari sebuah unit alat berat. *Parts book* berguna bagi mekanik dalam menentukan komponen atau *parts* yang memerlukan penggantian. Pada buku *parts book* terdapat informasi informasi sebagai berikut.

- a. Informasi cover buku



Gambar 2.7 Contoh cover buku *parts book*

Sumber: Part book PC 300SE-7 Hydraulic Excavator, dan D7G Tractor Caterpillar

- b. *Foreword*, memuat penjelasan simbol-simbol dan kode-kode.
- c. *Content*, memuat daftar isi mengenai nama komponen (*part name*), nama gambar (*figure name*), dan halaman (*page*).
- d. *Chapter*, memuat mengenai *engine*, komponen yang berhubungan dengan *engine* dan sistem *hydraulic*.
- e. Nomor gambar (*figure number*) dan daftar komponen (*parts list*).
- f. Daftar isi berdasarkan penomoran (*numerical Index*).





**Tujuan**

Pada aktivitas ini, kalian secara mandiri mampu menjelaskan cara membaca *parts book* dengan baik dan benar.

**Langkah-Langkah**

1. Pada gambar 2.9 terdapat contoh *Parts Book Hydraulic Excavator* Komatsu PC 300SE-7 halaman 030230 yang memuat data dari *Cylinder Block*.
2. Catatlah *part number* dari komponen/parts: *cylinder block assy* dan *liner kit*! Apabila ada tanda bintang (\*) pada kolom *part number*, ada penjelasannya di halaman 0F-2 seperti pada gambar 2.8.
3. Selanjutnya, jelaskan dan tulis maksud dari kode bintang tersebut merujuk pada komponen yang dimaksud (*cylinder block assy*)!
4. Diskusikan dengan teman sejawat dan guru pengampu!

Symbols and codes	Symbols and codes are used in the PART No. and DESCRIPTION columns, and represent the following:
□	The part specified in the line above can be used instead of this part.
▣	This part can be used instead of the part specified in the line immediately above.
◆	This part and the part specified in the line immediately above are interchangeable.
■	The part specified in the DESCRIPTION column can be used instead of this part if it is used as a set.
⊠	This shows discontinued part. The part specified in the above line is supplied instead.
▼	This shows a discontinued part. The part specified in the DESCRIPTION column is supplied instead as a set.
☆	This part cannot be supplied as an individual part. It is Supplied as an assembly.
★	This part cannot be supplied as an individual part. It is Supplied as an assembly. However, it is supplied as an individual part by authorized distributors only.
⊙	This indicates a part group. The part marked with this symbol is not considered a supply part.
====	The parts surrounded by this line are components of the part group specified in the above line.
G-1, G-2	These indicate categories of part groups.
KIT	This indicates kit parts. for kit parts, refer to the service kit tables provided in this Parts Book.
△	This indicates a part supplied as semi-finished. It requires additional work before installation.
PAINT (1)	This indicates parts shipped painted with undercoat.
PAINT (2)	This indicates parts supplied with different colors from the original color of your machine.
(A)	This code indicates special parts for cold weather "A" specification (-30°C) machines.
(B)	This indicates special parts for cold weather "B" specification (-50°C) machines.

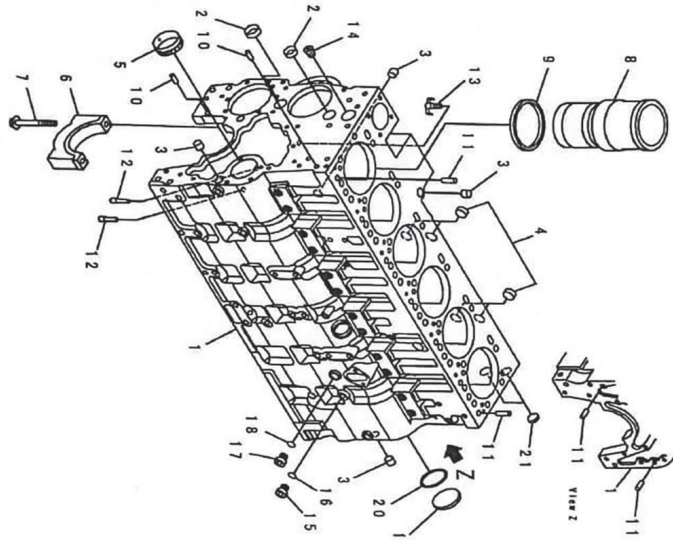
**Gambar 2.8** Arti kode simbol pada deskripsi *Part Book*

**Sumber:** Part book PC 30SE-7 Hydraulic Excavator



SAABD114E-2A/SN 26800230-UP

SAABD114E-2A/SN 26800230-UP  
CYLINDER BLOCK



ITEM	PART NO.	DESCRIPTION	QTY	SERIAL NO.
1	6742-01-1190	KIT/CYLINDER BLOCK	1	26800230-UP
1	6742-01-1122	* CYLINDER BLOCK ASSY	1	26801636-UP
1	6742-01-1121	* CYLINDER BLOCK ASSY	1	26801636-UP
2	6742-01-1380	** BLOCK	1	26801636-UP
3	6742-01-1310	** PLUG	2	26800230-26801165
4	6742-01-1420	** PLUG	4	26800230-UP
5	6742-01-1980	** BUSHING	4	26800230-UP
6	Δ6742-01-5277	** CAP	7	26800230-UP
7	6742-01-1430	** BOLT	14	26800230-UP
8	6742-01-1520	OVER KIT	6	26800230-UP
9	6742-01-1780	UPPER KIT, CYLINDER	1	26800230-UP
10	6742-01-18120	KIT/CYLINDER BLOCK	1	26800230-UP
11	6742-01-1470	PISTON	2	26800230-UP
12	6742-01-1470	* NOZZLE	4	26800230-UP
13	6742-01-1460	* COCK/CRANK	1	26800230-UP
14	6742-01-1460	* PLUG	1	26800230-UP
15	6742-01-1960	* PLUG ASSY	6	26800230-UP
16	6742-01-1970	* O-RING	1	26800230-UP
17	6742-01-1970	* PLUG ASSY	2	26800230-UP
18	6742-01-1980	* O-RING	1	26800230-UP
19	6742-01-1480	* PLUG	1	26800230-UP
20	6742-01-1480	* O-RING	1	26800230-UP
21	6742-01-1380	* PLUG EXPANSION	2	26800230-UP

Ref. A2019-01A0

Page 030230

Ref. A2019-01A0

Page 030230

Gambar 2.9 Contoh halaman parts book

Sumber: Part Book PC 30SE-7 Hydraulic Excavator



## C. Menggambar Diagram Sederhana

Pada subbab menggambar diagram sederhana, kalian akan mempelajari cara membuat gambar diagram *hydraulic* dan *pneumatic* dan gambar diagram rangkaian elektrik. Simaklah penjelasan berikut agar kalian memahaminya.

### 1. Membuat Gambar Diagram *Hydraulic* dan *Pneumatic*

Pada bagian ini kalian akan belajar membuat diagram *hydraulic* dan *pneumatic*. Lakukanlah aktivitas berikut untuk belajar membuat gambar diagram tersebut.



#### Aktivitas 2.12

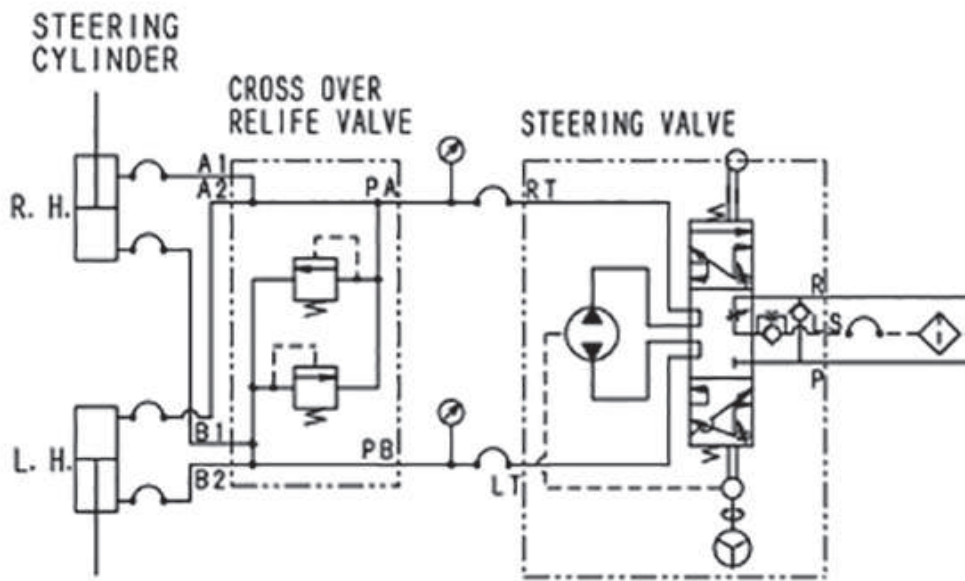
#### Aktivitas Mandiri: Membuat Gambar Diagram *Hydraulic*

##### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara mandiri mampu membuat gambar diagram *hydraulic* dengan baik dan benar.

##### Langkah-Langkah

1. Buatlah gambar seperti gambar 2.10 di buku kerja!



Gambar 2.10 Rangkaian diagram *hydraulic* steering system HD 785-7

Sumber: Shop Manual HD 785-7 (halaman 1797)



2. Selanjutnya, buatlah tabel seperti tabel 2.23 dan isilah dengan menggambar simbol-simbol dari gambar 2.10 di atas dan tuliskan nama simbolnya!
3. Isilah tabel 2.23 dengan gambar simbol dan nama simbol!

**Tabel 2.23** Gambar Simbol dan Nama Simbol

No.	Simbol	Nama
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

## 2. Membuat Gambar Diagram Rangkaian Elektrik

Pada bagian ini kalian akan belajar membuat diagram rangkaian elektrik. Lakukanlah aktivitas berikut untuk belajar membuat gambar diagram tersebut.



### Aktivitas 2.13

#### Aktivitas Mandiri: Membuat Gambar Rangkaian Elektrik

##### Tujuan

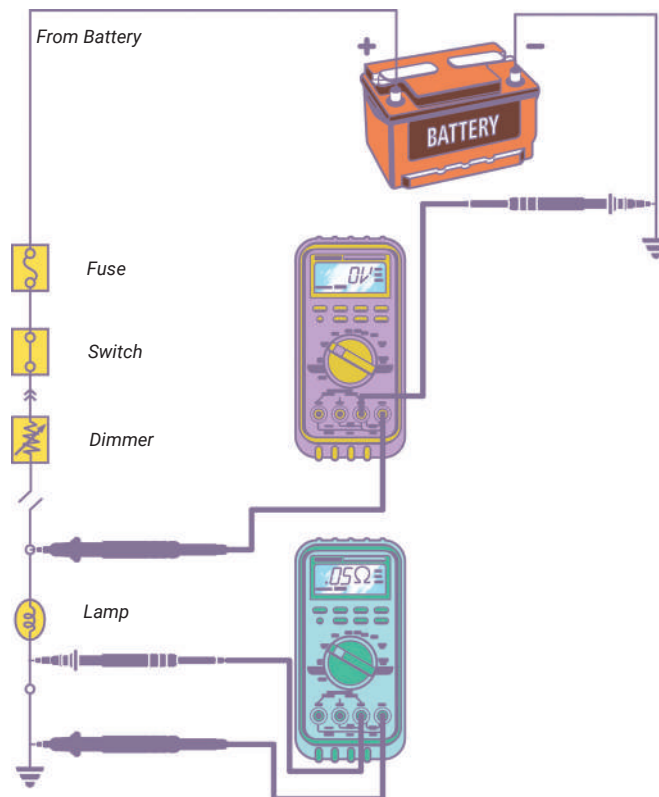
Pada aktivitas ini, kalian secara mandiri mampu membuat gambar rangkaian elektrik dengan baik dan benar.

##### Langkah-Langkah

1. Buatlah gambar seperti gambar 2.11 di buku tugas!
2. Selanjutnya, buatlah tabel seperti contoh tabel 2.24!



3. Isilah tabel 2.24 sesuai dengan nama-nama dari gambar simbol yang ada pada kolom **Simbol**.



Gambar 2.11 Rangkaian elektrik

Tabel 2.24 Jawaban Tugas Aktivitas Menggambar Simbol

No.	Simbol	Nama	No.	Simbol	Nama
1.			4.		
2.			5.		
3.			6.		
			7.		



Setelah melakukan aktivitas 2.13, kalian melanjutkan aktivitas 2.14. Kalian akan membuat potongan *wiring* diagram pada aktivitas berikut.



## Aktivitas 2.14

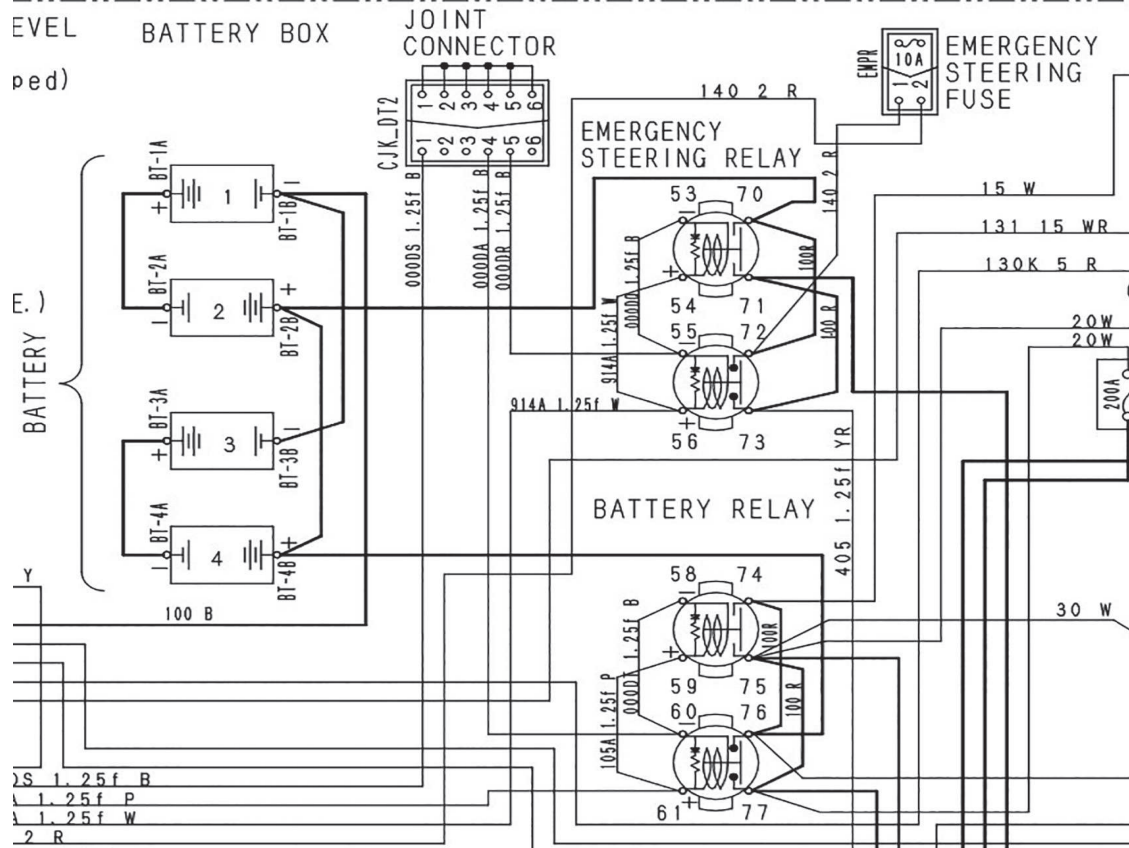
## Aktivitas Mandiri: Membuat Gambar Potongan Wiring

### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara mandiri mampu membuat gambar potongan *wiring* diagram dengan baik dan benar.

### Langkah-Langkah

1. Gambarlah potongan dari *wiring* diagram sebuah *electrical system* Unit Komatsu HD 785-7, yaitu *Battery* (4 pcs) dan *Battery Relay*, seperti pada gambar 2.13 berikut ini.



**Gambar 2.12** Potongan *wiring* diagram Unit Komatsu HD 785-7

Sumber: Komatsu, 2010, *Shop Manual Dump Truck HD 785-7* pages 1807, Printed in Japan



2. Selanjutnya, buatlah nama-nama simbol dari gambar pada tabel 2.26!

### Tugas Aktivitas Menggambar Simbol

Gambar	
Nama	



### Kasus Industri

Kasus-kasus yang terjadi di industri di antaranya sebagai berikut.

1. Salah baca simbol, seperti kabel silang terhubung atau tidak terhubung dalam gambar simbol elektrik.

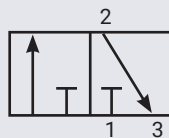


Dibaca terhubung?

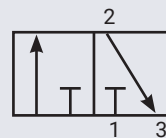


Dibaca terhubung?

2. Salah baca kode simbol, seperti kode simbol *valve*, misalnya *valve* 3/2 dan 2/3 yang pembacaannya dapat terbalik dengan artinya.



Dibaca 3/2 way valve?



Dibaca 2/3 way valve?



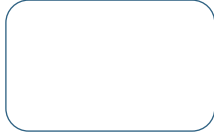
# Asesmen



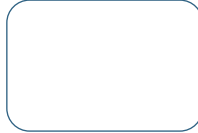
1. Gambarlah simbol-simbol *hydraulic* dan *pneumatic* dari nama-nama berikut!



*Check valve*



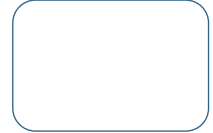
*2/2 way valve*



*3/2 way valve*

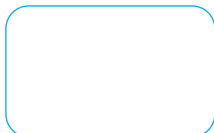


*Hydraulic pump*

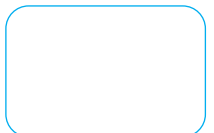


*Air filter*

2. Gambarlah simbol-simbol elektrik/elektronik dari nama-nama berikut!



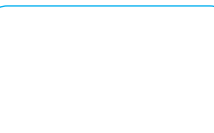
*Battery*



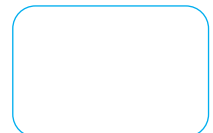
*Earth*



*Fuse*



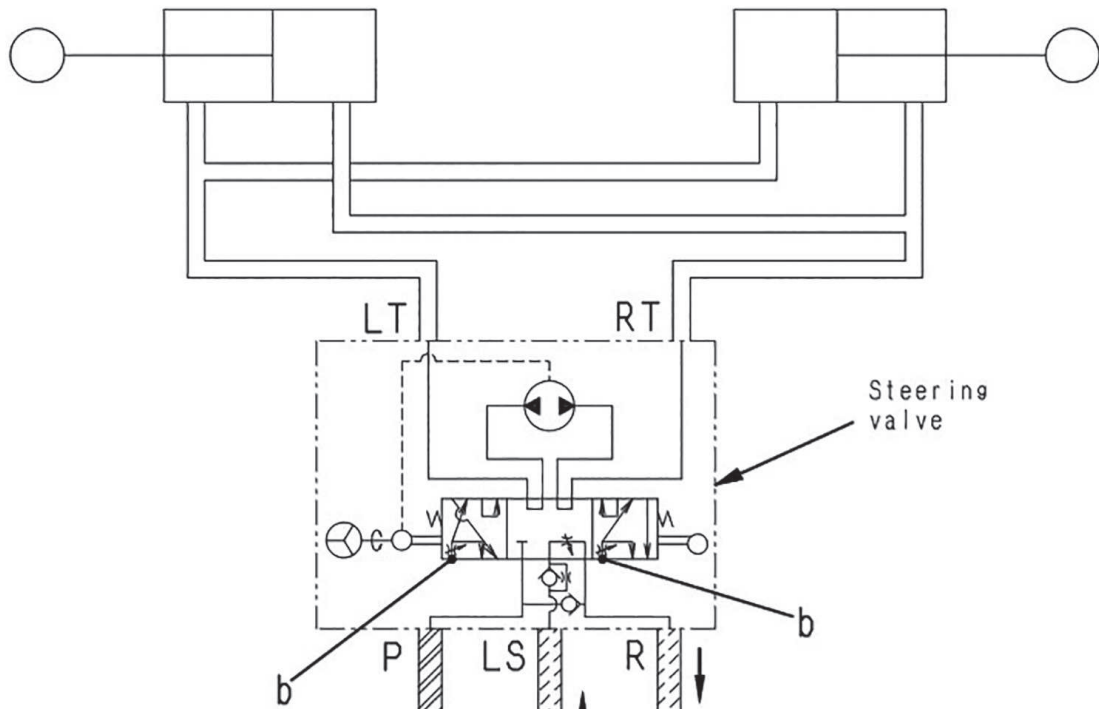
*Bipolar Kapasitor*



*Toggle switch*

3. Kerjakan tugas berikut!

a. Gambarlah rangkaian diagram *hydraulic* seperti gambar 2.13 berikut!

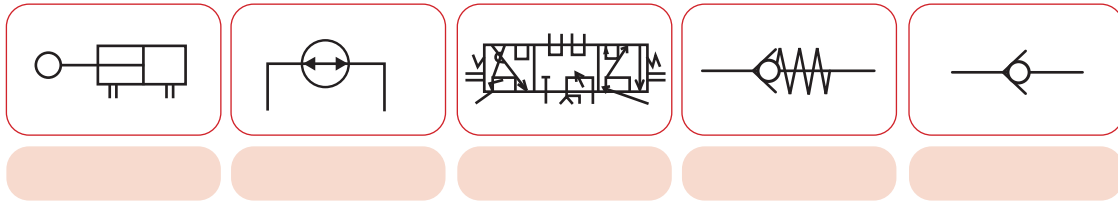


**Gambar 2.13** Rangkaian potongan diagram *hydraulic steering system* HD 785-7

**Sumber:** Komatsu, 2010, *Shop Manual Dump Truck HD 785-7 pages 1807*, Printed in Japan

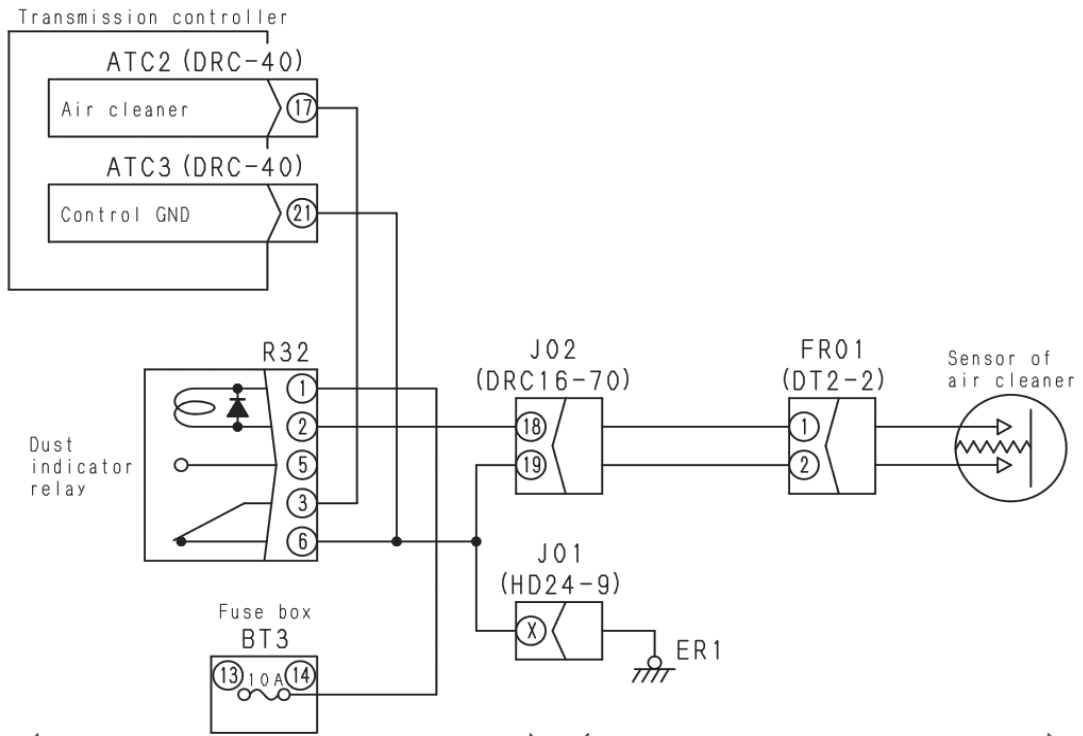


b. Selanjutnya, berilah nama-nama simbol di kolom berikut.



4. Kerjakan tugas berikut!

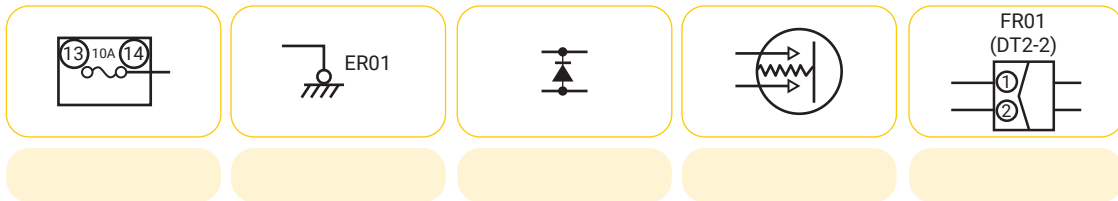
a. Gambarlah rangkaian diagram elektrik seperti gambar 2.14 berikut ini!



**Gambar 2.14** Rangkaian diagram elektrik penerangan unit HD 785

Sumber: Komatsu, 2010, Shop Manual Dump Truck HD 785-7 pages 1807, Printed in Japan

b. Selanjutnya, tulislah nama simbol-simbol dari rangkaian gambar 2.13 pada kolom berikut.





## Refleksi

Setelah mempelajari Bab 2 ini, kalian diharapkan dapat menjelaskan tentang simbol-simbol *hydraulic*, *pneumatic*, elektrik, dan elektronik. Selain itu, kalian dapat membuat gambar sirkuit *hydraulic* sederhana dan menggambar rangkaian elektrik sederhana. Secara jujur kalian diminta untuk memberikan penilaian diri tentang tingkat pemahaman dan penguasaan dari materi pada Bab 2 ini dengan menjawab pertanyaan berikut.

1. Materi pembelajaran atau topik apa yang menurut kalian sulit dipahami? Jelaskan alasan kalian!
2. Materi pembelajaran atau topik apakah yang mudah kalian pahami? Jelaskan alasan kalian!
3. Diskusikan dengan teman dan guru kalian!

### Lembar Refleksi (Kerjakan di Buku Tugas Kalian)

Materi pembelajaran atau topik apakah yang menurut kalian sulit dipahami? Jelaskan!

1. ....
2. ....
3. ....
4. ....
5. ....

Materi pembelajaran atau topik apakah yang mudah kalian pahami? Tuliskan alasan kalian!

1. ....
2. ....
3. ....
4. ....
5. ....





## Pengayaan

Untuk menambah wawasan dan pengalaman kalian dalam mendalami Bab 2, kalian disarankan mencari berbagai referensi terkait dengan penggunaan simbol-simbol gambar teknik. Jika kalian mencari sumber dari internet, pastikan laman yang kalian gunakan merupakan laman resmi dan dapat dipercaya. Kalian dapat menonton video tentang membaca dan mengidentifikasi komponen elektronika pasif dengan memindai kode QR atau membuka tautan yang diberikan.

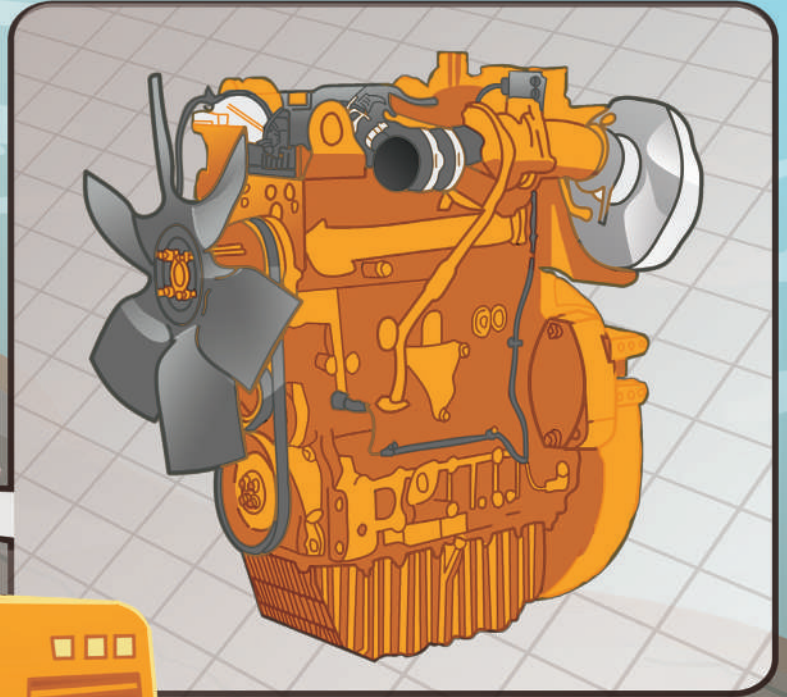


KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2024

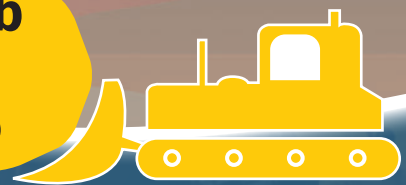
Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XI

Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin

ISBN: 978-634-00-0174-7



Bab  
**3**



# Diesel Engine



Apakah kalian tahu bahwa *diesel engine* tidak memiliki busi?

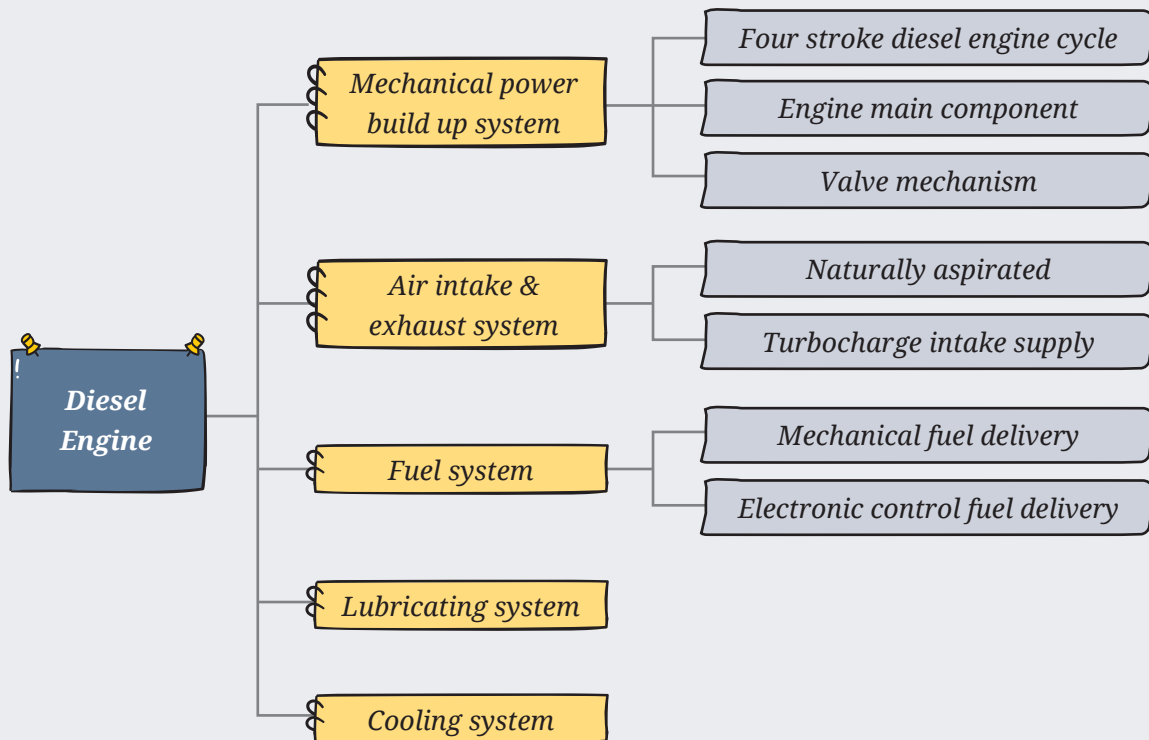


## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, kalian dapat mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja sistem-sistem pada *engine*.



## Peta Materi



## Kata Kunci

↺ *cooling*

↺ *exhaust*

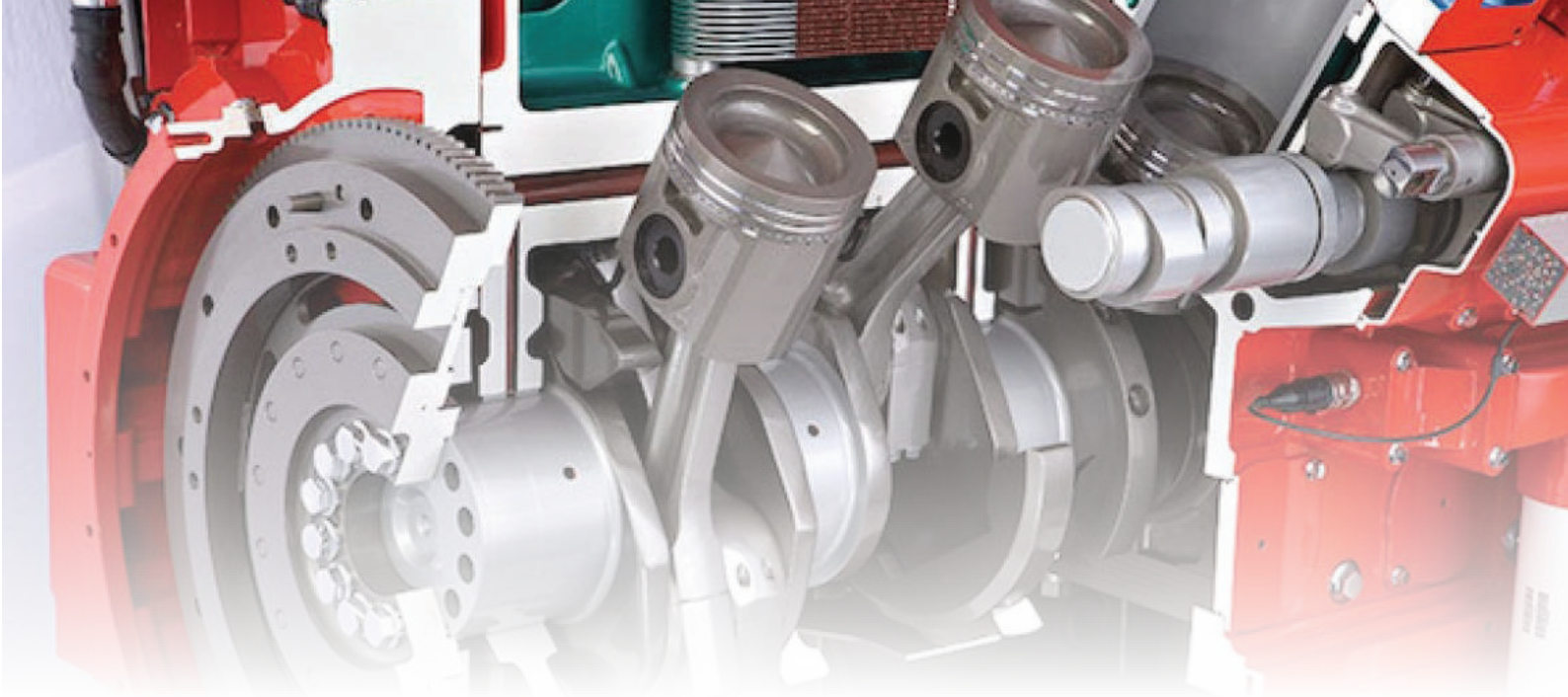
↺ *fuel*

↺ *intake*

↺ *lubricating*

↺ *mechanical power*





**Gambar 3.1** Engine sangat berperan penting pada unit alat berat.

Sumber: cummins.com/2016

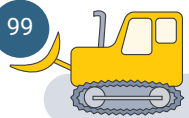
*Engine* pada unit alat berat merupakan suatu yang paling utama dan paling penting dikuasai oleh seorang mekanik alat berat. Mekanik menguasai, baik cara kerjanya, karakteristiknya, hingga cara penanganan, perawatan, dan perbaikannya. *Engine* sangat berperan penting. Oleh karena itu, *engine* merupakan jantung pacu bagi sebuah *machine*. Semua sistem pada unit *machine* tidak dapat beroperasi tanpa adanya *engine*, seperti sistem *hydraulic*, *power train*, dan *steering*.

*Engine* merupakan sebuah alat yang mengonversi energi dari energi bahan bakar menjadi energi mekanik sehingga menciptakan gerakan (*motion*) dalam sebuah proses. Pada *internal combustion engine* dikenal ada dua jenis *engine* berdasarkan bahan bakarnya yang sangat populer, yaitu *gasoline engine* (*engine* berbahan bakar bensin) dan *diesel engine* (*engine* berbahan bakar solar). Peruntukan dari dua jenis *engine* ini melalui beberapa pertimbangan berdasarkan kebutuhan tenaga, orientasi *speed* (kecepatan) atau *load* (beban), konstruksi, jumlah silinder, dan lain-lain. Alasan itulah yang menyebabkan pemilihan *engine* yang digunakan dalam alat berat adalah *diesel engine*. Beberapa karakteristik dari *gasoline engine* dan *diesel engine* dijelaskan dalam tabel berikut.

### Tahukah Kamu?



Cara mematikan *engine* pada unit *diesel engine* model lama yang menggunakan *conventional fuel delivery system* tidak dengan memutar kunci kontak. Akan tetapi, ada tombol atau tuas yang berfungsi mematikan suplai *fuel* pada bagian dari *fuel injection pump* (FIP). Menarik bukan?



**Tabel 3.1** Perbandingan *Gasoline Engine* dan *Diesel Engine*

No.	Hal yang Dibahas	<i>Gasoline Engine</i>	<i>Diesel Engine</i>	Keterangan
1.	Jenis bahan bakar	Bensin ( <i>Oktan Number</i> )	Solar ( <i>Cetane Number</i> )	Harga bahan bakar <i>diesel engine</i> relatif lebih murah.
2.	Konsumsi bahan bakar	230 – 270 g/PS- <i>hours</i>	170–210 g/PS- <i>hours</i>	Konsumsi bahan bakar <i>diesel engine</i> lebih rendah atau hemat.
3.	Flash point	> 50° C	> 25°C	<i>Fuel system diesel engine</i> relatif lebih aman dari bahaya kebakaran atau tidak memerlukan penanganan lebih.

Kalian dapat menjelaskan tentang perbedaan *gasoline engine* dan *diesel engine* lebih lanjut dengan melakukan kegiatan berikut.



### Aktivitas 3.1

### Aktivitas Kelompok: Menjelaskan Perbedaan antara *Gasoline Engine* dan *Diesel Engine*

#### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian mampu bekerja sama menjelaskan perbedaan antara *gasoline engine* dan *diesel engine*.

#### Langkah-Langkah

1. Buatlah kelompok dengan anggota tiga sampai lima siswa!
2. Diskusikanlah perbedaan *gasoline engine* dengan *diesel engine*! Cari tahu informasi tambahan lainnya dari *internet* dari sumber yang terpercaya!
3. Catatlah di buku tugas tentang perbedaan antara *gasoline engine* dan *diesel engine*!
4. Catatlah di buku tugas tentang alasan alat berat menggunakan *diesel engine* bukan *gasoline engine*!
5. Presentasikan hasil diskusi kalian di depan kelas secara bergantian!

Kalian telah mendapatkan informasi tentang *diesel engine* saat melakukan aktivitas 3.1. Selanjutnya, ikutilah uraian tentang sistem di dalam *diesel engine* berikut. Di dalam *diesel engine*, terdapat beberapa sistem yang bekerja dan satu dengan yang lainnya saling melengkapi. Sistem-sistem tersebut, yaitu *mechanical power build up system*, *air intake* dan *exhaust gas system*, *fuel delivery system*, *lubricating system*, dan *cooling system*.



## A. Mechanical Power Build Up System

*Mechanical power build up system* adalah sistem utama pada *engine* yang berfungsi menghasilkan tenaga mekanikal (tenaga putar pada *crankshaft*) untuk diteruskan tenaga putarnya. Tenaga tersebut berguna untuk menggerakkan *power train*, sistem *hydraulic*, dan lain-lain. Cara kerja sistem tersebut dibahas dalam siklus kerja *engine* yang merupakan dapur jantung pacu dari *engine*. Konstruksinya dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut ini.

Tahukah kalian, bagaimanakah cara kerja *mechanical power build up system* itu? Kalian dapat menyimak uraian berikut untuk memahaminya.

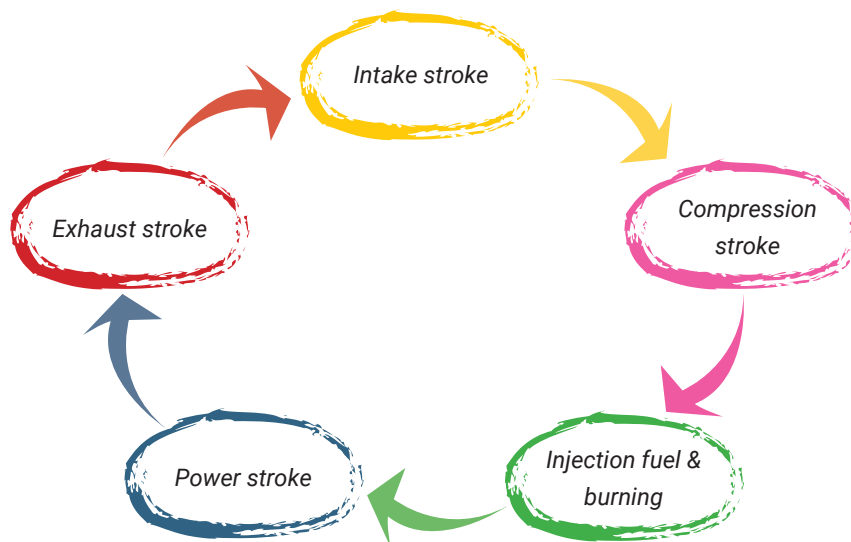
### 1. Cara Kerja *Mechanical Power Build Up System*

Cara kerja dari sistem pembangkit tenaga mekanis ini, tidak terlepas dari cara kerja siklus *engine* empat tak (*four stroke engine*). *Engine* empat (4) tak terdiri dari dari langkah isap (*intake stroke*), langkah kompresi (*compression stroke*), saat penginjeksian dan pembakaran (*injection and burning*), langkah tenaga (*power stroke*), dan langkah pembuangan (*exhaust stroke*).



**Gambar 3.2** Konstruksi *engine-mechanical power build up system*

Sumber: Columbus, Ind./cummins.com/2023



**Gambar 3.3** Siklus *four stroke diesel engine*





**Tujuan**

Pada aktivitas ini, kalian mampu secara mandiri menjelaskan cara kerja dari siklus *engine* empat tak.

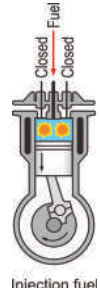
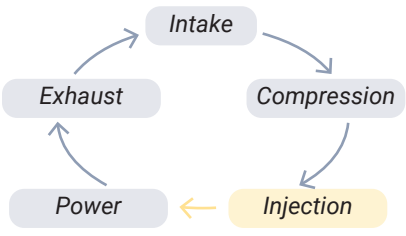
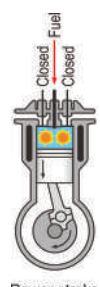
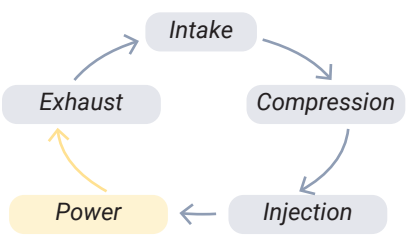
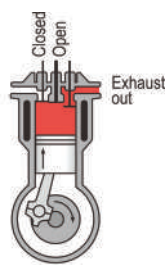
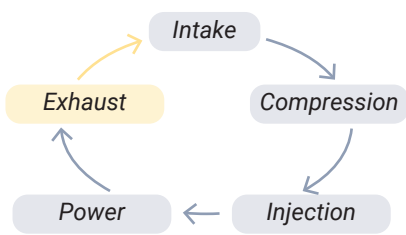
**Langkah-Langkah**

1. Lengkapilah tabel 3.2 dan kerjakan di buku tugas kalian!
2. Hal yang diisi, yaitu pada bagian tiap langkahnya sebagai berikut.
  - a. Komponen apa saja yang bergerak?
  - b. Apa yang terjadi di ruang bakar?
  - c. Apa yang dihasilkan atau dampaknya?

**Tabel 3.2** Siklus *Four Stroke Diesel Engine*

Langkah	Ilustrasi	Siklus
1. <i>Intake stroke</i> (langkah isap) a. Gerakan piston: .... b. Posisi <i>intake valve</i> : .... c. Posisi <i>exhaust valve</i> : .... d. Jumlah putaran <i>crankshaft</i> : .... e. Kondisi <i>combustion chamber</i> : ....		
2. <i>Compression stroke</i> (langkah kompresi) a. Gerakan piston: .... b. Posisi <i>intake valve</i> : .... c. Posisi <i>exhaust valve</i> : .... d. Jumlah putaran <i>crankshaft</i> : .... e. Kondisi <i>combustion chamber</i> : ....		



Langkah	Ilustrasi	Siklus
<p>3. <i>Injection fuel</i> (penginjektan bahan bakar)</p> <p>a. Gerakan piston: ....</p> <p>b. Posisi <i>intake valve</i>: ....</p> <p>c. Posisi <i>exhaust valve</i>: ....</p> <p>d. Kondisi <i>combustion chamber</i>: ....</p>	 <p style="text-align: center;">Injection fuel</p>	
<p>4. <i>Power stroke</i> (langkah tenaga)</p> <p>a. Gerakan piston: ....</p> <p>b. Posisi <i>intake valve</i>: ....</p> <p>c. Posisi <i>exhaust valve</i>: ....</p> <p>d. Jumlah putaran <i>crankshaft</i>: ....</p> <p>e. Kondisi <i>combustion chamber</i>: ....</p>	 <p style="text-align: center;">Power stroke</p>	
<p>5. <i>Exhaust stroke</i> (langkah buang)</p> <p>a. Gerakan piston: ....</p> <p>b. Posisi <i>intake valve</i>: ....</p> <p>c. Posisi <i>exhaust valve</i>: ....</p> <p>d. Jumlah putaran <i>crankshaft</i>: ....</p> <p>e. Kondisi <i>combustion chamber</i>: ....</p>	 <p style="text-align: center;">Exhaust stroke</p>	

## 2. Firing Order (Urutan Pembakaran)

*Firing order* (FO) adalah urutan atau giliran dari silinder-silinder waktu terjadi pembakaran. Contoh pada *engine* empat silinder, urutannya bukan berarti silinder 1-2-3-4 atau urutan pembakarannya dari 1 hingga ke 4. Akan tetapi, ada konfigurasi urutan yang sesuai dengan desain dari pabrik dalam merancang konstruksi *crankshaft*. Pertimbangan-pertimbangan lain, seperti suplai udara dan suplai *fuel* ke ruang bakar, serta desain *valve mechanism* yang



memengaruhinya. Untuk *engine* empat silinder dengan FO 1-3-4-2 misalnya, artinya urutan pembakaran silinder dimulai dari silinder 1, kemudian silinder 3, dilanjutkan silinder 4, dan kemudian silinder 2. Seterusnya, kembali lagi ke silinder 1, begitu terus berulang ulang sesuai FO-nya. Contoh beberapa *firing order* dapat dilihat pada tabel 3.3 berikut ini.

**Tabel 3.3** Contoh *Firing Order* pada Beberapa Konfigurasi *Engine*

No.	Jumlah Silinder	<i>Firing Order</i>	Contoh Aplikasi
1.	4 cylinder engine	1-3-4-2 1-2-4-3	Komatsu 4D
2.	6 cylinder in-line engine	1-5-3-6-2-4	Komatsu S6D125
3.	8 cylinder V engine	1-5-4-2-6-3-7-8	Scania V8 engine
4.	12 cylinder V engine	1R-1L-5R-5L-3R-3L-6R-6L-2R-2L-4R-4L	Komatsu SAA12V140
5.	16 cylinder V engine	1R-1L-3R-3L-2R-2L-5R-4L-8R-8L-6R-6L-7R-7L-4R-5L	Cummins QSK 60

Urutan pembakaran yang digambarkan dalam sebuah tabel dikenal dengan nama tabel *sequence*. Tabel *sequence* dipakai untuk menjabarkan urutan langkah per silindernya. Dalam satu siklus *engine* (*intake stroke*, *compression stroke*, *power stroke*, dan *exhaust stroke*) adalah sebanyak dua kali putaran *crankshaft* atau membentuk  $360^\circ \times 2 = 720^\circ$ . Jadi beda langkah (*stroke*) setiap silinder adalah:

$$\text{Beda langkah} = \frac{720}{4} = 180^\circ$$

Berdasarkan perhitungan rumus tersebut, untuk silinder empat silinder dengan FO 1-2-4-3, maka contoh tabel *sequence* adalah sebagai berikut.

**Tabel 3.4** Tabel *sequence* untuk Empat Silinder

	0°	180°	360°	540°	720°
Silinder 1	<i>Intake</i>	<i>Compression</i>	<i>Power</i>	<i>Exhaust</i>	
Silinder 2	<i>Exhaust</i>	<i>Intake</i>	<i>Compression</i>	<i>Power</i>	
Silinder 3	<i>Compression</i>	<i>Power</i>	<i>Exhaust</i>	<i>Intake</i>	
Silinder 4	<i>Power</i>	<i>Exhaust</i>	<i>Intake</i>	<i>Compression</i>	





#### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian mampu secara mandiri membuat tabel *sequence* dari *engine* empat silinder dengan FO 1-3-4-2 dengan benar.

#### Langkah-Langkah

1. Buatlah tabel *sequence* untuk *engine* empat silinder berdasarkan rumus yang telah diberikan!
2. Perhatikanlah bahwa setiap langkahnya adalah 180° dengan FO 1-3-4-2.
3. Isian tabel *sequence* tabel 3.5 berikut!

**Tabel 3.5** Tabel *Sequence* Aktivitas Mandiri 3.3

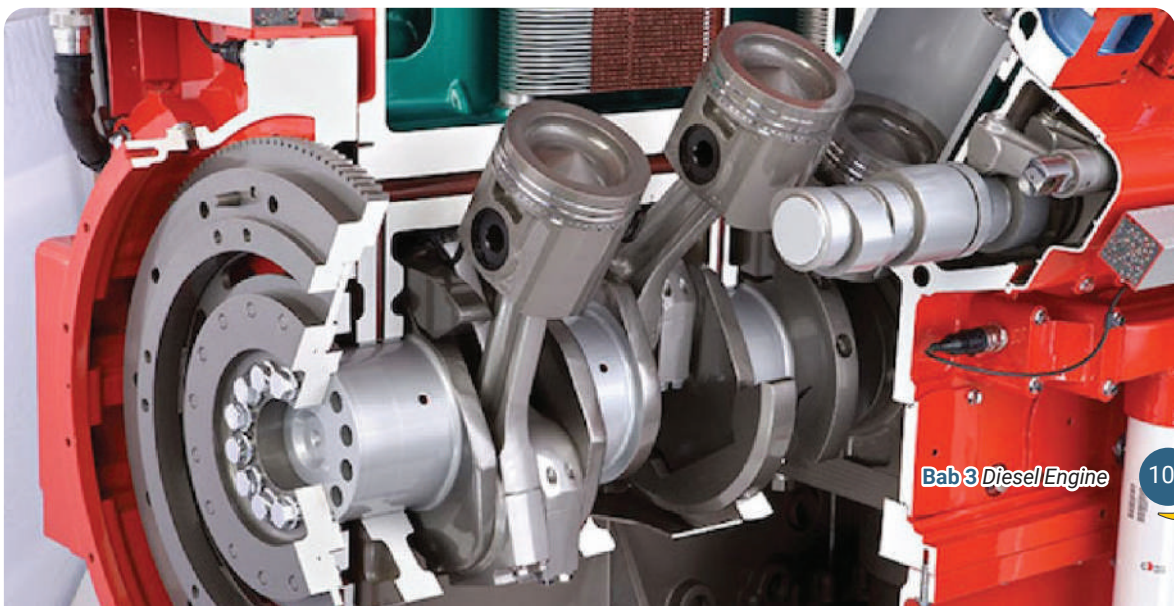
Silinder 1				
Silinder 2				
Silinder 3				
Silinder 4				

### 3. Komponen-Komponen Utama *Mechanical Power Build Up Engine*

Komponen utama *engine* terbagi menjadi beberapa bagian besar, yaitu *cylinder head*, *cylinder block*, dan *crankcase*. Masing-masing komponen besar ini terdapat komponen-komponen kecil di dalamnya yang menjadi satu kesatuan, pemilahannya dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut.

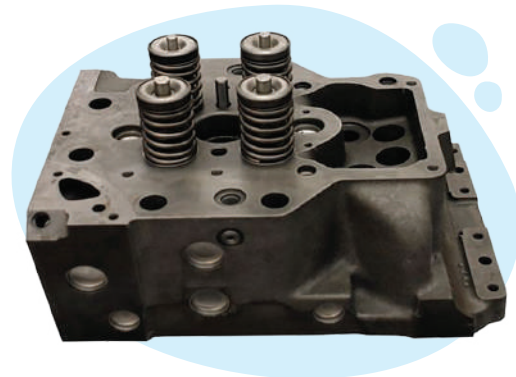
**Gambar 3.4** Komponen utama *engine*

Sumber: Cummin Inc./cummins.com/2016



### a. *Cylinder Head*

*Cylinder head* merupakan 1/3 bagian atas dari *engine*. Ibarat sebuah rumah, *cylinder head* menjadi atap dari rumah itu. Di atas *cylinder head body* dipasang *cylinder head cover* untuk melindungi komponen-komponen *valve mechanism* yang melekat di bagian atas *cylinder head*. *Cylinder head* dipasangkan dengan *cylinder block* di bagian bawahnya. Pada bagian tengahnya terdapat *gasket* sebagai perapat agar tidak terjadi kebocoran kompresi, kebocoran oli, dan kebocoran *coolant*. Pada *cylinder head* juga ditanamkan *injector* yang menembus ke *combustion chamber*.



**Gambar 3.5** Konstruksi *cylinder head*

Sumber: Caterpillar/cat.com

Lakukanlah aktivitas berikut secara berkelompok agar kalian lebih memahami tentang *cylinder head*.



### Aktivitas 3.4

#### Aktivitas Kelompok: Menjelaskan Fungsi dan Konstruksi *Cylinder Head*

#### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian mampu bekerja sama menjelaskan fungsi dan konstruksi dari *cylinder head*.

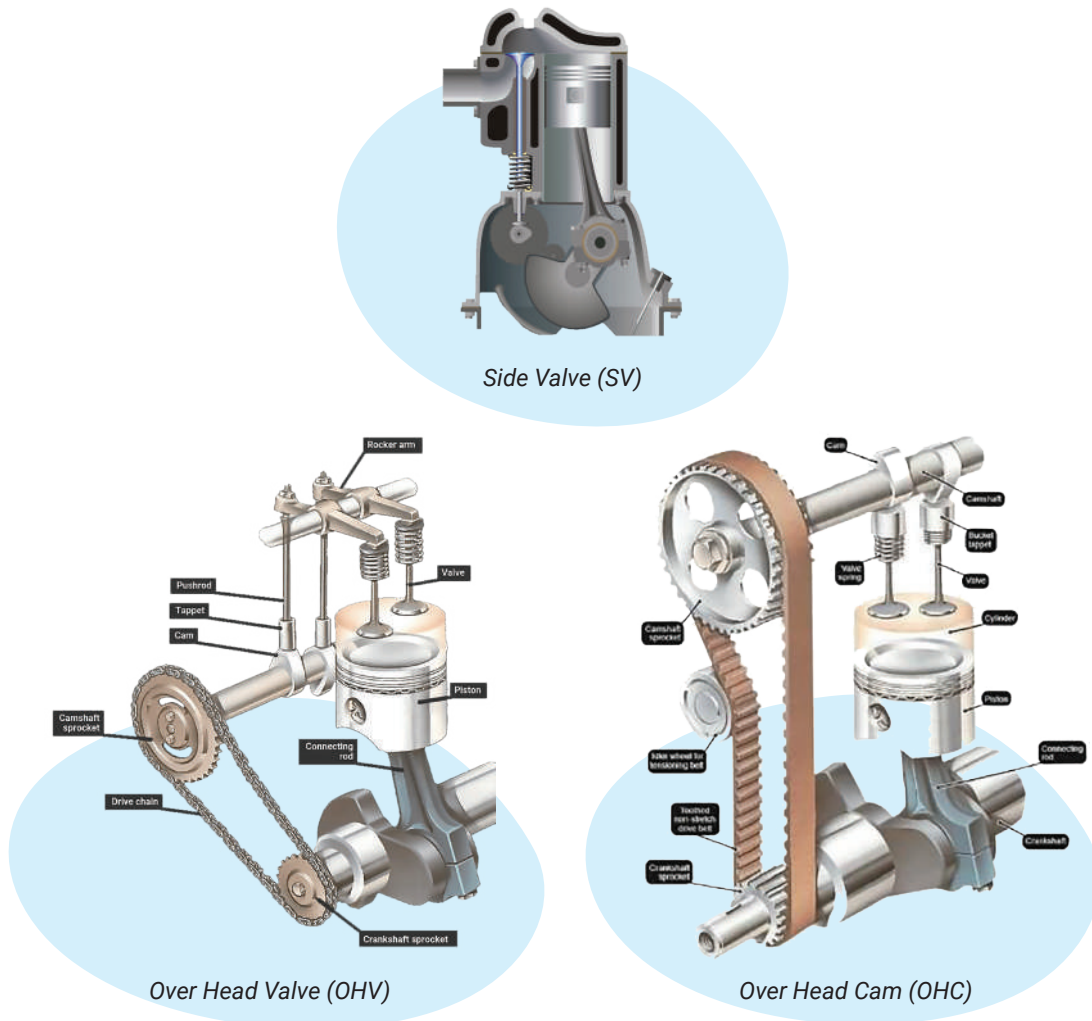
#### Langkah-Langkah

1. Bentuklah kelompok di kelas kalian yang beranggotakan tiga sampai lima siswa!
2. Diskusikan fungsi dari *cylinder head* berdasarkan penjelasan konstruksinya yang telah diberikan sebelumnya. Hal yang akan didiskusikan, sebagai berikut.
  - a. Sebagai tempat kedudukan komponen apa saja *cylinder head* itu?
  - b. *Cylinder head* digabungkan atau ditempelkan dengan *cylinder block*, medium apa saja yang mengalir dari *cylinder head* ke *cylinder block*?
  - c. Pada *cylinder head* terdapat *combustion chamber*, apa fungsi *combustion chamber*?
3. Catatlah hasil diskusi kelompok di buku tugas!



## 1) Valve Mechanism

Pada *cylinder head* terdapat *valve mechanism*, yakni *intake & exhaust valve & spring*, *rocker arm & shaft*, *push rod*, *valve lifter*, dan *camshaft*. *Valve mechanism* berfungsi untuk membuka dan menutup saluran masuk (*intake*) dan saluran keluar (*exhaust*). Selain itu, *valve mechanism* berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan hubungan dari luar *engine* (*intake manifold & exhaust manifold*) ke *combustion chamber*. *Valve mechanism* terbagi dalam tiga jenis, yaitu *side valve*, *overhead valve (OHV)*, dan *overhead camshaft (OHC)*.



**Gambar 3.6** Tipe-tipe konstruksi valve mechanism

Sumber: Bartłomiej Bulicz/commons.wikimedia/2012 dan howacarworks.com

*Side valve (SV)*, *over head valve (OHV)*, dan *over head cam (OHC)* memiliki karakteristik yang berbeda. Apakah karakteristik masing-masing tipe konstruksi *valve mechanism* itu? Lakukanlah aktivitas berikut agar kalian mengetahuinya.





### Aktivitas 3.5

### Aktivitas Kelompok: Menjelaskan Perbedaan Karakteristik Tipe Konstruksi *Valve Mechanism*

#### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian mampu bekerja sama menjelaskan perbedaan karakteristik SV, OHV, dan OHC pada *valve mechanism*.

#### Langkah-Langkah

1. Bentuklah kelompok di kelas kalian menjadi enam kelompok!
2. Diskusikanlah perbedaan karakteristik dari SV, OHV, dan OHC!
3. Lengkapilah tabel 3.5 untuk tiap kelompok!
4. Tuliskan hasil analisis diskusi kelompok di buku tugas!

**Tabel 3.6** Tugas Aktivitas 3.5

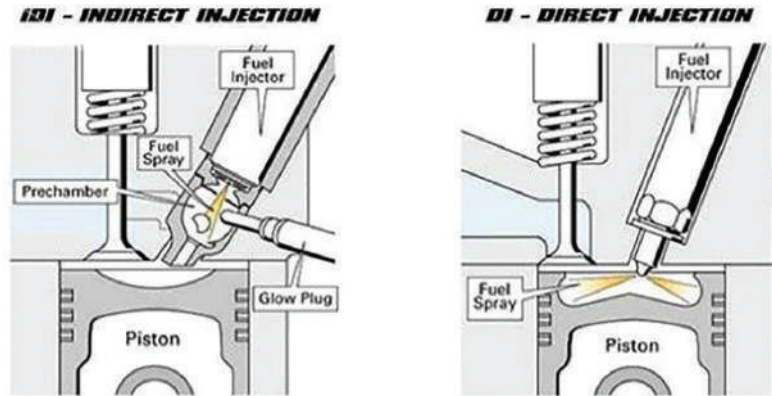
No.	Karakteristik	SV	OHV	OHC
1.	Penggerak <i>camshaft</i> Kelebihan/kekurangan	<i>Gear</i> : kuat dan tahan lama	<i>Gear/chain</i> : kuat dan tahan lama	<i>Belt</i> : mudah putus
2.	Arah aliran udara masuk Faktor gravitasi memengaruhi laju udara masuk	....	....	....
3.	Jumlah komponen	....	....	....
4.	Orientasi <i>output engine</i> (momen/kecepatan)	....	....	....
5.	Bobot/berat <i>engine</i>	....	....	....

#### 2) *Combustion Chamber*

Selain *valve mechanism* yang terdapat pada *cylinder head*, juga terdapat *combustion chamber* pada sisi bawah dari *cylinder head body* yang menghadap ke *cylinder block*. *Combustion chamber* berfungsi sebagai ruang terjadinya proses *compression*, *injection*, dan *burning*.



*Combustion chamber* mempunyai bentuk dan model-model yang beraneka. Bentuk dan model *combustion chamber* ini bergantung dari jenis penginjeksian bahan bakar pada *diesel engine*. Terdapat dua jenis *combustion chamber*, yaitu *direct injection system* dan *indirect injection system*.



**Gambar 3.7** Perbedaan *indirect injection* dan *direct injection*

Sumber: dieselhub.com

Pada *indirect injection*, *fuel* diinjeksikan ke *pre-chamber* terlebih dahulu sebelum akhirnya disalurkan ke *combustion chamber*. Kekurangan pada *pre-chamber*, saat *engine* pertama di-*start*, *pre-chamber* masih dingin, jadi diperlukan *glow plug* untuk memanaskan ruang *pre-chamber*. Terdapat dua tipe dari *indirect injection combustion chamber*, yaitu *auxiliary pre-combustion chamber* dan *swirl chamber*.



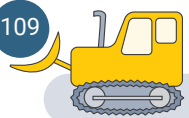
Jenis *auxiliary pre-combustion chamber*

Jenis *swirl chamber*

**Gambar 3.8** Jenis *combustion chamber* pada *indirect injection*

Sumber: researchgate.net.

Jenis *indirect injection* ini kemudian diperbaiki dengan adanya jenis *direct injection*. Pada *direct injection*, *injector* secara langsung menyemprotkan *fuel* ke ruang bakar. Ruang bakarnya sendiri adalah permukaan dari *piston* yang dibentuk menjadi *combustion chamber*.





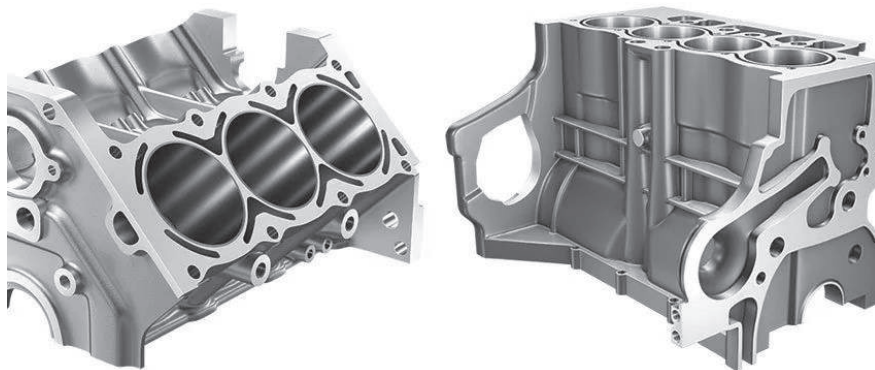
**Gambar 3.9** Direct combustion chamber type

Sumber: semanticscholar.org

Terdapat tiga jenis *direct combustion chamber*, yaitu *hemispherical type*, *toroidal type*, dan *shallow depth type*. Di sini permukaan atas *piston* (*piston crown*) dicoak membentuk *combustion chamber*, bentuk coakannya sesuai dengan tipe dari *combustion chamber*, seperti gambar 3.9.

### b. *Cylinder Block & Crankcase*

*Cylinder block & crankcase* menjadi satu bagian, merupakan komponen kedua yang utama pada *engine* setelah *cylinder head*. Pada *cylinder block & crankcase* terdapat lubang *liner*, saluran *coolant* atau *water jacket*, saluran oli, dan tempat beroperasinya beberapa komponen lainnya, seperti *piston*, *connecting rod*, *camshaft*, *oil pump*, dan *water pump*.



**Gambar 3.10** *Cylinder block*

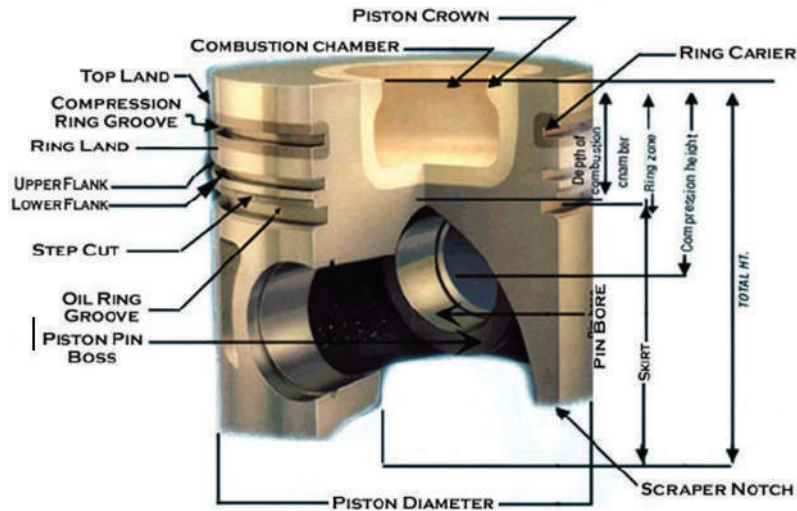
Sumber: sandvik.coromant.com

#### 1) *Piston*

*Piston* bergerak naik turun (*reciprocating*) di dalam lubang *cylinder liner*. *Piston* berfungsi menghasilkan kevakuman di bagian atasnya (*combustion chamber*) saat *intake stroke* dan menghasilkan tekanan kompresi saat *compression stroke*. Selain itu, *piston* berfungsi



menerima ekspansi panas hasil pembakaran saat *power stroke* dan terakhir mendorong gas buang saat *exhaust stroke*. *Piston* terdiri dari *ring piston*, *pin piston*, dan *piston crown* yang pada *direct injection system* terdapat *combustion chamber* pada bagian permukaan atas *piston*.



Gambar 3.11 Konstruksi piston

Sumber: enginefixuk.com

*Ring piston* terdiri dari ring kompresi (biasanya dua ring kompresi) pada bagian atas (nomor 1 dan 2) dan ring oli (nomor 3), seperti terlihat pada gambar 3.11. Fungsi dari piston, yaitu

- a) memindahkan gaya dari ekspansi panas pembakaran ke *connecting rod*, dan
- b) membantu mengonversi energi kimia menjadi energi mekanik.

## 2) *Cylinder Liner*

Umumnya konstruksi *cylinder diesel engine* memiliki *liner* yang dapat diganti untuk memudahkan merekondisikan *engine*. Material *liner* haruslah mampu menahan panas dan tekanan ekstrem yang dikembangkan pada bagian atas dari silinder. Pada waktu yang bersamaan *cylinder liner* harus dapat menyediakan *piston* dan *ring* untuk bergerak di dalamnya dengan gesekan yang minimum.

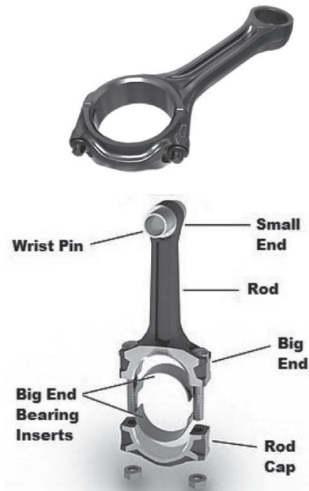
*Cylinder liners* terbagi dalam dua jenis, yaitu *dry* (kering) dan *wet* (basah). *Dry liner* tidak terhubung secara langsung dengan *coolant* pada *water jacket*. *Liner* terpasang dengan sangat rapat pada dinding lubang silindernya. Sementara itu, tipe *wet liner* terhubung langsung dengan *coolant* pada *water jacket*.



Gambar 3.12 *Wet cylinder liner*

Sumber: enginefixuk.com





**Gambar 3.13** Konstruksi connecting rod

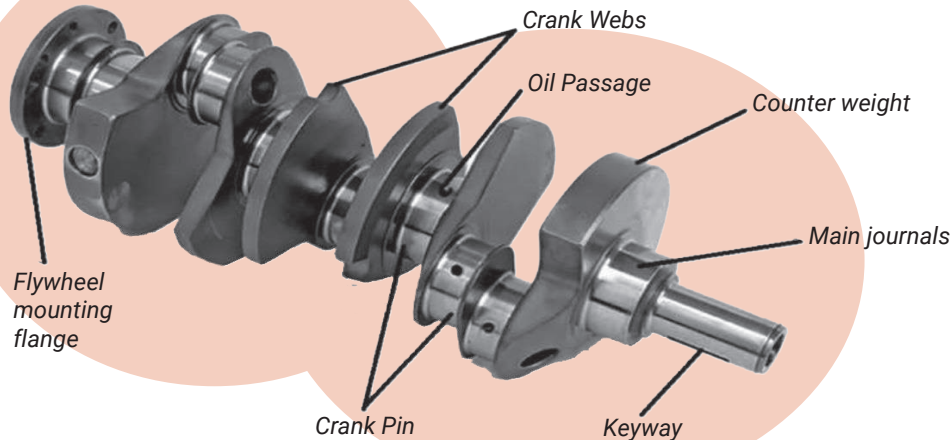
Sumber: parts.cat.com.

### 3) Connecting Rod

*Connecting rod* merupakan sebuah batangan yang menghubungkan *piston* dan *crankshaft*. *Connecting rod* berfungsi mengubah gerak bolak-balik (*reciprocating*) *piston* menjadi gerak putar (*cycling*) pada *crankshaft*. Konstruksi *connecting rod* terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian ujung yang terikat dengan *pin piston* (yang disebut *small end*), bagian batangnya disebut *rod*, dan bagian ujung yang terikat dengan *crankshaft* (yang disebut *big end*).

### 4) Crankshaft

Tenaga (*torque*) yang dihasilkan *engine* merupakan hasil gerak putar pada *crankshaft*. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa *crankshaft* merupakan komponen *output* dari sebuah *engine*. Tenaga putar dari *crankshaft* digunakan untuk berbagai macam keperluan nantinya.



**Gambar 3.14** Komponen utama crankshaft

Sumber: autoprotoway.com

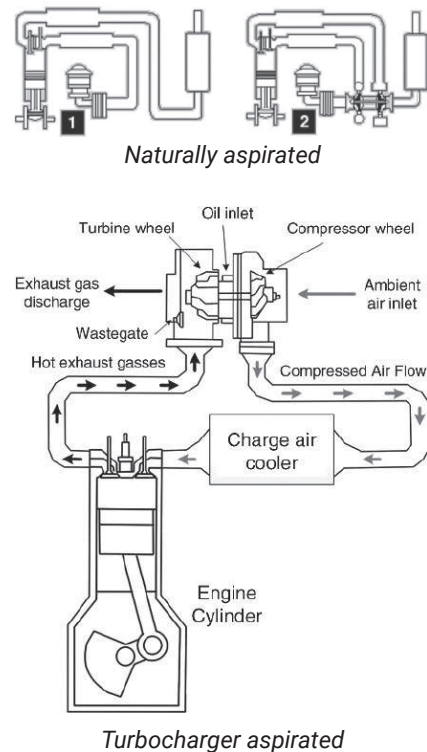
*Crankshaft* memiliki komponen utama. Komponen utama dari *crankshaft* terdiri dari *main journal*, *counterweight*, *flywheel mounting flange*, *crank pin*, *crank web*, *thrust washers*, dan *oil seal*.



## B. Air Intake dan Exhaust System

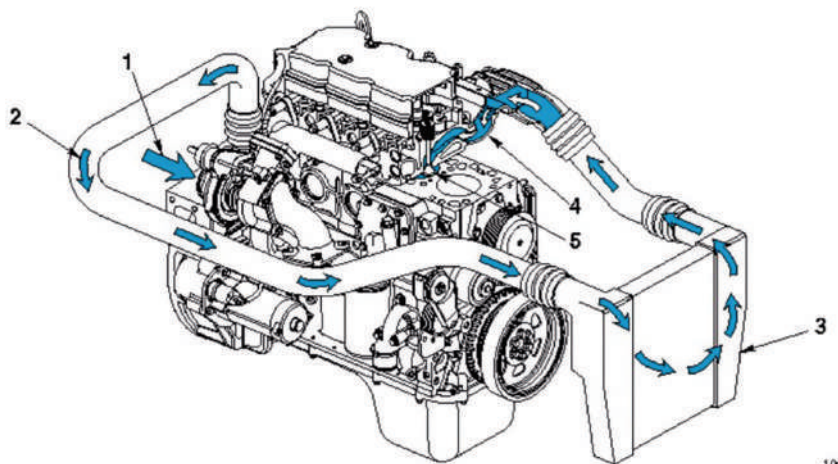
Berbeda dengan *gasoline engine* yang mana saat *intake stroke* yang diisap oleh *piston* adalah udara dan bahan bakar (bensin). Pada *diesel engine* saat *intake stroke* yang diisap adalah hanya udara saja. Selanjutnya, pada *compression stroke*, udara yang diisap dikompresi sehingga tekanan dan temperatur menjadi naik. Di akhir *compression stroke*, *fuel* diinjeksikan ke *combustion chamber* (ruang bakar). Di sini *fuel* terbakar dengan sendirinya karena tiga kondisi, yaitu tekanan kompresi yang sangat tinggi, temperatur yang sangat tinggi, dan *fuel* yang diinjeksikan sehingga menjadi kabut. Manajemen udara yang masuk ke *combustion chamber* ini dikelola oleh *air intake system*.

*Air intake* dan *exhaust system* terbagi menjadi dua jenis, yaitu *naturally aspirated* dan *turbocharger aspirated*. Pada *naturally aspirated*, udara diisap oleh kevakuman yang dihasilkan gerakan *piston* saat *intake stroke*. Pada *turbocharger aspirated*, udara diisap. Hal itu selain karena kevakuman yang dihasilkan gerakan *piston* saat *intake stroke*, juga ditambah isapan yang dihasilkan oleh *pump impeller* pada *turbocharger*.



Gambar 3.15 Air intake dan exhaust system

Sumber: researchgate.net



Gambar 3.16 Bagan air intake system dengan turbocharger

Sumber: Shop Manual 107E-1 series Engine, Komatsu, 2006, Printed in USA





### Aktivitas 3.6

### Aktivitas Kelompok: Menjelaskan Perbedaan Turbocharger dan Naturally Aspirated

#### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian mampu bekerja sama menjelaskan perbedaan *turbocharger* dan *naturally aspirated*.

#### Langkah-Langkah

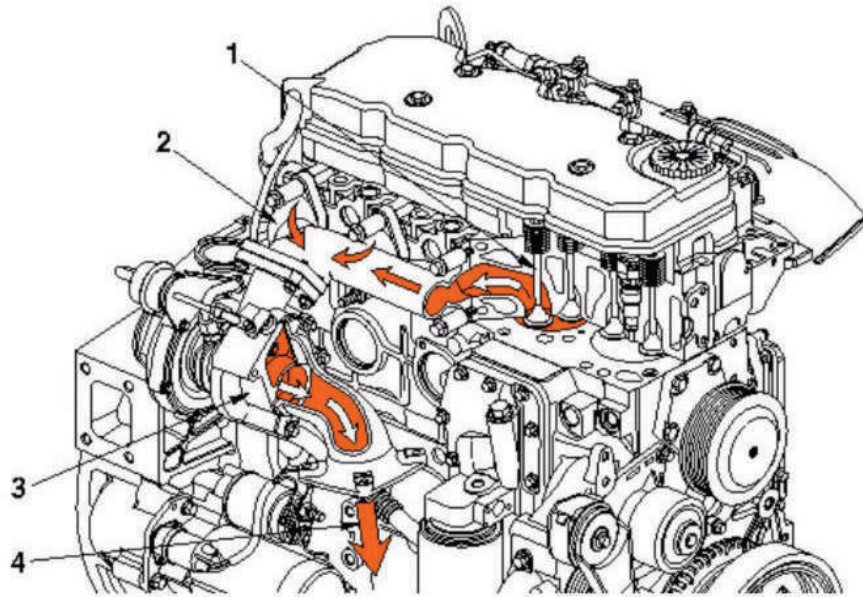
1. Bentuklah kelompok di kelas kalian yang beranggotakan lima siswa!
2. Diskusikan tentang mengenal perbedaan *air intake & exhaust system turbocharger* dan *naturally aspirated*!
3. Buatlah daftar materi diskusi sesuai tabel 3.6 dan tulislah di buku kerja masing-masing!
4. Presentasikan di depan kelas secara berkelompok!

**Tabel 3.7** Perbandingan *Turbocharger* dan *Naturally Aspirated*

No.	Butir Perbandingan	<i>Turbocharger</i>	<i>Naturally Aspirated</i>
1.	Komponen utama	..... ..... ..... .....	..... ..... ..... .....
2.	Keuntungan	..... ..... ..... .....	..... ..... ..... .....
3.	Kerugian	..... ..... ..... .....	..... ..... ..... .....



Komponen utama *air intake & exhaust system* pada kedua jenis pada dasarnya sama, hanya yang membedakan adalah tambahan komponen *turbocharger* saja. Komponen utama terdiri dari *pre cleaner*, *air cleaner*, *intake manifold*, *exhaust manifold*, *muffler*, dan *turbocharger*.

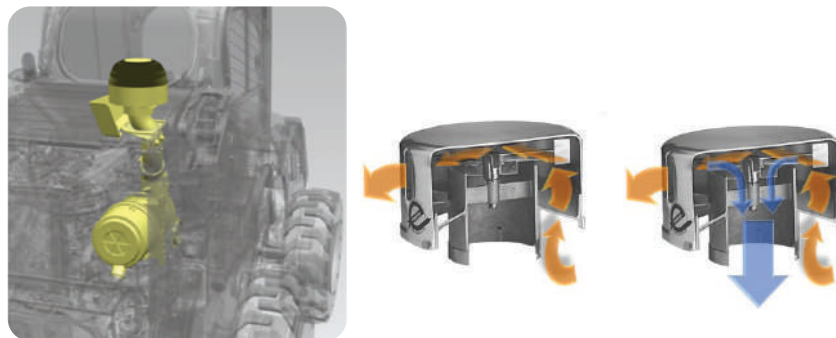


**Gambar 3.17** Aliran coolant pada water jacket

Sumber: Shop Manual 107E-1 series Engine , Komatsu, 2006, Printed in USA

## 1. Pre-cleaner

*Pre-cleaner* terletak di bagian awal dari saluran masuk udara pada *intake manifold* sebelum *air cleaner*. *Pre-cleaner* berfungsi menyaring kotoran yang dibawa oleh udara masuk ke *combustion chamber*. Saringan *pre-cleaner* ini sifatnya menyaring kotoran dengan partikel yang relatif besar.



**Gambar 3.18** Air pre-cleaner pada unit engine tractors dan cara kerja pre-cleaner.

Sumber: parts.cat.com; enginaire.com



## 2. Air Cleaner

*Air cleaner* sebagai filter udara masuk yang utama dari sebuah *engine*. Sebuah *air cleaner* mampu menyaring kotoran dengan ukuran partikel yang lebih kecil atau halus dibandingkan *pre-cleaner*. Pada *engine* alat berat, *air cleaner* biasanya terbagi menjadi dua elemen, yakni *inner element* dan *outer element*.



**Gambar 3.19** Inner and outer element dari air cleaner

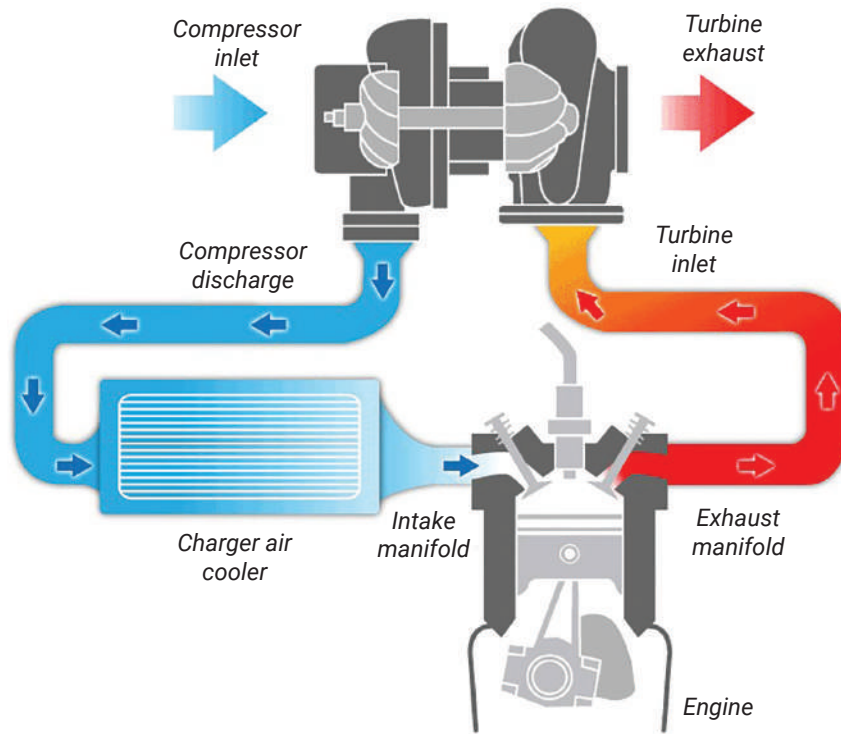
Sumber: trucksales.com.au

*Inner element* berfungsi untuk menahan kotoran dan kontaminan lainnya yang jatuh secara langsung ke *air intake system* dari *engine* saat *outer element* tidak mampu menahannya. Dengan kata lain, partikel-partikel kotoran yang kecil yang mampu melewati *outer element* di sini ditahan oleh *inner element*. Jadi, *outer element* dari *air cleaner* hanya mampu menahan partikel-partikel kotoran dan kontaminan yang relatif lebih besar saja.

## 3. Turbocharger

*Turbocharger* pada dasarnya adalah sebuah pompa yang digerakkan dengan memanfaatkan aliran gas buang dari *engine*. *Turbocharger* berfungsi untuk memaksimalkan udara yang masuk ke ruang bakar dengan jalan dipaksa masuk melalui isapan yang dihasilkan oleh bagian *compressor* (lihat gambar 3.20). Sebuah *intercooler* dipasang pada saluran masuk *intake manifold*, setelah *turbocharger* dan sebelum *intake valve*. Apa fungsi dari *intercooler*? Saat udara yang dipaksa masuk akan menghasilkan panas pada udara tersebut, hasilnya udara yang panas maka kerapatan udara menjadi renggang. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa volume udara yang masuk dengan adanya *turbocharger* ini menjadi sedikit. Adanya *intercooler*, udara panas tadi didinginkan. Dengan demikian, kerapatan udara menjadi kembali rapat atau dengan kata lain volume udara yang masuk menjadi meningkat kembali.

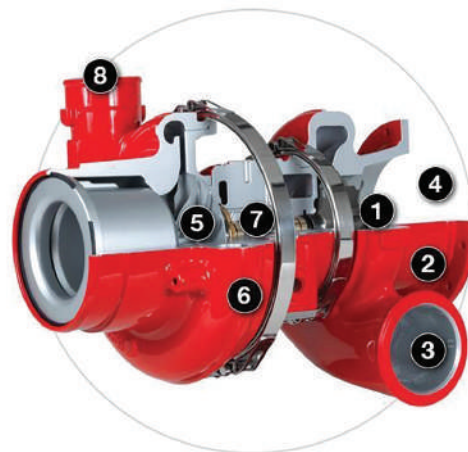




**Gambar 3.20** Turbocharger diagram working flow

Sumber: turbodynamics.co.uk

Komponen dari *turbocharger* dan konstruksinya dapat dilihat pada gambar 3.21. Komponennya terdiri dari: 1) *turbine wheel*, 2) *turbine housing*, 3) *exhaust gas inlet*, 4) *exhaust gas outlet*, 5) *compressor wheel*, 6) *compressor housing*, 7) *bearing*, dan 8) *compressed air outlet*.



**Gambar 3.21** Konstruksi turbocharger

Sumber: cummins.com.

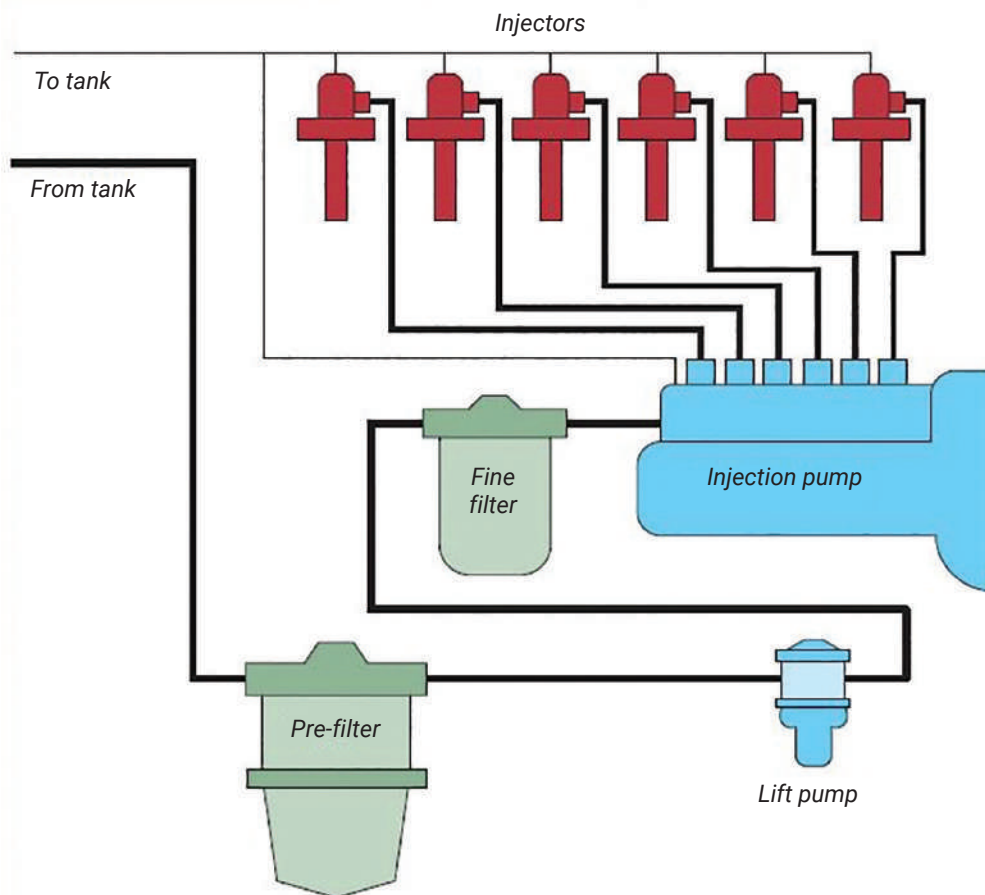


## C. Fuel Delivery System

Fuel delivery system berfungsi memberikan layanan penghantaran fuel ke combustion chamber dengan tekanan yang tinggi dan volume yang cukup disesuaikan dengan rpm (rotation per minute) dan load dari engine. Fuel delivery system terbagi menjadi beberapa jenis, dimulai dari conventional fuel delivery system, common rail, dan high pressure common rail (HPCR) system.

### 1. Mechanical Fuel Delivery System

Mechanical fuel delivery system menggunakan komponen-komponen yang digerakkan dan dikontrol secara mechanical. Komponennya terdiri dari fuel tank, fuel pump, fuel filter, fuel injection pump, fuel pipes, dan fuel injector.



Gambar 3.22 Conventional fuel delivery system

Sumber: engineeringstuff.co.in



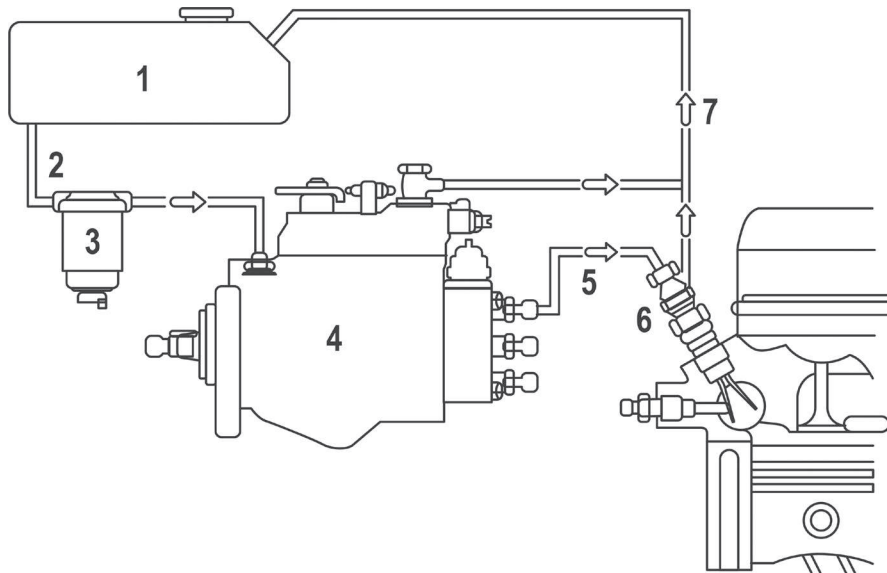


**Tujuan**

Pada aktivitas ini, kalian mampu secara mandiri dapat menggambar bagan *fuel delivery system* dan mengidentifikasi nama-nama komponen dari *fuel delivery system* dengan benar.

**Langkah-Langkah**

1. Perhatikan gambar 3.23!
2. Tuliskan nama-nama komponen sesuai penomoran pada gambar 3.23!
3. Salinlah gambar tersebut di buku kerja kalian!
4. Selanjutnya, buatlah tabel daftar nama dan fungsinya sesuai gambar!



**Gambar 3.23** *Fuel delivery system*

**Tabel 3.8** Nama-Nama Komponen *Fuel Delivery System*

No.	Nama Komponen	No.	Nama Komponen
1.		5.	
2.		6.	
3.		7.	
4.		8.	

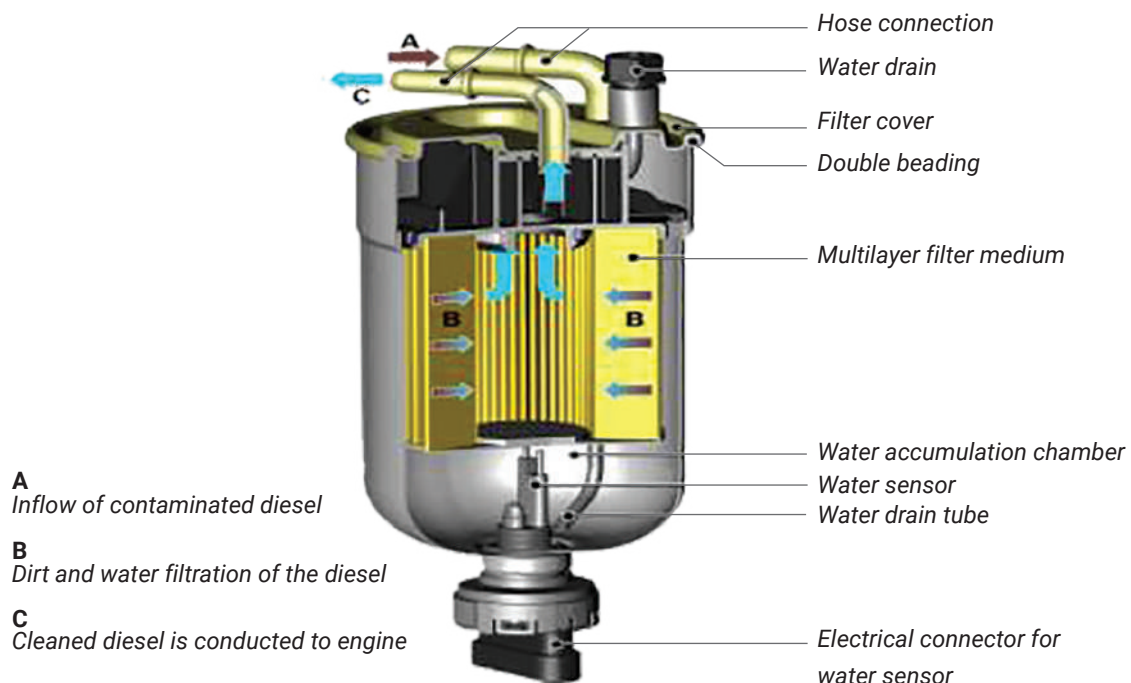


### a. Fuel Tank

*Fuel tank* berfungsi menampung *fuel* sementara waktu sebelum *fuel* digunakan diisap oleh *fuel pump* dan dikirimkan ke *fuel injection pump* dan injektor dengan tekanan yang tinggi. *Fuel* yang beredar dalam sistem ini harus dalam keadaan bersih terbebas dari kontaminan, *water*, dan udara palsu. Oleh karena itu, *fuel tank* harus memenuhi persyaratan seperti tidak mudah berkarat, memiliki pernapasan yang cukup, dan bersih. *Fuel tank* terdiri dari *fuel filter/strainer*, *air refreshing tube/ventilation*, *fuel level sensor*, *filler neck*, *tank walls*, dan *drain bolt*.

### b. Fuel Filter dan Water Sedimenter

*Fuel filter* berfungsi untuk menyaring kotoran dalam *fuel* agar tidak ikut terkirim ke dalam sistem. *Water sedimenter* berfungsi memisahkan *water* dengan *fuel* sehingga *water* tidak ikut terkirim ke dalam sistem.



Gambar 3.24 Fuel filter

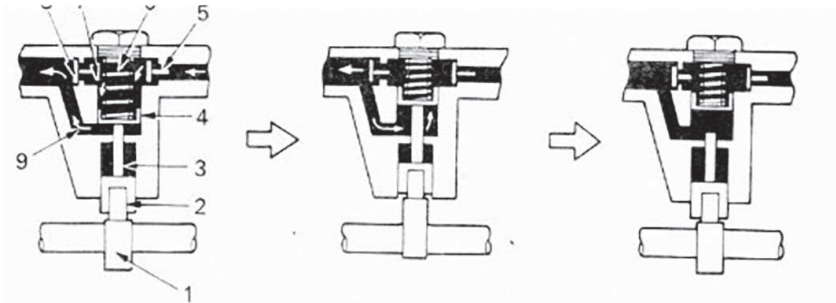
Sumber: engihub.com



### c. Feed Pump

*Feed pump* berfungsi mengisap *fuel* dari tangki untuk ditekan melalui *fuel filter* dan diteruskan ke *fuel injection pump*. Tekanan *feed pump* ini masih tergolong rendah karena fungsinya hanya mengangkat *fuel* dari tangki. *Feed pump* digerakkan oleh *engine* melalui mekanisme *cam* yang menjadi satu dengan *camshaft* pada *valve mechanism*.

1. Camshaft
2. Tappet roller
3. Push rod
4. Piston
5. Inlet valve
6. Piston spring
7. Pressure chamber
8. Pressure chamber



Gambar 3.25 Bagan kerja fuel feed pump

Sumber: Buku New Step 1 Training Manual Toyota, Jakarta, 2011

### d. Fuel Injection Pump

Pada jenis *mechanical fuel delivery*, terdapat dua tipe *fuel injection pump*, yaitu *in-line type* dan *rotary type*, seperti pada gambar 3.26 berikut.



In-line fuel injection pump



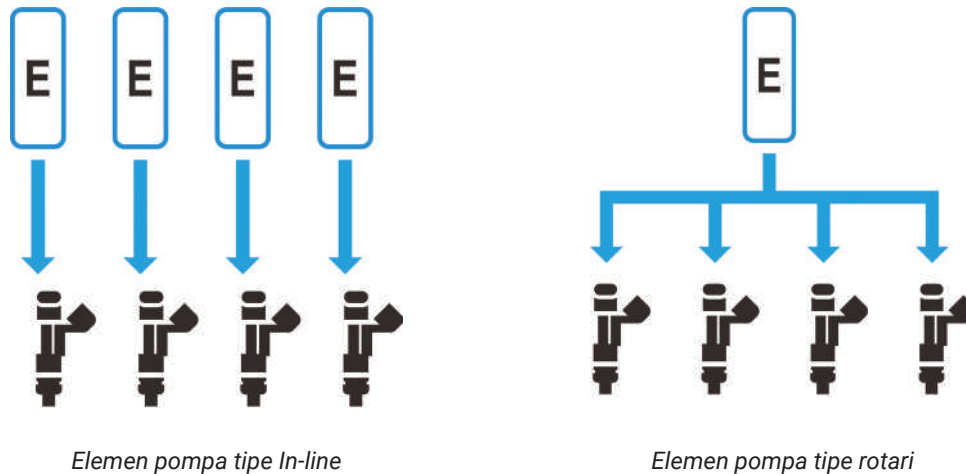
Rotary fuel injection pump

Gambar 3.26 Tipe fuel injection pump

Sumber: boschaftermarket.com



Pada *in-line type*, terdapat satu elemen pompa (E) di dalam FIP untuk melayani satu *injector*. Pada *rotary type*, terdapat satu elemen pompa (E) di dalam FIP untuk melayani semua *injector* pada *engine*, ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 3.27.



**Gambar 3.27** Bagan perbedaan elemen pompa FIP *in-line* dan rotari

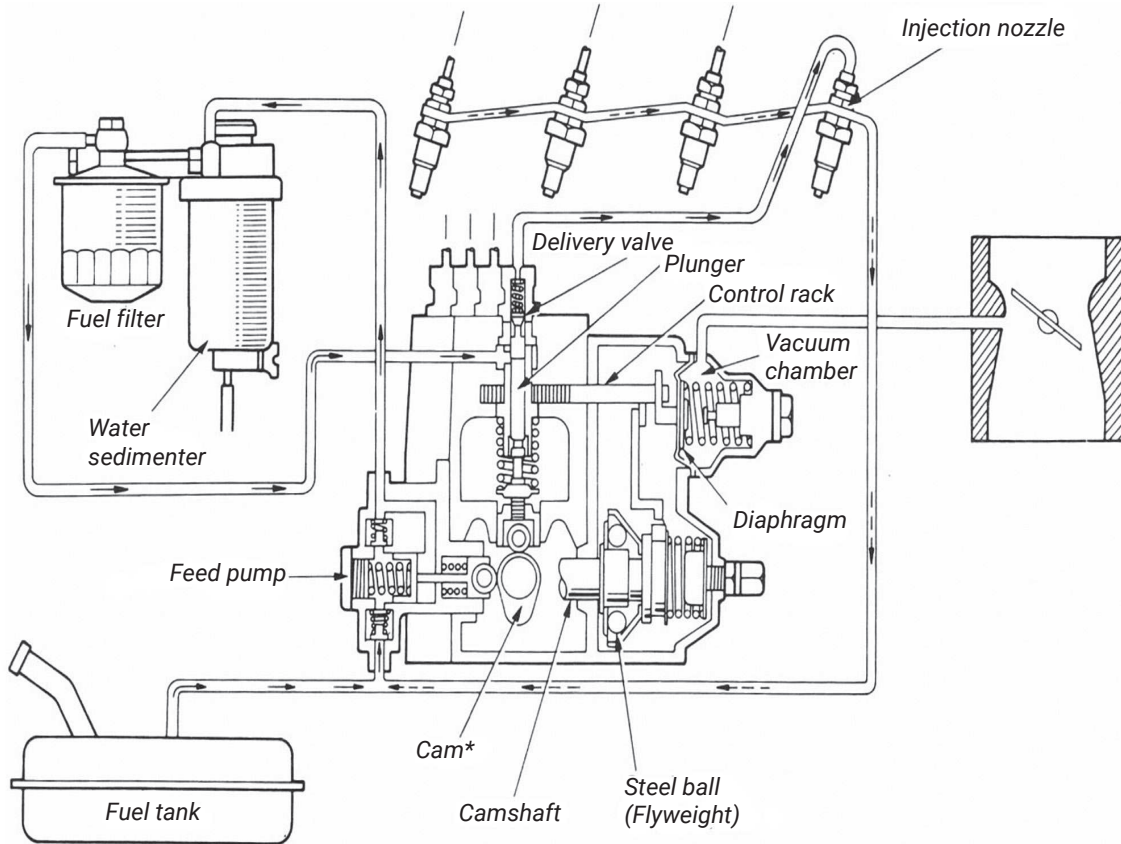
Cara kerja FIP tipe *in-line*, sebagai berikut.

1. *Fuel* diisap oleh *feed pump* dari dalam tangki.
2. Selanjutnya, *feed pump* menekan *fuel* ke *fuel injection pump* (FIP) melalui *fuel filter* dan *water sedimenter* (lihat gambar 3.28).
3. FIP memiliki elemen pompa (*plunger*) dan *cam* yang jumlahnya sama dengan jumlah silinder pada *engine*. *Camshaft* pada FIP berputar karena digerakkan oleh *crankshaft* melalui *drive belt*.
4. *Camshaft* pada FIP berputar, masing-masing *cam* menggerakkan *plunger* dan *plunger* bergerak sesuai dengan *firing order* (FO) dari *engine*.
5. Gerak lurus *reciprocal* (bolak-balik) dari *plunger* menekan *fuel* melalui *delivery valve*, mengalir melalui pipa tekanan tinggi menuju *injector*.

Pada FIP tipe *in-line* ini terdapat beberapa bagian, seperti *centrifugal governor* dan *vacuum advancer* (lihat gambar 3.28). Kontrol dari banyaknya *fuel* yang ditekan ke *injector/nozzle* dilakukan dengan menggeser *control rack* yang terhubung dengan pedal gas. Sementara itu, *control rack* terhubung pula dengan *centrifugal governor* dan *vacuum advancer*. *Centrifugal advancer* berfungsi ikut mengatur banyaknya *fuel* yang diinjeksikan *injector* berdasarkan gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh *flyweight* yang terlempar ke arah luar seiring kenaikan kecepatan dari *engine*. Di lain hal ada *vacuum advancer* yang juga memengaruhi gerakan *control rack* yang bekerja berdasarkan kevakuman yang dihasilkan dari *intake manifold*.



Dalam mematikan *engine*, di sini dilakukan fungsi dari *control rack* yang digerakkan ke arah akhir *fuel*. Nah, ini merupakan jawaban dari pengantar apersepsi di awal bab bahwa dalam mematikan *diesel engine* tidak menggunakan kunci kontak, tetapi menggunakan mekanisme kontrol suplai *fuel*, yakni *control rack* pada FIP.



**Gambar 3.28** Bagan kerja FIP tipe *in-line*

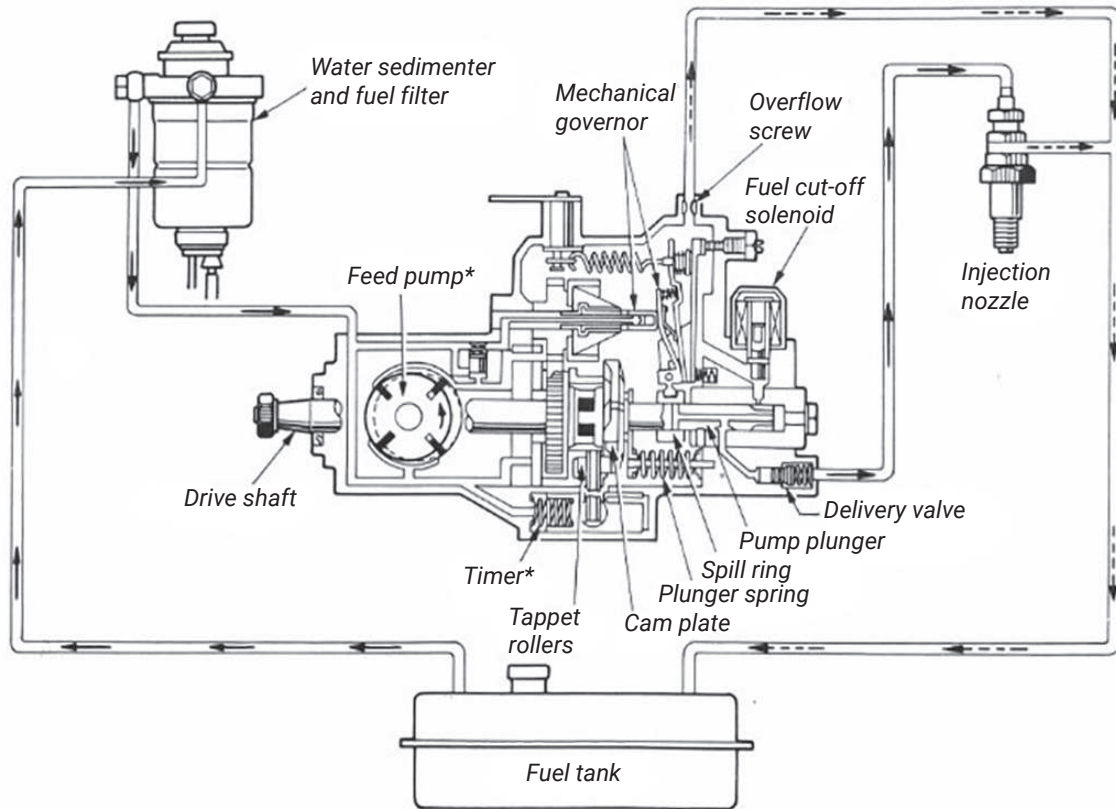
Sumber: Buku *New Step 1 Training Manual Toyota*, Jakarta, 2011

Cara kerja FIP tipe distributor, sebagai berikut.

1. *Fuel* diisap oleh *feed pump* dan ditekan ke *fuel injection pump*.
2. *Pump plunger* bekerja dan bergerak lurus bolak-balik dan dapat berputar berdasarkan gerakan dari *drive shaft*.
3. Gerak bolak-balik *plunger* meningkatkan tekanan *fuel* dan akhirnya menekan *fuel* melalui *delivery valve* menuju *injector*.
4. *Fuel injection timing* dikontrol oleh *pressure timer*. *Timer* sendiri dikontrol oleh tekanan pengiriman dari *feed pump*.
5. Posisi *tappet roller* yang diubah-ubah oleh *timer* untuk mengatur *injection timing*.



6. *Engine* akan mati jika injeksi *fuel* dihentikan. Pada saat *starter switch off*, arus mengalir ke *fuel cut-off solenoid* terputus dan menyebabkan saluran *fuel* tertutup oleh *solenoid plunger*. Dengan demikian, penginjeksian *fuel* akan berhenti dan *engine* mati.

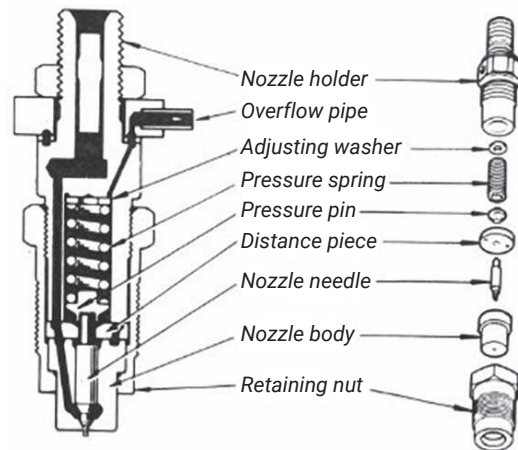


**Gambar 3.29** Bagan kerja FIP distributor

Sumber: Buku New Step 1 Training Manual Toyota, Jakarta, 2011

### e. Injector

*Injector* berfungsi sebagai alat untuk menyemprotkan *fuel* ke *combustion chamber* di akhir *compression stroke*. *Injector* terdiri dari *nozzle body* dan *needle*. *Nozzle* menyemprotkan *fuel* dari *fuel injection pump* ke *combustion chamber* dengan tekanan tertentu dan mengatomisasi *fuel* secara merata.



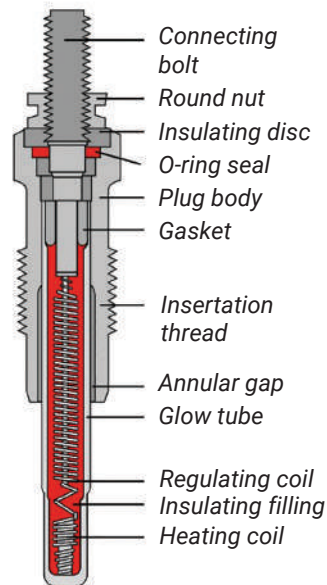
**Gambar 3.30** Injector

Sumber: Buku New Step 1 Training Manual Toyota/2011



## f. *Preheating System*

*Glow plug* dipasang di dalam *combustion chamber*, ditanamkan dalam *cylinder head*. Energi panas yang dihasilkan oleh *glow plug* didapatkan dari arus listrik *battery*. *Glow plug* berfungsi untuk memanaskan ruang *combustion chamber* saat *engine* masih dingin (saat *start*) sehingga *engine* mudah dihidupkan.



Gambar 3.31 Konstruksi *glow plug*

Sumber: [championautoparts.com](http://championautoparts.com)



### Aktivitas 3.8

### Aktivitas Kelompok: Menjelaskan Cara Kerja *Glow Plug*

#### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian mampu bekerja sama menjelaskan cara kerja dari *glow plug* dengan disertai pembuktian di lapangan.

#### Langkah-Langkah

1. Bentuklah kelompok di kelas kalian yang beranggotakan lima siswa!
2. Lakukanlah eksperimen berikut bersama anggota kelompok!
  - a. Siapkanlah masing-masing empat buah *glow plug*, dua kabel pendek dengan penjepit, dan *battery*.
  - b. Ukurlah tahanan tiap *glow plug*, kemudian lakukan pengujian *glow plug* dengan dibantu teman sebagai penjaga waktu (*timer*).



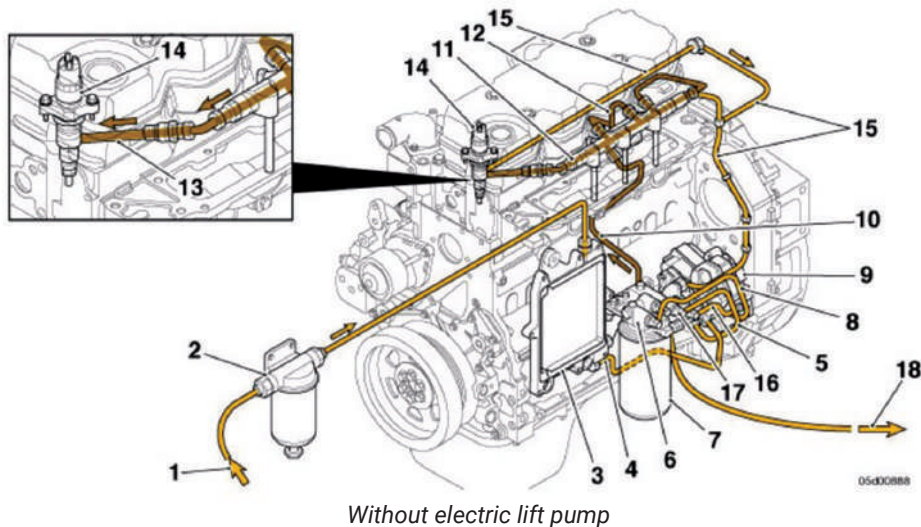
- c. Perhatikan dan catat berapa detik ujung *glow plug* memijar berwarna merah!
  - d. Lakukan hal yang sama pada keempat *glow plug* itu.
  - e. Ingat! Hati-hati dengan *glow plug* yang sudah memijar, jangan disentuh langsung karena bisa menyebabkan kecelakaan.
3. Catatlah data yang diperoleh dari pengukuran *glow plug* dalam tabel 3.8 berikut.

**Tabel 3.9** Pengukuran *Glow Plug*

<i>Glow Plug</i>	Tahanan (Ohm)	Lama Berpijar (Detik)
1		
2		
3		
4		

## 2. Electronic Control Fuel Delivery

*Fuel delivery modern mengacu pada common rail system* yang mana cara kerjanya hampir sama dengan sistem injeksi *common rail* pada *gasoline engine*. *Common rail injection (CRI)* merupakan sebuah sistem yang sederhananya menggunakan sebuah *rail* (pipa) yang terhubung ke *injector* tiap tiap silinder seperti dilustrasikan pada gambar 3.32 berikut.



**Gambar 3.32** Bagan fuel system common rail injection Komatsu E/G SAA6D107E

Sumber: Shop Manual 107E-1 series Engine, Komatsu, 2006, Printed in USA



**Keterangan gambar:**

- |                                 |   |   |
|---------------------------------|---|---|
| 1. Dari <i>supply tank</i>      | 9. <i>High pressure pump</i>  | 16. Saluran kembali dari <i>high pressure pump</i> ke <i>fuel filter head</i> |
| 2. <i>Water/fuel separator</i>  | 10. Ke <i>fuel rail</i>   | 17. <i>Fuel return manifold</i>   |
| 3. <i>ECM cooling plate</i>     | 11. <i>Fuel rail</i>  | 18. Ke <i>fuel supply tank</i>  |
| 4. Ke <i>fuel gear pump</i>     | 12. Ke <i>injector</i>  |   |
| 5. Ke <i>fuel filter</i>        | 13. <i>High-pressure connector</i>  |   |
| 6. <i>Fuel filter head</i>      | 14. <i>Injector</i>   |   |
| 7. <i>Fuel filter</i>           | 15. Saluran kembali dari injektor dan <i>fuel rail</i> ke <i>fuel filter head</i> |   |
| 8. Ke <i>high pressure pump</i> |   |   |

*High pressure common rail system* terdiri dari empat komponen utama, yaitu *fuel pump gear pump*, *high-pressure pump*, *fuel rail*, dan *injector*. *High pressure pump* mengirimkan *fuel* tekanan tinggi ke *fuel rail*. *Fuel* bertekanan tinggi terakumulasi di dalam *fuel rail*. Secara konstan *fuel* bertekanan tinggi disuplai ke *injector* oleh *fuel rail*. *Electronic control module (ECM)* mengontrol suplai *fuel* dan waktu penginjeksian *injector*.

*Fuel* pertama kali masuk ke *fuel filter*, di dalam *fuel filter* terdapat pemisah *water* (air) dan pada *filter* terdapat *hand priming pump*. *Fuel* kemudian melintasi *ECM cooling plate* (jika tersedia) dan kemudian mengalir ke *fuel pump gear pump*. *Fuel* bertekanan dari *gear pump* (tekanan 0,3–1,3 MPa/ 3,0–13,3 kg/cm<sup>2</sup>), *fuel* dikirimkan ke *fuel filter* sebelum masuk ke *high pressure fuel pump*. *Fuel* yang masuk ke *high pressure fuel pump* yang memberikan tekanan antara 25–180 MPa (255–1.837 kg/cm<sup>2</sup>) kemudian disuplai ke *fuel rail*. Tekanan *fuel* di dalam *fuel rail* diukur oleh *pressure sensor* yang digunakan *ECM* untuk menyetel *fuel output* dari *high-pressure pump*. Selain itu, di dalam *fuel rail* juga terdapat *relief valve* yang menjadi *safety valve* untuk membocorkan kelebihan *pressure* pada *fuel rail*.

### a. *Fuel Pump Gear Pump*

*Fuel pump tipe gear pump* merupakan pompa tekanan rendah yang biasa disebut *supply pump*. Sebagai contoh pada unit *engine* Komatsu SAA6D107E, *fuel pump gear pump* memiliki tekanan berkisar 0,3–1,3 MPa atau 3,0–13,3 kg/cm<sup>2</sup>. *Fuel pump gear pump* berfungsi menghantarkan *fuel* dari *fuel separator* ke *fuel filter* untuk menuju ke *high pressure pump*.

### b. *High Pressure Pump*

*High pressure pump* atau disebut juga *common rail fuel injection pump* adalah sebuah sistem penghantar *fuel* dengan tekanan tinggi yang modern pada *internal combustion engine*. *High pressure pump* dioperasikan untuk memberikan tekanan pada *fuel* (255–1.837 kg/cm<sup>2</sup>) dan kemudian mengantarkannya ke *injector* melalui *common rail*.



Gambar 3.33 *High pressure pump*

Sumber: liebherr.com



### c. Common Rail

*Common rail* berfungsi menyediakan *fuel* dengan *pressure stand by* bagi injektor-injektor. *Common rail* hanyalah sebuah batangan pipa yang terhubung dengan injektor-injektor melalui pipa dan pada *common rail* dipasangkan *flow damper* yang berfungsi untuk meredam adanya lonjakan *pressure*. Pada *rail* juga terdapat *pressure sensor* yang memberikan informasi besarnya tekanan di dalam *rail* untuk konsumsi ECM. Selain itu, terdapat *relief valve* yang mana *fuel* di dalam *rail* pada batas tekanan tertentu dibocorkan secara otomatis oleh *relief valve* ini.



Gambar 3.34 Common rail

Sumber: Cat.com

### d. Injector

*High pressure common rail fuel system* menggunakan solenoid yang mengaktifasi *injector*. *High pressure fuel* mengalir ke sisi dalam *injector*. Saat solenoid diaktifkan, *internal needle* terangkat dan *fuel* diinjeksikan. Celah pada lubang *nozzle* sangatlah kecil dan kotoran atau kontaminan apa pun dapat menyebabkan kerusakan pada *injector*. Oleh karena itu, kebersihan *fuel* sangat penting dan sambungan-sambungan di dalam sistem harus tetap terjaga.



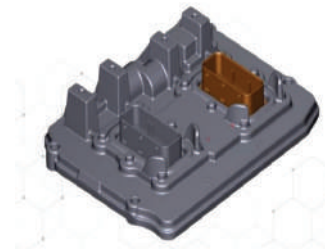
Gambar 3.35 Injector high pressure common rail

Sumber: boschaftermarket.com

### e. Electronic Control Module (ECM)

Pada rancangan *diesel engine* modern, ECM seperti *minicomputer* yang terdapat di jantung *engine*. ECM memastikan operasi *engine* yang halus (*smooth*) dengan memonitor dan mengoleksi data-data dari beberapa sensor yang dipasang di beberapa titik pada *engine*.

ECM berfungsi menerima (input) data informasi dari sensor-sensor (misalnya *crankshaft position sensor*), mengolah data, mengatur, dan mengelola *actuator* (*fuel pump* dan *injector*). Aliran data dari sensor-sensor memungkinkan ECM tidak hanya mengoptimalkan performa *engine* saja, tetapi juga menyetel parameter-parameter *critical*, seperti *fuel consumption* (konsumsi bahan bakar) dan *injection timing*. ECM juga menyediakan fasilitas diagnosis, yakni sebuah *tool* vital bagi mekanik atau teknisi untuk



Gambar 3.36 Electronic control modul (ECM)

Sumber: cummins.com

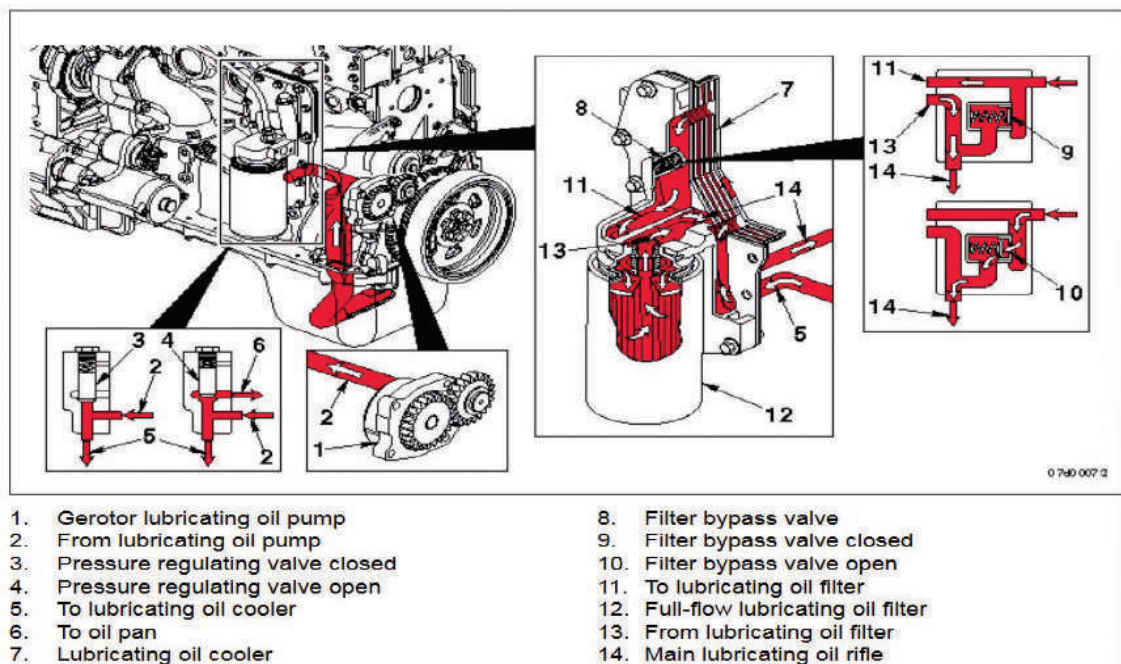


melakukan *preventative maintenance* atau *troubleshooting*, jika muncul kerusakan. Pada kondisi *engine* mengalami *malfunction*, ECM merekam sebuah kode kerusakan (*fault codes*) yang secara spesifik menunjuk pada masalahnya. Teknisi dapat mengakses kode-kode ini yang memberikan petunjuk kerusakan yang terjadi sehingga teknisi dapat terbantu dengan cepat dapat mengatasi dan memperbaiki kerusakan yang terjadi.

## D. Lubricating System

*Lubricating system* merupakan hal esensial yang diperlukan *engine* agar dapat *running* dalam keadaan *smooth* (halus gerakannya) dan mengurangi *noise* (halus suaranya), serta menjaga temperatur kerja *engine*. Fungsi dari *lubricating system*, yaitu

1. melumasi (*lubricating*) bagian bagian yang berputar, bergesekan, dan bertumbukan,
2. melarutkan kotoran (*dissolves dirt*), partikel-partikel logam yang terkikis dilarutkan oleh oli kemudian dihantarkan menuju *oil filter*,
3. mendinginkan (*cooling*), komponen yang bergerak dan bergesekan menjadi panas, oli yang mengalir dan menempel pada komponen-komponen itu menyerap panas dan membawanya kembali ke *fuel tank*, dan
4. merapatkan komponen-komponen yang longgar dengan membentuk *oil film*.



Gambar 3.37 Bagan *lubricating system*

Sumber: *Shop Manual 107E-1 series Engine*, Komatsu, 2006, Printed in USA



Komponen utama dari *lubricating system* adalah *oil tank*, *oil filter*, *oil pump*, *oil lines*, dan *oil pressure control valve*.

## 1. Oil Pump

*Oil pump* berfungsi mengisap oli dari *oil pan* atau karter, kemudian mendorongnya ke saluran-saluran yang menuju komponen-komponen yang dilumasi. *Oil pump* terdiri dari beberapa jenis, yaitu tipe *trochoid*, tipe *internal gear pump*, dan *external gear pump*. Tekanan yang dihasilkan *gear pump* berkisar 25–120 bar.

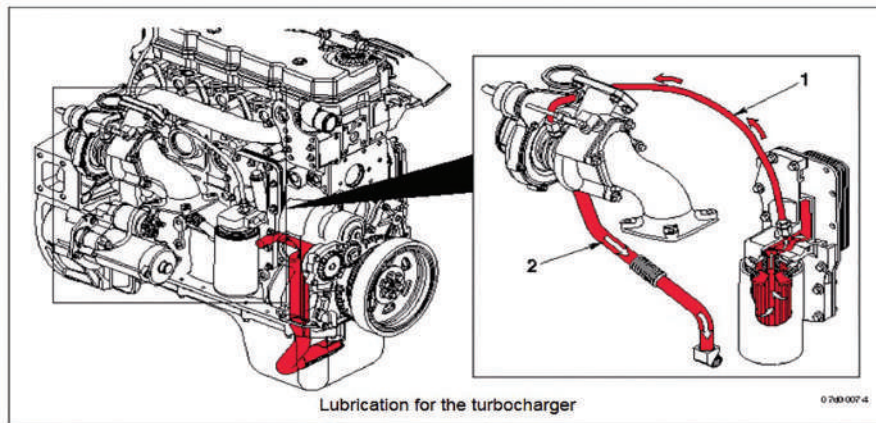


Gambar 3.38 Oil pump gear pump

Sumber: parts.cat.com.

## 2. Oil Filter

*Oil filter* berfungsi menyaring kotoran-kotoran yang dibawa oli setelah melewati komponen-komponen yang dilumasi. Hal itu karena terkikis atau aus yang mengakibatkan oli menjadi terkontaminasi dan mengandung partikel-partikel material bahan komponen. Setelah oli melalui *filter*, oli menjadi bersih kembali untuk dipompa menuju komponen-komponen yang akan dilumasi kembali.



1. Turbocharger lubricating oil supply
2. Turbocharger lubricating oil drain

Gambar 3.39 Aliran oli dari oil filter ke turbocharger

Sumber: Shop Manual 107E-1 series Engine, Komatsu, 2006, Printed in USA



### 3. Oil Cooler

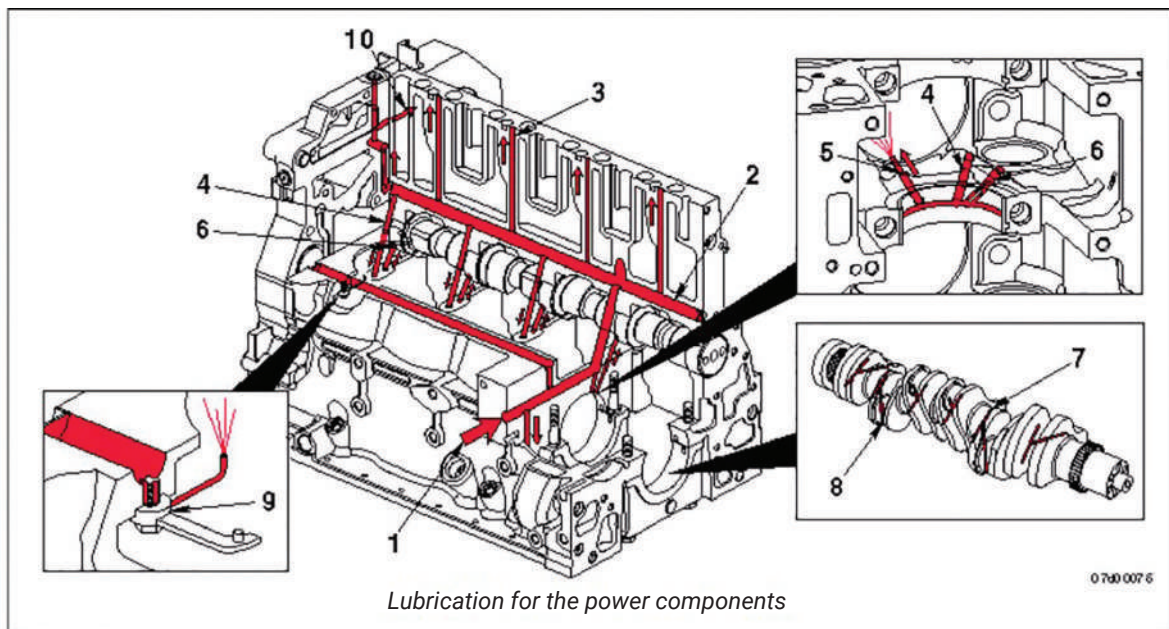
*Oil cooler* digunakan untuk mendinginkan oli yang beredar dalam *lubricating system*. Cara kerja dan bentuknya, seperti *radiator* pada *cooling system*.

Oli dari *oil cooler* ditekan ke komponen-komponen yang memerlukan pelumasan, seperti *crankshaft main journal*, *rod bearings*, dan *camshaft*. Selain itu, ada juga ke bagian *cooling nozzle* (nomor 9 pada gambar 3.41) yang berfungsi menyemprotkan oli ke bagian bawah dari *piston*.



Gambar 3.40 Engine oil cooler

Sumber: valutechinc.com



- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 1. From lubricating oil cooler     | 6. To camshaft                                |
| 2. Main lubricating oil rifle      | 7. Crankshaft main journal                    |
| 3. To valve train                  | 8. Oil supply to rod bearings                 |
| 4. From main lubricating oil rifle | 9. Directed piston-cooling nozzle             |
| 5. To piston-cooling nozzle        | 10. To internal lubrication of air compressor |

Gambar 3.41 Lubrication untuk komponen-komponen engine

Sumber: Shop Manual 107E-1 series Engine, Komatsu, 2006, Printed in USA

### 4. Oil atau Oli

Berbicara mengenai *lubricating system*, maka tidak lepas dari oli sebagai media yang mengalir di dalam sistem tersebut. Oli merupakan hal yang utama di dalam *lubricating system* dapat bekerja dengan baik pada sebuah *engine*. Untuk itu, perlu diketahui dan dipelajari karakteristik dan klasifikasi dari oli.



Klasifikasi yang pertama dari oli adalah viskositas oli. Viskositas oli atau *oil viscosity* adalah standardisasi yang ditetapkan berdasarkan angka yang menunjukkan kekentalan pelumas pada temperatur tertentu. Ada banyak lembaga standardisasi dunia yang mengatur mengenai viskositas oli. Lembaga yang paling populer adalah lembaga SAE (*Society of Automotive Engineering*). Pada SAE terdapat *grade* viskositas oli berdasarkan angka-angka. Misalnya, untuk SAE 10 lebih encer dibandingkan SAE 30 dan seterusnya. Pada kode viskositas oli ini terdapat dua jenis pengkodean, yaitu *single grade* dan *multi grade*, seperti contoh pada tabel 3.9 berikut ini.

**Tabel 3.10** *Single Grade dan Multi Grade Oil*

<i>Single Grade</i>	<i>Multi Grade</i>
SAE 40	SAE 15W 40

Pada oli jenis *multi grade*, contoh pada tabel 3.9 adalah SAE 15W 40, untuk viskositas oli yang utama adalah angka 40. Sementara itu, angka viskositas 15 di depan huruf W (*winter*) adalah angka viskositas yang kedua. Artinya, saat kita pakai oli untuk *engine*, maka yang kita perhatikan adalah angka 40 (pada tabel 3.9) sesuai dengan rekomendasi OMM, jadi bukan angka 15 (pada tabel 3.9) yang kita rujuk. Angka 15W itu pada oli *multi grade* SAE 15W 40 artinya adalah jika unit *engine* bekerja pada cuaca dingin (*winter*) maka oli akan menyesuaikan menjadi encer agar tidak membeku di cuaca dingin dan *engine* tetap dapat bekerja dengan baik.

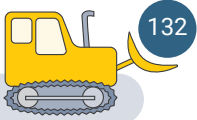
Item	Type
Engine oil pan	Engine oil EO15W40DH (Komatsu genuine parts)
Damper case	Powertrain oil TO30 (Komatsu genuine parts)
Swing machinery case	
Final drive case	
Hydraulic oil system	Powertrain oil TO10 (Komatsu genuine parts)
Radiator	Supercoolant AF-NAC (density: 30% or above) (Komatsu genuine parts)

**Gambar 3.42** Potongan informasi dari buku OMM PC 200–8 Halaman 4

Sumber: OMM PC 200–8 Halaman 4

Pada informasi dari buku *Operation & Maintenance Manual (OMM) PC 200–8* (gambar 3.42) memperlihatkan informasi oli *engine* EO15W40DH. Jadi, di sini viskositas dari *engine* oil yang dipakai adalah SAE 40.

Klasifikasi yang kedua dari oli adalah *API Service*, singkatan dari American Petroleum Institute. *API Service* merupakan pengodean mengenai derajat dari kualitas oli yang merujuk pada komposisi zat aditif yang ditambahkan pada oli itu. Untuk oli yang digunakan pada



*gasoline engine* kode dari *API Service* yang dipakai adalah huruf S (*Spark*). Sementara itu, pada *diesel engine* kode dari *API Service* yang digunakan adalah huruf C (*Compression*). Contoh klasifikasi dari *API Service* untuk kategori *diesel engine oil* yang dikutip dari laman [api.org](http://api.org) adalah pada tabel 3.10 berikut.

**Tabel 3.11** Klasifikasi *API Service Diesel Engine Oil*

Kategori	Status	Service
CK-4	Sekarang	API Service kategori CK-4 mendeskripsikan oli digunakan <i>diesel engine</i> 4 tak kecepatan tinggi dirancang tahun 2017 pada jalan raya dan Tier 4 di luar jalan raya. Oli ini diformulasi untuk digunakan pada semua aplikasi dengan <i>diesel fuel</i> kisaran kandungan sulfur hingga 500 ppm (0,05% dari beratnya).
CJ-4	Sekarang	API Service kategori CJ-4 mendeskripsikan oli digunakan <i>diesel engine</i> 4 tak kecepatan tinggi dirancang tahun 2010 pada jalan raya dan Tier 4 di luar jalan raya. Oli ini diformulasi untuk digunakan pada semua aplikasi dengan <i>diesel fuel</i> kisaran kandungan sulfur hingga 500 ppm (0,05% dari beratnya).
CI-4	Sekarang	Diperkenalkan pada 2002. Untuk kecepatan tinggi, <i>diesel engine</i> 4 tak dirancang untuk memenuhi peraturan emisi tahun 2004.
CH-4	Sekarang	Diperkenalkan tahun 1998. Untuk kecepatan tinggi, <i>diesel engine</i> 4 tak dirancang untuk memenuhi peraturan emisi tahun 1998.



### Aktivitas 3.9

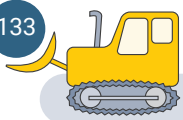
### Aktivitas Kelompok: Menjelaskan Klasifikasi Oli

#### Tujuan

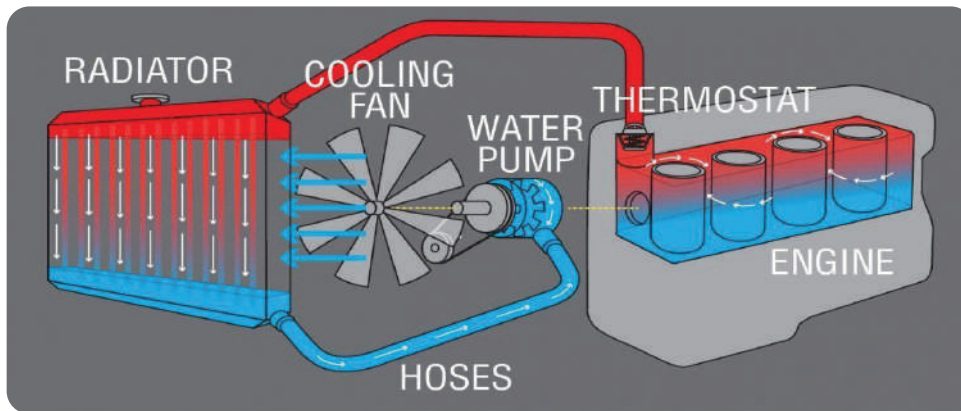
Pada aktivitas ini, kalian mampu bekerja sama menjelaskan klasifikasi oli dengan baik.

#### Langkah-Langkah

1. Bentuklah kelompok di kelas kalian yang beranggotakan lima orang!
2. Selanjutnya, kumpulkan data terkait oli pada stiker yang terdapat dalam kemasan oli, baik kemasan galon maupun kemasan drum oleh setiap kelompok!
3. Ambillah data yang berbeda dari masing-masing kelompok! Ada berbagai macam oli berdasarkan peruntukannya, antara lain, *engine oil*, *hydraulic oil*, dan *transmission gear oil*.
4. Diskusikan klasifikasi oli tersebut berdasarkan data stiker oli pada kemasannya!
5. Presentasikan di depan kelas!



## E. Cooling System



Gambar 3.43 Lay out cooling system pada engine

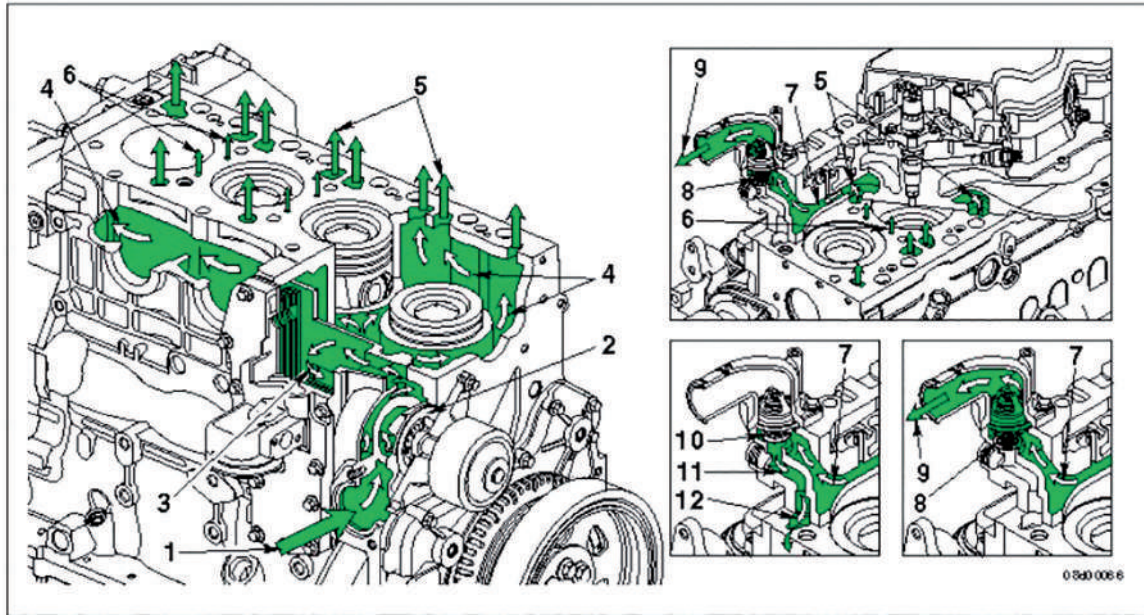
Sumber: tacomatruck.repair

Nama sistem ini *cooling system*, tetapi fungsinya bukan untuk mendinginkan material *engine*. Fungsi utama sistem tersebut adalah menjaga temperatur kerja *engine* agar tetap stabil (tidak terlalu panas dan tidak dingin). *Cooling system* merupakan sebuah sirkulasi *coolant* bertekanan yang memiliki komponen seperti *water pump*, *thermostat*, *cooling fan*, dan *radiator*.

*Cooling system* memiliki cara kerja tertentu. Apakah kalian sudah mengetahui cara kerjanya? Cara kerja *cooling system* sebagai berikut.

1. Saat *engine* dihidupkan, *coolant* di dalam *water jacket* dipompa dan disirkulasikan hanya di dalam *water jacket*. *Coolant* tidak bisa mengalir ke radiator dikarenakan salurannya ditutup oleh *thermostat*. Hal itu bertujuan agar temperatur *engine* dapat cepat meningkat dan mencapai temperatur kerjanya.
2. Saat *coolant* mencapai temperatur kerja ( $\pm 90^{\circ}\text{C}$ ), *valve* pada *thermostat* membuka dan membuat *coolant* dari *water jacket* ini dapat mengalir ke *upper tank radiator*.
3. Selanjutnya, *coolant* yang panas dari *upper tank radiator* mengalir turun melalui pipa-pipa kapiler pada radiator yang terhubung dengan sirip-sirip pendingin (*radiator fins*).
4. Saat *coolant* mengalir dengan lambat turun di pipa-pipa kapiler, udara diembuskan oleh kipas. Dengan demikian, *radiator fins* dapat melepaskan panas ke udara terbuka.
5. Begitulah kemudian *coolant* yang turun temperaturnya dan terkumpul di *radiator lower tank*. *Coolant* tersebut diisap oleh *water pump* dan masuk kembali ke *engine water jacket* untuk menyerap panas *engine* kembali.





- |  |  |
|--|--|
| 1. Coolant Inlet                                     | 7. Coolants flow to thermostat housing |
| 2. Pump Impeller                                     | 8. Coolant bypass passage              |
| 3. Coolant flow past lubricating oil cooler          | 9. Coolant flow back to radiator       |
| 4. Coolant flow past cylinders                       | 10. Bypass open                        |
| 5. Coolant flow from cylinder block to cylinder head | 11. Coolant bypass in cylinder head    |
| 6. Coolant flow between cylinders                    | 12. Coolant flow to water pump inlet   |

**Gambar 3.44** Flow diagram cooling system engine Komatsu SAA 6D107E

Sumber: Shop Manual 107E-1 series Engine , Komatsu, 2006, Printed in USA

## 1. Water Pump

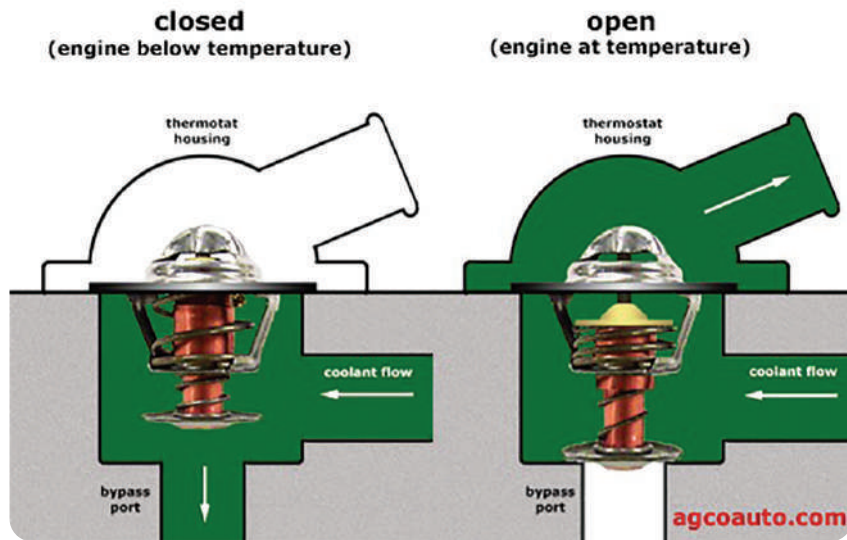
*Water pump* adalah sebuah *centrifugal impeller* dan digerakkan oleh *crankshaft* melalui *drive belt*. Umumnya, *water pump* merupakan jenis yang tidak dapat dibongkar sehingga jika terjadi kerusakan *water pump* harus diganti keseluruhan (*assembly*).

## 2. Thermostat

*Thermostat* adalah sebuah tipe *wax pellet* dengan sebuah *jiggle valve* dan dipasang pada *thermostat housing*. *Thermostat* berfungsi mempercepat tercapainya temperatur kerja *engine* sejak *engine* mulai dihidupkan dengan cara menutup jalan *coolant* yang menuju *radiator*.



Saat *coolant* sudah mencapai temperatur kerja *engine* (contoh 90°C), maka *valve thermostat* membuka. *Coolant* yang sudah panas tadi dapat mengalir ke *radiator* untuk didinginkan kembali.



Gambar 3.45 Cara kerja *thermostat*

Sumber: agcoauto.com



### Aktivitas 3.10

### Aktivitas Kelompok: Menjelaskan Cara Kerja *Thermostat*

#### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian mampu bekerja sama menjelaskan cara kerja *thermostat* berdasarkan bukti data yang didapatkan di lapangan.

#### Langkah-Langkah

1. Bentuklah kelompok di kelas kalian yang beranggotakan lima orang!
2. Lakukanlah eksperimen tentang cara kerja *thermostat* di dalam kelas atau laboratorium!
3. Langkah kerja eksperimen sebagai berikut.
  - a. Siapkanlah beberapa *thermostat*, kemudian rebuslah di dalam wajan berisi air!
  - b. Gunakanlah termometer dan *stopwatch* untuk melihat berapa lama *valve* pada *thermostat* membuka dan berapa panas derajat temperatur pembukaan *thermostat*!
  - c. Lakukanlah berkelompok dengan masing masing kelompok menggunakan bahan *thermostat* 3-4 jenis *thermostat* yang berbeda merek dan tipe.



4. Catatlah hasil pengamatan *thermostat* dengan mengisi tabel 3.11 berikut!

**Tabel 3.12** Hasil Pengamatan *Thermostat*

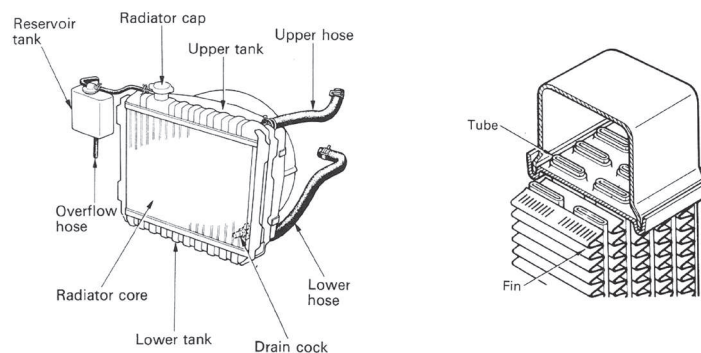
No.	Jenis <i>Thermostat</i>	Waktu Pembukaan (Detik)	Temperatur (Celcius)
1.	A		
2.	B		
3.	C		
4.	D		

### 3. Cooling Fan

*Cooling fan* merupakan kipas yang digerakkan oleh *crankshaft* melalui *fan belt* atau ada juga yang sudah menggunakan motor listrik untuk menggerakkannya. *Cooling fan* berfungsi mengembuskan udara ke arah *fins* (sirip pendingin) dari *radiator* untuk membuang panas pada *fin-fin* tersebut ke udara terbuka.

### 4. Radiator

*Radiator* adalah sebuah konfigurasi dua buah *tank* (*upper tank* dan *lower tank*) yang di antara kedua *tank* ini disusun pipa-pipa kapiler dengan sirip-sirip pendingin. Saat *coolant* yang panas dialirkan dari *engine water jacket* menuju *upper tank*, kemudian *coolant* panas ini mengalir turun melalui pipa-pipa kapiler yang mengalir dengan lambat (karena melalui pipa kapiler). Panas dari *coolant* diserap oleh *fins* (sirip-sirip pendingin). Selanjutnya, sirip-sirip pendingin didinginkan oleh embusan angin dari *cooling fan*. Akhirnya, *coolant* yang panas tadi menjadi dingin saat sampai di *lower tank* dan kemudian dialirkan kembali menuju *engine water jacket*.



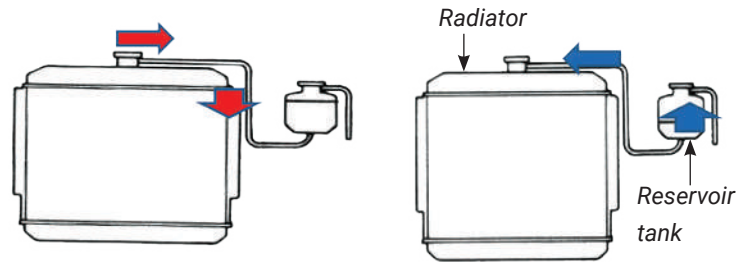
**Gambar 3.46** Konstruksi radiator

Sumber: Buku *New Step 1 Training Manual Toyota*, Jakarta, 2011



## 5. Radiator Cap

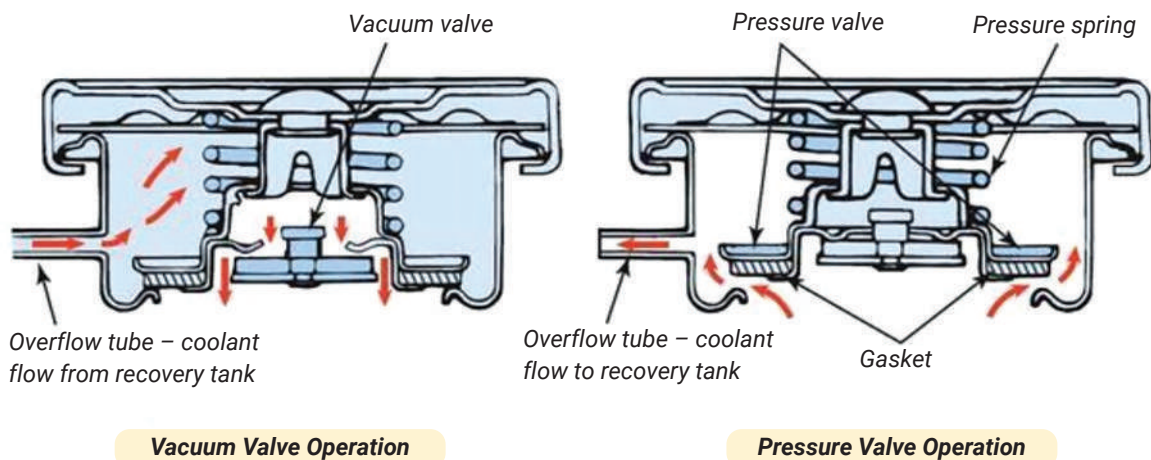
*Radiator cap* (tutup radiator) bukan sekedar tutup biasa, *radiator cap* dapat menutup dengan rapat dan memungkinkan *temperature coolant* hingga  $100^{\circ}\text{C}$  tanpa terjadi mendidih. Pada *radiator cap* terdapat *pressure valve* dan *vacuum valve*. Jika volume *coolant* bertambah saat temperatur naik, maka tekanannya juga akan bertambah. Jika tekanan naik mencapai  $0,3 - 1,0 \text{ kg/cm}^2$  pada  $110 - 120^{\circ}\text{C}$  *pressure valve* akan membuka dan membebaskan kelebihan tekanan melalui *overflow pipe*. *Coolant* didorong keluar masuk ke *reservoir tank*.



**Gambar 3.47** Kondisi coolant dalam keadaan panas dan keadaan dingin

Sumber: Buku New Step 1 Training Manual Toyota, Jakarta, 2011

Saat temperatur *coolant* menurun setelah *engine* dimatikan, maka ruang di dalam *radiator* akan membentuk ruang vakum. *Vacuum valve* akan membuka dan memungkinkan *coolant* di *reservoir tank* terisap masuk mengisi kekosongan di dalam *radiator*. Keluar dan kembalinya *coolant* dalam *radiator* ke *reservoir tank* mencegah terbuangnya *coolant* dan menjaga tetap stabilnya volume *coolant* dalam *radiator*.



**Gambar 3.48** Kerja vacuum valve dan pressure valve pada tutup radiator

Sumber: Buku New Step 1 Training Manual Toyota, Jakarta, 2011

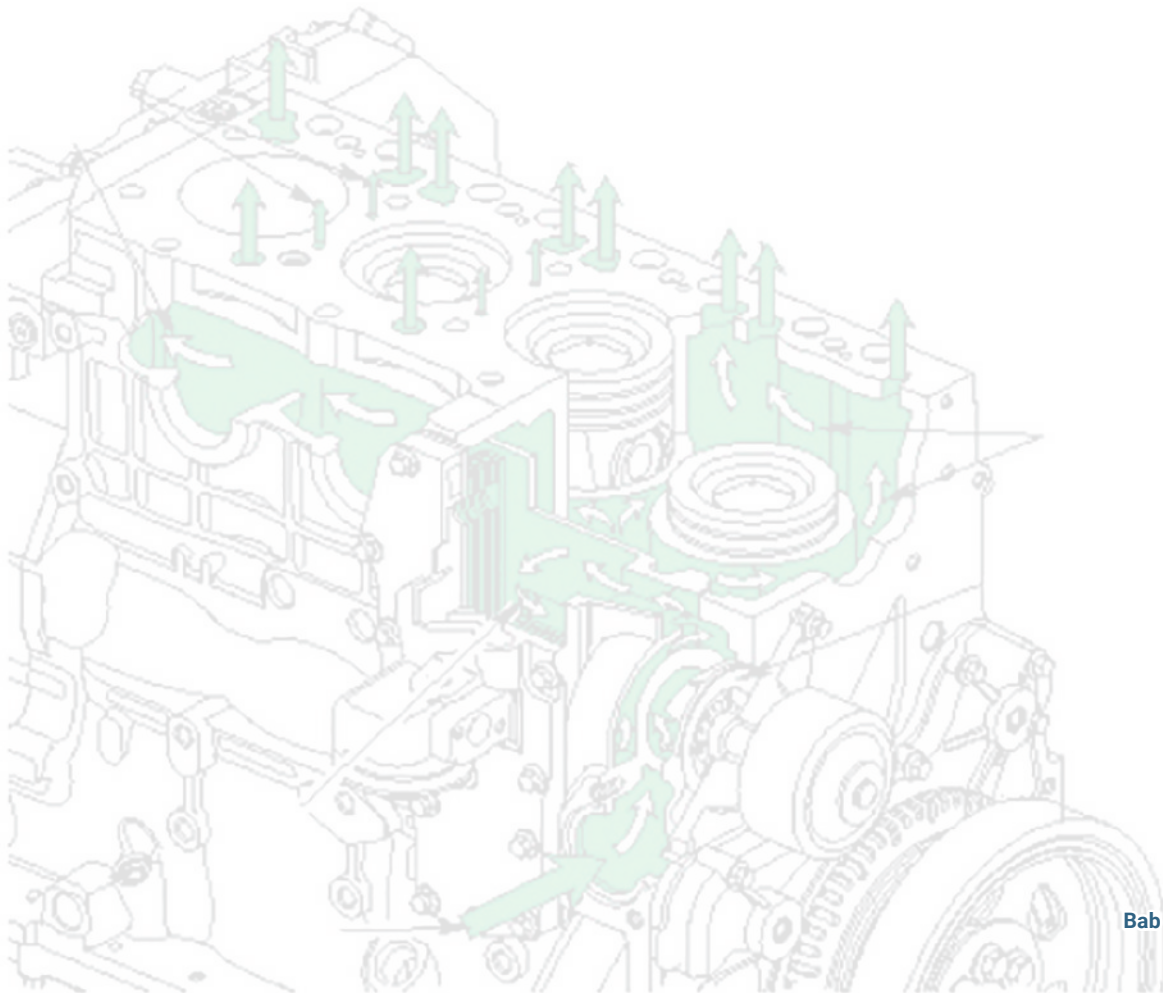




## Kasus Industri

Kasus-kasus yang terjadi pada *diesel engine* di industri, contohnya sebagai berikut.

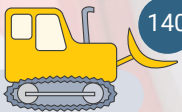
1. Kasus terjadi kerusakan berupa kebocoran oli, jika dibiarkan, lambat laun akan menyebabkan oli *engine* menjadi berkurang. Berkurangnya oli ini berdampak pada *lubricating system* yang tidak beroperasi dengan baik, gejala *overheating* dan *noise* pada *engine* dapat terjadi.
2. Kasus terjadi *air cleaner clogging* (buntu). Hal itu dapat terjadi karena kondisi area operasional unit alat berat yang sangat berdebu. Sementara itu, pemeriksaan yang dilakukan tidak intensif sehingga sempat terjadi kasus *air cleaner* menjadi buntu.
3. Kasus berkurangnya *coolant* pada *radiator*. Hal itu dapat terjadi karena terdapat kebocoran pada sambungan-sambungan *hose* dan terjadi kerusakan pada *radiator cap*. Hal tersebut dapat juga terjadi karena *coolant* yang diisi tidak sesuai dengan spesifikasi (misal diisi dengan air biasa) sehingga menyebabkan *coolant* cepat menguap dan berkurang pada *radiator*. Dampaknya, gejala *overheating* pada *engine* dapat terjadi.





**Jawablah pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!**

1. Sebutkan fungsi dari sistem berikut:
  - a. *mechanical power build up system*
  - b. *air intake and exhaust system*
  - c. *fuel system*
  - d. *lubricating system*
  - e. *cooling system*
2. Sebutkan masing-masing lima nama komponen berikut:
  - a. *mechanical power build up*
  - b. *air intake and exhaust system*
  - c. *fuel system*
  - d. *lubricating system*
  - e. *cooling system*
3. Jelaskan cara kerja siklus *diesel engine* 4 tak disertai gambarnya!
4. Sebutkan lima perbedaan *diesel engine* dengan *gasoline engine*!





## Refleksi

Setelah mempelajari Bab 3 ini, kalian tentu telah dapat menjelaskan tentang nama, fungsi, lokasi, struktur dan prinsip kerja sistem-sistem pada *engine*. Secara jujur kalian diminta untuk memberikan penilaian diri tentang tingkat pemahaman dan penguasaan dari materi pada Bab 3 ini dengan menjawab pertanyaan berikut.

1. Bagian subbab mana yang belum kalian kuasai/pahami, apa yang menjadi penyebabnya?
2. Bagian subbab mana yang kalian sukai untuk dipelajari, apa yang menjadi penyebabnya?
3. Bagian subbab mana yang kalian lambat dalam mencerna memahaminya, apa yang menjadi penyebabnya?

### Lembar Refleksi (Kerjakan di Buku Tugas Kalian)

Materi pembelajaran atau topik apakah yang menurut kalian sulit dipahami? Jelaskan.

1. ....
2. ....
3. ....
4. ....
5. ....

Materi pembelajaran atau topik apakah yang mudah kalian pahami? Tuliskan alasan kalian.

1. ....
2. ....
3. ....
4. ....
5. ....





## Pengayaan

Untuk menambah wawasan dan pengalaman kalian dalam mendalami Bab 3, kalian disarankan mencari berbagai referensi terkait *diesel engine* dalam buku manual unit alat berat. Kalian juga dapat belajar pada mekanik alat berat atau narasumber yang berpengalaman dalam teknik alat berat. Jika kalian mencari sumber dari internet, pastikan laman yang kalian gunakan merupakan laman resmi dan dapat dipercaya. Beberapa sumber referensi yang dapat kalian pelajari sebagai berikut.



1. Contoh 1 link video *diesel engine*
2. Contoh 2 link artikel *fuel diesel engine*
3. Contoh 3 buku *diesel engine online*
4. Contoh 4 link cara kerja *glow pug*

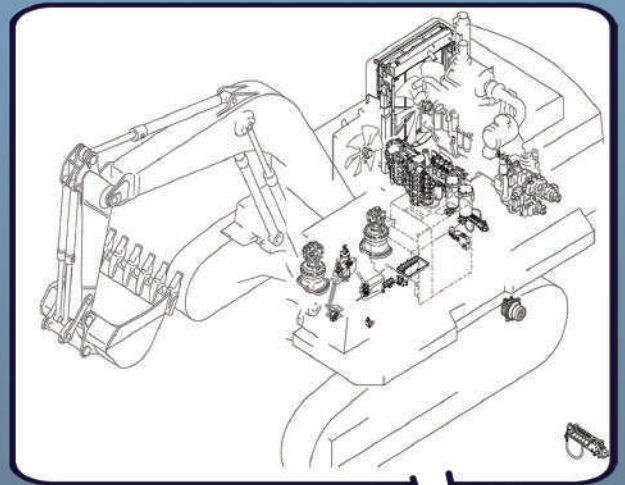


KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2024

Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XI

Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin

ISBN: 978-634-00-0174-7



Bab

4



# Hydraulic System Alat Berat



Apa pendapat kalian terkait *hydraulic system* yang mampu mentransmisikan tenaga dalam alat berat hanya menggunakan oli?

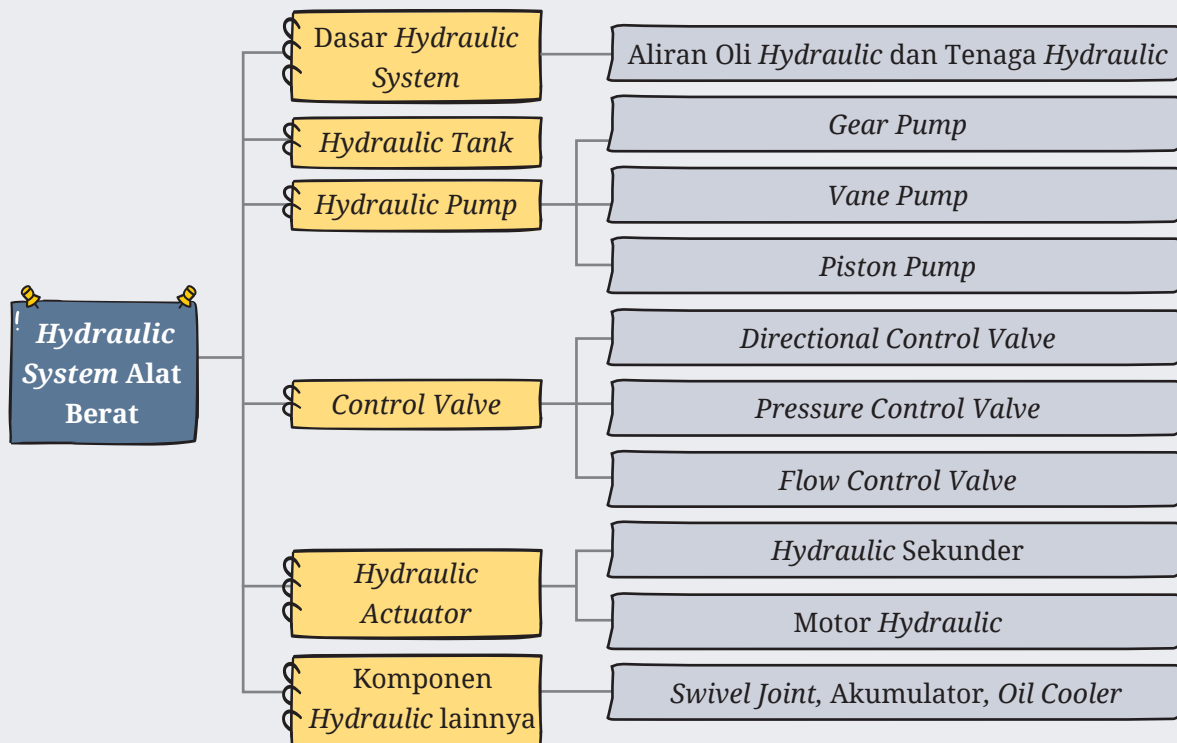


## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, kalian dapat mengidentifikasi dan menjelaskan aliran oli, tenaga *hydraulic*, jenis, fungsi, dan lokasi komponen-komponen *hydraulic*.



## Peta Materi



## Kata Kunci

- *hydraulic system*
- *hydraulic pump*
- *control valve*
- *hydraulic actuator*
- *hydraulic tank*



**Gambar 4.1** Berbagai alat berat untuk perbaikan jalan menggunakan sistem *hydraulic*.

Sumber: [macrovector/freepik.com/2020](https://www.freepik.com/2020)

Bayangkan kalian sedang berada di sebuah proyek perbaikan jalan. Kalian akan melihat alat-alat berat, seperti *excavator*, *bulldozer*, dan *crane*. Alat berat tersebut bekerja mengangkat dan memindahkan beban yang sangat berat dengan mudah. Apa yang membuat alat-alat berat tersebut mampu melakukan pekerjaan yang sulit menjadi sangat mudah?

Berbagai pekerjaan memerlukan tenaga besar, seperti pengangkatan dan pemindahan material serta pengencangan *bolt* ukuran besar. Pekerjaan tersebut dilakukan menggunakan tenaga *hydraulic* (*hytorq*) dengan memanfaatkan energi kinetik oli. Penggunaan tenaga *hydraulic* sangat efektif, tetapi sistemnya rumit. Oleh karena itu, seorang mekanik perlu menguasai dasar *hydraulic system*. Pada bab ini, kalian akan mempelajari dasar sistem *hydraulic* sebagai bekal untuk terjun ke dunia kerja di bidang alat berat. Kalian akan mengenal jenis, fungsi, dan lokasi dari komponen-komponen *hydraulic* yang digunakan pada alat berat.

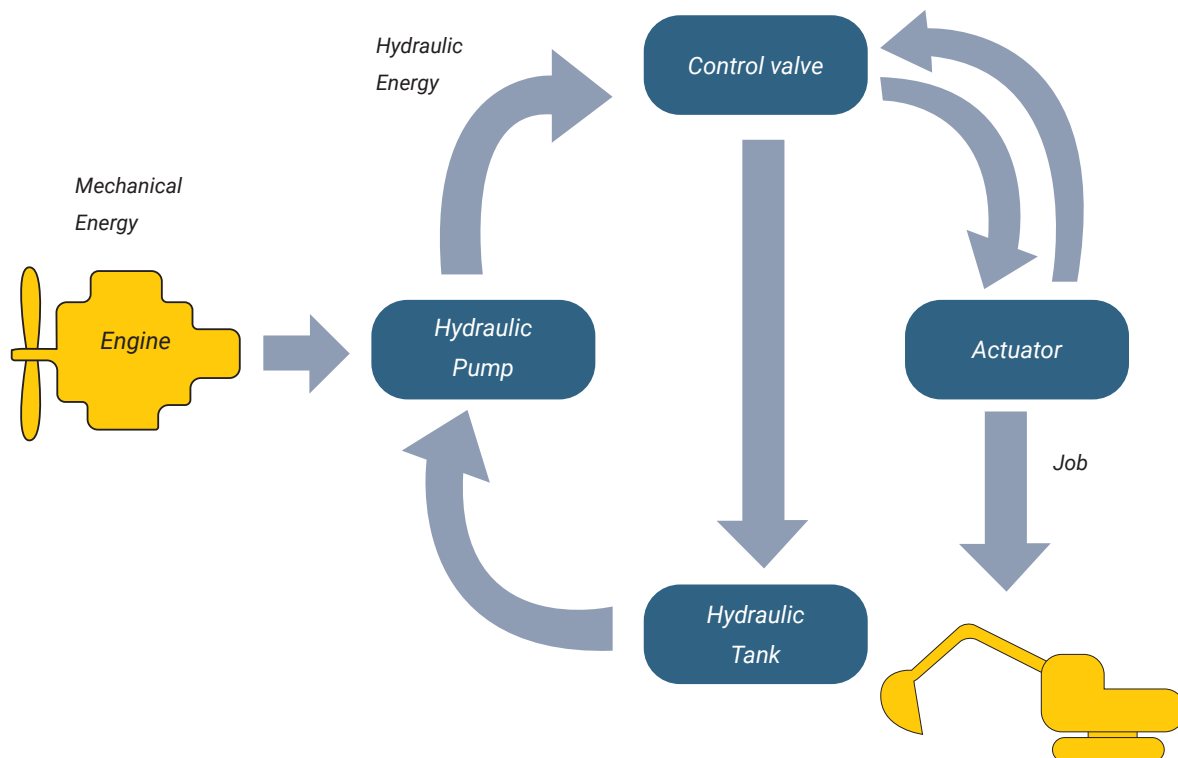


## A. Dasar Sistem Hydraulic

Pada subbab ini kalian akan mempelajari tentang dasar *hydraulic system* yang meliputi aliran oli *hydraulic* dan tenaga *hydraulic*. Bagaimana cara kerja sistem aliran oli *hydraulic* tersebut? Apakah yang dimaksud dengan tenaga *hydraulic*? Kalian dapat mengetahui jawabannya dengan menyimak uraian berikut ini.

### 1. Aliran Oli Hydraulic

Aliran oli pada sistem *hydraulic* secara umum dapat diilustrasikan pada gambar 4.2. *Engine* yang menghasilkan energi mekanis guna mempekerjakan pompa *hydraulic* (*hydraulic pump*) yang mengubah energi mekanis mesin menjadi energi kinetis *hydraulic* yang arah, laju aliran, dan tekanan oli dikendalikan oleh katup kontrol (*control valve*), dilanjutkan ke aktuator yang berupa *hydraulic cylinder* dan *hydraulic motor* untuk mengubah energi kinetik *hydraulic* menjadi energi mekanis. Selain itu, ada *hydraulic tank* yang berfungsi sebagai radiasi panas, menjaga tekanan isap pompa, mengompensasi level oli *hydraulic* saat terjadi kebocoran oli dan menghilangkan gelembung.



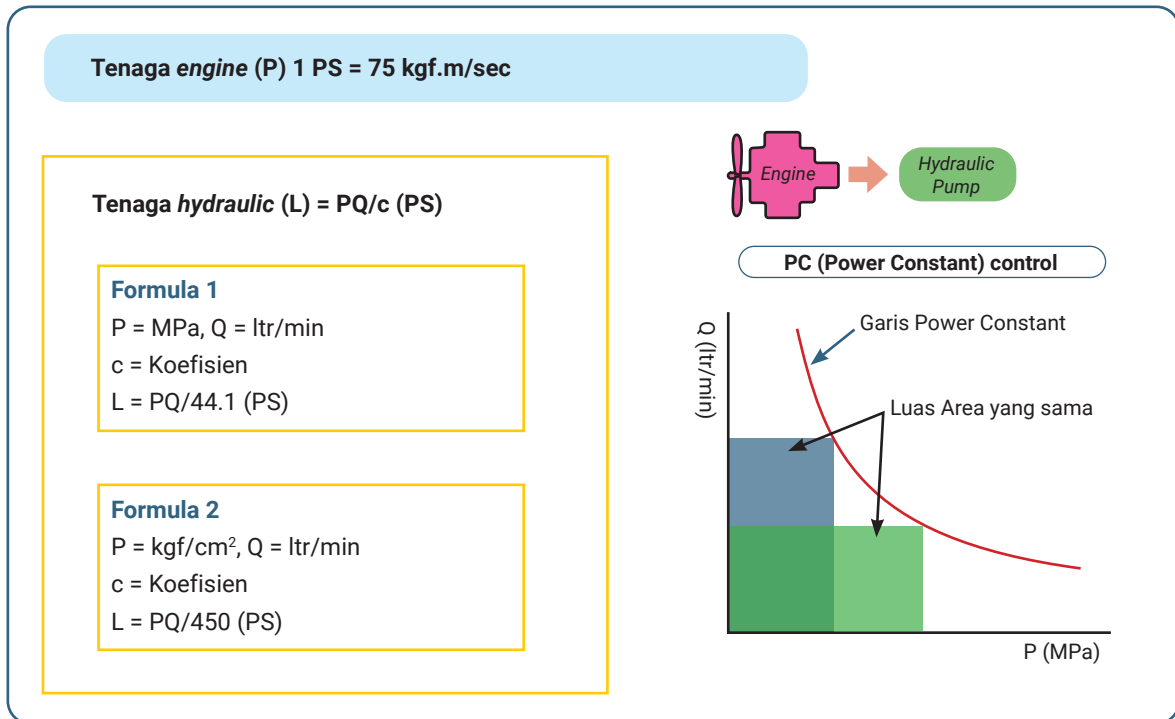
Gambar 4.2 Aliran oil hydraulic



## 2. Tenaga Hydraulic

Tenaga *hydraulic* didapatkan dari perkalian antara tekanan (P) dan debit/flow rate (Q) dibagi dengan koefisien (c). Apabila satuan tekanan menggunakan Mega Pascal (Mpa), koefisien yang digunakan 44,1. Sementara itu, tekanan yang digunakan dengan satuan kg/cm<sup>2</sup> maka koefisien menjadi 450. Formula ini dapat dilihat pada gambar 4.3.

Nilai 1 PS = 75 kgm/sec = 0,986 HP = 0,736 kW.



Gambar 4.3 Formula tenaga hydraulic

Tenaga yang diserap oleh pompa *hydraulic* harus lebih kecil dari tenaga yang dihasilkan oleh *engine*. Jika tenaga yang diserap lebih besar, *hydraulic pump* tidak akan berfungsi. Dalam kasus pompa piston *variable displacement*, *power constant* (PC) sebagai kendali dalam peningkatan efisiensi pemakaian bahan bakar. Pada gambar 4.3, luas area warna hijau dan biru sama. Hal itu berarti daya pada warna hijau dan daya warna biru sama besarnya. Jika tekanan (P) menjadi besar seperti warna hijau, *flow rate* (Q) menjadi kecil untuk menjaga daya serapan *hydraulic pump* tetap konstan.

Agar kalian lebih memahami tentang dasar *hydraulic system*, lakukanlah kegiatan mandiri berikut ini.



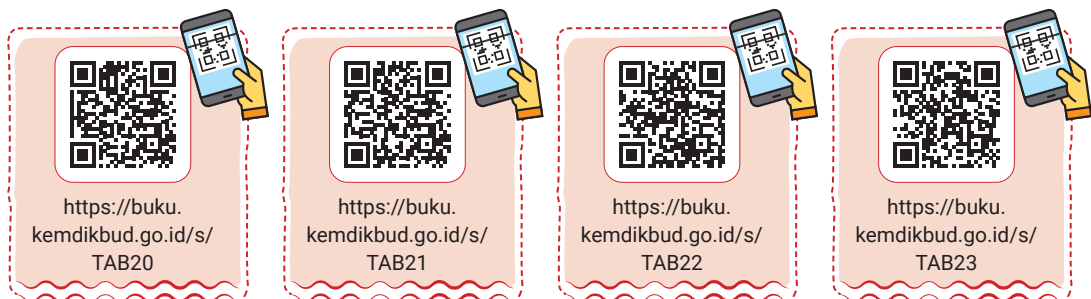


### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara mandiri mencermati prinsip kerja *hydraulic system*.

### Langkah-Langkah

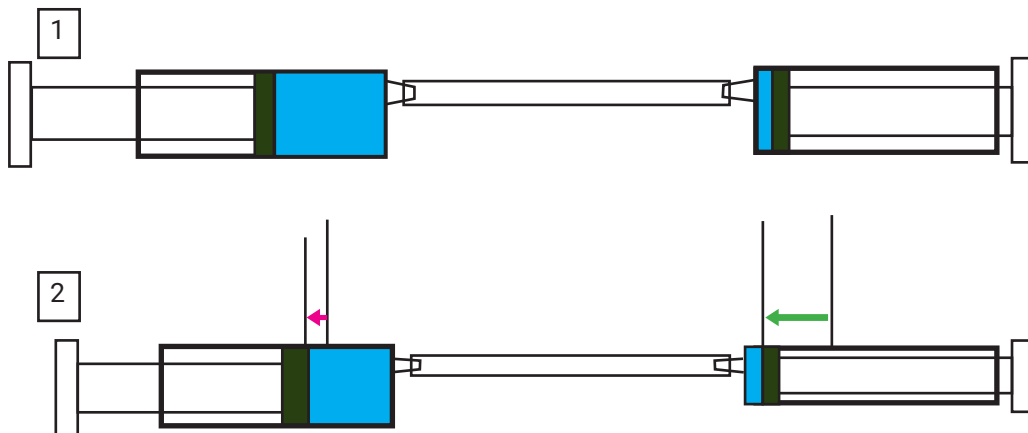
1. Tontonlah beberapa video dan cermati isi dari video tersebut!
2. Pindailah kode QR atau buka tautan berikut ini!



3. Buatlah rangkuman dari empat video tersebut!
4. Setelah kalian mencermati, memahami, dan membuat rangkuman, isilah lembar kerja berikut berdasarkan gambar eksperimen 1 dan 2!

### Eksperimen 1

Cermati ukuran diameter silinder pada kedua piston berikut!





**Tabel 4.2** Hasil Eksperimen 2

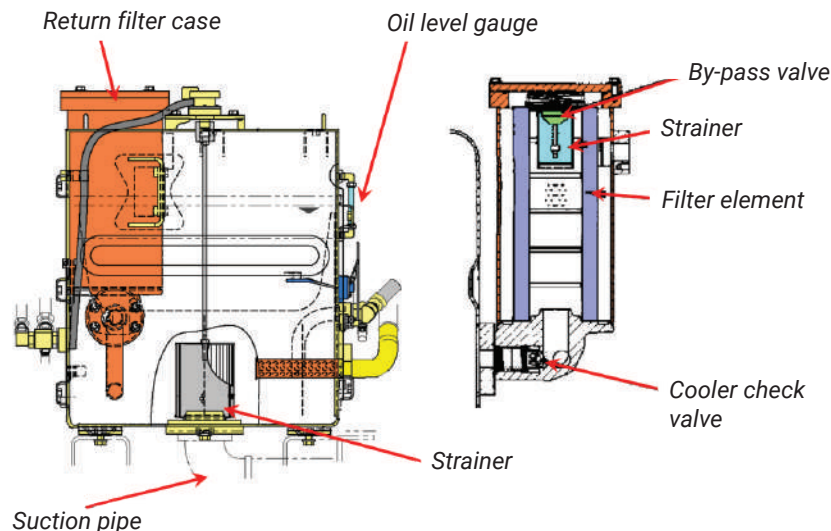
	Ketika Tekanan Rendah		Ketika Tekanan Tinggi	
<b>A</b>	<p>Apa yang kamu rasakan saat menekan ujung alat injeksi menggunakan jari tanganmu?</p> <p style="text-align: center;"><b>1</b></p>	<p>Apa yang kamu rasakan saat menekan ujung alat injeksi menggunakan jari tanganmu?</p> <p style="text-align: center;"><b>2</b></p>	<p>Apa yang kamu rasakan saat menekan ujung alat injeksi menggunakan jari tanganmu?</p> <p style="text-align: center;"><b>1</b></p>	<p>Apa yang kamu rasakan saat menekan ujung alat injeksi menggunakan jari tanganmu?</p> <p style="text-align: center;"><b>2</b></p>
<b>B</b>	<p>Apa yang kamu rasakan saat menekan ujung alat injeksi menggunakan jari tanganmu?</p> <p style="text-align: center;"><b>3</b></p>	<p>Apa yang kamu rasakan saat menekan ujung alat injeksi menggunakan jari tanganmu?</p> <p style="text-align: center;"><b>4</b></p>	<p>Apa yang kamu rasakan saat menekan ujung alat injeksi menggunakan jari tanganmu?</p> <p style="text-align: center;"><b>3</b></p>	<p>Apa yang kamu rasakan saat menekan ujung alat injeksi menggunakan jari tanganmu?</p> <p style="text-align: center;"><b>4</b></p>



## B. Komponen Hydraulic: Hydraulic Tank

Fungsi utama dari *hydraulic tank* adalah untuk menyimpan oli *hydraulic*. Ada berbagai macam ukuran, bentuk, dan lokasi pemasangan tangki yang digunakan pada peralatan konstruksi. *Hydraulic tank* memiliki beberapa fungsi selain sebagai tempat penyimpanan oli yang dibutuhkan oleh sistem. Fungsi tangki tersebut, yaitu menjaga tingkat cairan tetap tinggi untuk mencegah kavitasi pompa dan tangki yang lebih besar memiliki penutup akses untuk pembersihan tangki. Sebagian besar tangki memiliki saringan yang biasanya merupakan kawat jaring 100 mesh untuk mencegah material asing mengalir ke luar dari tangki dan masuk ke pompa. Beberapa penutup saluran pembuangan tangki dilengkapi dengan magnet untuk menarik dan menjebak partikel logam. Tangki juga berfungsi untuk membantu menghilangkan panas.

Ada dua jenis tangki yang berbeda yang digunakan pada peralatan *hydraulic* modern. *Hydraulic tank* disebut tertutup atau bertekanan karena tidak memiliki akses bebas ke atmosfer. Katup pengatur tekanan (*pressure regulated valve*) dan katup satu arah (*one-way check valve*) memungkinkan udara mengalir masuk dengan bebas jika tekanan udara di dalam tangki lebih rendah dari tekanan atmosfer. Katup-katup (*pressure regulated* dan *one-way check valve*) ini tidak akan membiarkan udara keluar sampai tekanan di dalam tangki mencapai tekanan yang diatur. Tekanan udara meningkat seiring dengan peningkatan suhu udara atau kenaikan level oli. Pada saat ini, katup pengatur (*regulator valve*) akan terbuka untuk menjaga tekanan udara rendah di dalam tangki. Tangki bertekanan (*pressurized tank*) menggunakan filter udara atau saringan untuk mencegah kontaminasi dalam oli *hydraulic*. Konstruksi dari tangki *hydraulic* ini diperlihatkan pada gambar 4.4.



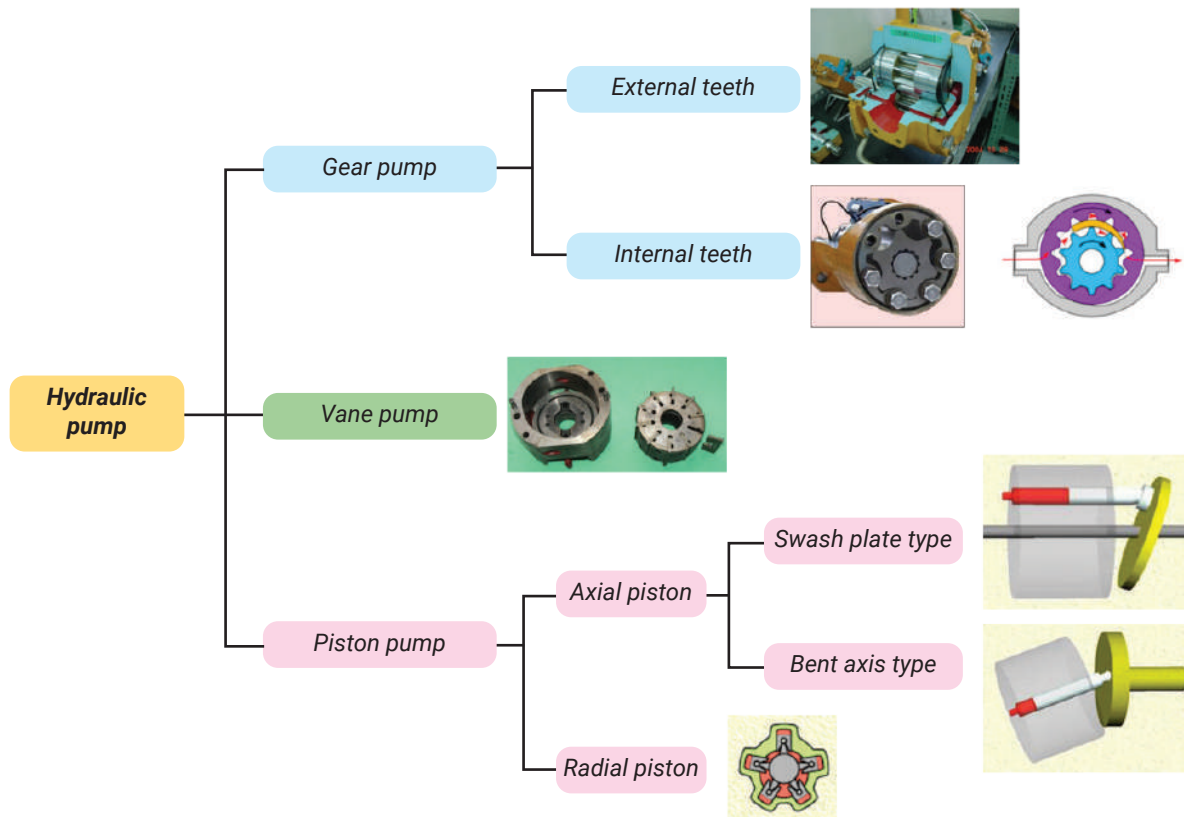
Gambar 4.4 Struktur hydraulic tank

Sumber: Komatsu Hydraulic System/Margono/2021



## C. Komponen Hydraulic: Pompa

*Hydraulic pump* akan memindahkan oli dari *hydraulic tank* menuju katup kontrol (*control valve*) dengan mengubah daya mekanik yang didapat dari *engine* (ada juga dari motor listrik) menjadi energi kinetik oli. Jenis *hydraulic pump* dibagi menjadi tiga kategori, yaitu pompa roda gigi (*gear pump*), pompa vane (*vane pump*), dan pompa piston (*piston pump*), seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.5. Pada *gear pump* memiliki tipe *external gear pump* dan *internal gear pump*, sedangkan *axial piston pump* memiliki tipe *swash plate* dan *bent axis*.



Gambar 4.5 Jenis pompa hydraulic

Sumber: Komatsu Hydraulic System/Margono/2021

Apakah perbedaan antara *gear pump*, *vane pump*, dan *piston pump*? Masing-masing jenis pompa *hydraulic* tersebut akan dijelaskan sebagai berikut.

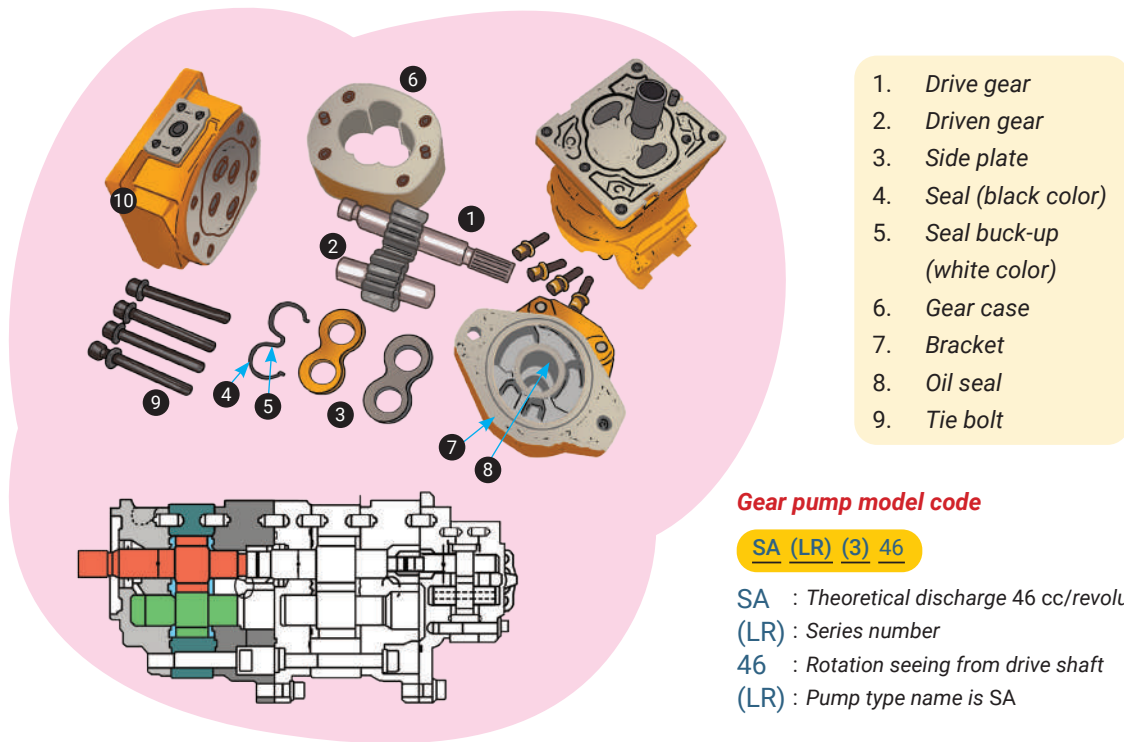


## 1. Gear Pump

Gear pump dapat dibedakan menjadi *external gear pump* dan *internal gear pump*. Penjelasan keduanya diuraikan sebagai berikut.

### a. External Gear Pump

#### 1) Struktur



Gambar 4.6 Struktur hydraulic pump jenis external gear pump

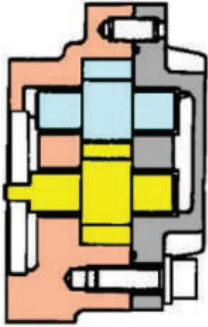
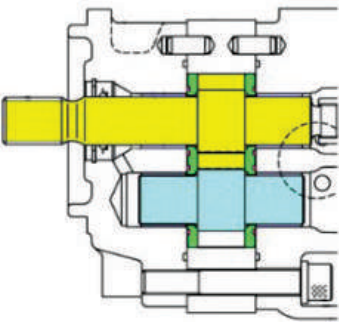
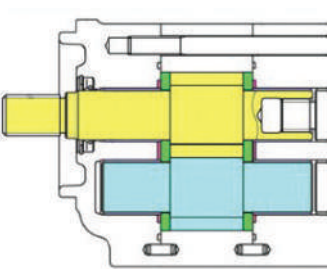
Pada *external gear pump* terdapat dua *gear*, satu *gear* sebagai penggerak (*drive*) dan satu lagi sebagai *gear* yang digerakkan (*driven*). Arah putaran *drive gear* (*shaft* yang lebih panjang) ternotifikasi sebagai arah putaran *gear pump* (L/R, kiri atau kanan). *Side plate* merupakan komponen pada *hydraulic pump* yang berguna untuk meminimalkan kebocoran dalam (*internal leakage*) yang terjadi pada *side clearance* pompa. Struktur pompa *hydraulic* jenis *gear* ini terlihat pada gambar 4.6.

#### 2) Tipe-Tipe Gear Pump

Tipe-tipe gear pump ada tiga, yaitu BA (L/R), SA (L/R), dan SD (L/R). Penjelasan masing-masing tipe dapat dilihat dalam tabel berikut.



**Tabel 4.3** Tipe-Tipe *Hydraulic Pump*

<b>Tipe</b>	<b>BA (L/R)</b>	<b>SA (L/R)</b>	<b>SD (L/R)</b>
<i>Rated pressure</i>	30 (kgf/cm <sup>2</sup> )	210 (kgf/cm <sup>2</sup> )	210 (kgf/cm <sup>2</sup> )
<i>Gear case</i>	<i>Cast iron</i>	<i>Die casting aluminium</i>	<i>Cast iron</i>
<i>Feature</i>	<i>No side plate</i> <i>Low pressure</i>	<i>With side plate</i> <i>Side balance seal on side plate</i>	<i>Side balance seal on bracket</i> <i>Large, long bushing</i> <i>More number of tooth</i>
<i>Shape</i>	 <p>Sumber: Komatsu Hydraulic System/Margono/2021</p>	 <p>Sumber: Komatsu Hydraulic System/Margono/2021</p>	 <p>Sumber: Komatsu Hydraulic System/Margono/2021</p>

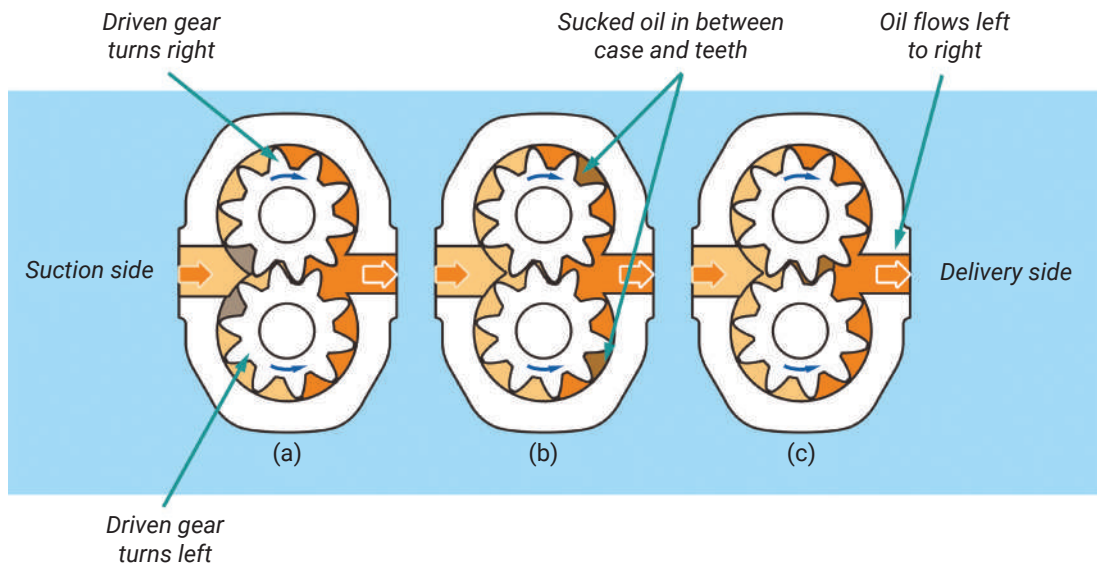
Berbagai jenis dari *external gear pump* yang tertera pada tabel 4.3, menjadi perwakilan dari *gear pump* yang digunakan saat ini. Namun, ada beberapa tipe *gear* lainnya, seperti tipe F, G, P, dan K. Penggunaan dari tipe-tipe *gear pump* pada tabel 4.3 sebagai berikut.

- a) BA (L/R) digunakan pada pompa kontrol (*control/charge/PPC pump*) *hydraulic excavator*.
- b) SA (L/R) banyak digunakan pada unit-unit produk Komatsu.
- c) SD (L/R) diperkenalkan pada tahun 2006, konsep desainnya adalah pompa yang minim kebisingan atau senyap. Ketahanan kebisingan dicapai dengan *bushing* berdiameter panjang dan besar, serta jumlah gigi yang lebih banyak dibandingkan pompa SA (L/R).

### 3) Proses Aliran Oli pada Pompa *Gear*

Pergerakan memutar *drive gear* yang mengajak *driven gear* akan menciptakan gaya hisap pada sisi masukan pompa (*suction*) dan pemindahan oli *hydraulic* yang terperangkap di antara *casing* dan *gear* menuju sisi keluaran pompa (*discharge/delivery*). Proses tersebut dijelaskan pada gambar 4.7.

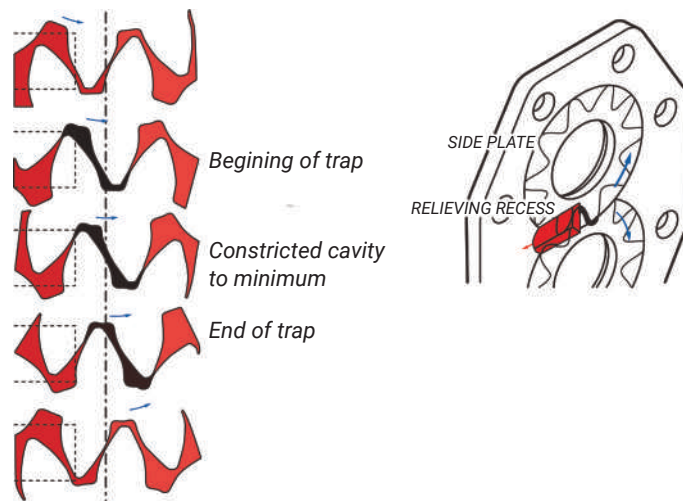




Gambar 4.7 Aliran oli hydraulic pada external gear pump

#### 4) Proses Kejadian Keterjebakan Oli (*Oil Trapping*)

Pada *external gear pump*, dua gigi yang saling bertautan selama operasi normal *gear pump* menjebak oli dalam rongga/ruangan yang terbentuk oleh dua gigi ini. Jika tidak ada jalan bagi oli ini untuk keluar, tekanan yang sangat tinggi akan terjadi seketika. Dengan demikian, membuat *hydraulic* pompa berjalan dengan suara dentuman/ledakan yang keras. Saat roda gigi berputar, rongga yang terbentuk bergerak dari sisi *discharge/delivery* ke sisi *suction*. Rongga tersebut makin kecil menuju ke pusat, kemudian menjadi minimum di pusat dan setelah itu mulai membesar. Semua proses ini dapat dilihat pada gambar 4.8.



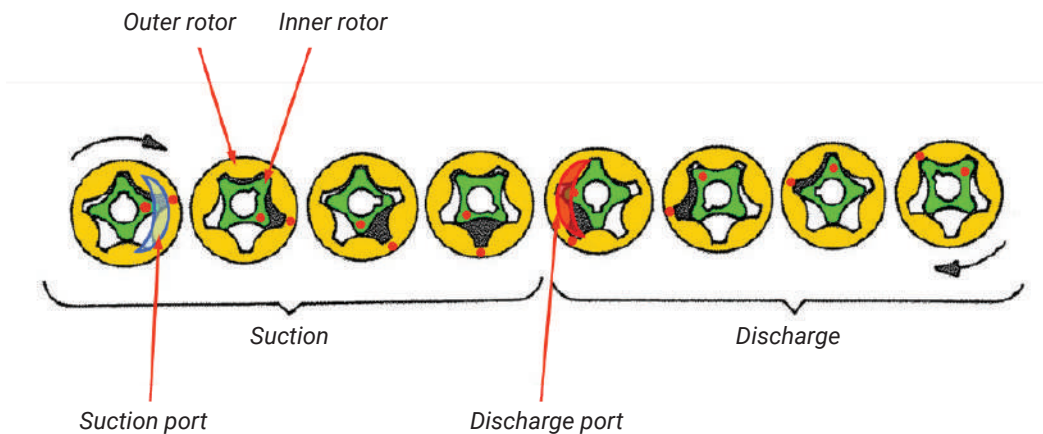
Gambar 4.8 Proses kejadian oil trapping pada external gear pump



Untuk menghindari suara dentuman, sebuah cekungan (*groove*) pelepas disediakan pada *side plate*, di lokasi yang sesuai dengan rongga perangkat di area pertautan, seperti yang terlihat secara aksial. *Groove* tersebut hanya memanjang pada bagian dari rongga *suction*. Oli bertekanan kembali ke sisi *discharge* melalui *groove* tersebut. Pada saat kedua gigi tiba di posisi terpisah, rongga *suction* terlepas dari *groove*. Dengan demikian, tidak ada koneksi atau hubungan yang terjadi antara sisi *discharge* dan sisi *suction* melalui *groove* ini. *Groove* pada *side plate* ini terbagi menjadi dua, yaitu *relieve groove* yang berada pada sisi *discharge* dan *vacuum groove* pada sisi *suction*.

### b. Internal Gear Pump/Trochoid

Pompa *trochoid* memiliki rotor luar (*outer*) dan rotor dalam (*inner*) dengan jumlah gigi *inner rotor* lebih sedikit satu daripada *outer rotor*. Pusat dari roda gigi luar dan dalam berada pada posisi eksentrik. *Inner rotor* digerakkan oleh poros dan *outer rotor* digerakkan oleh rotor dalam. Saluran masuk (*suction*) dan saluran keluar (*discharge*) pada *trochoid pump* berlawanan arah seperti yang diperlihatkan pada gambar 4.10.



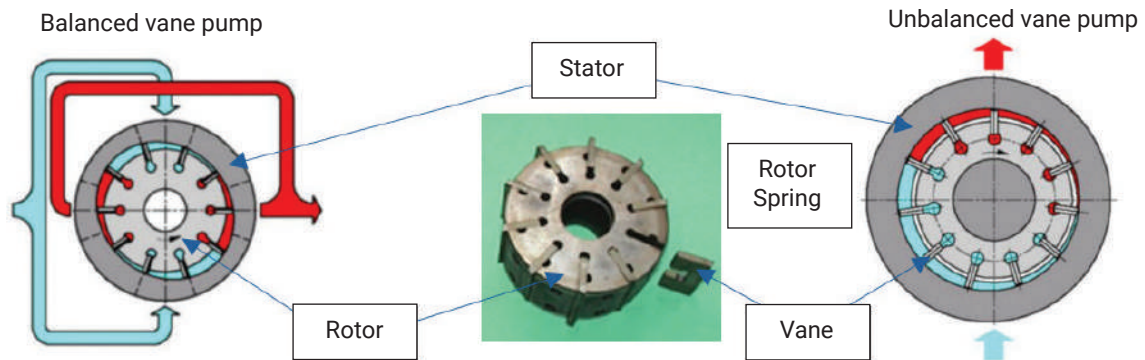
**Gambar 4.9** Prinsip kerja *trochoid pump*

Sumber: Komatsu Hydraulic System/Margono/2021

## 2. Vane Pump

Pompa *vane* (*vane pump*) merupakan jenis pompa *hydraulic* yang menggunakan serangkaian bilah (*vanes*) yang dipasang pada rotor berputar untuk memindahkan cairan. Komponen utama *vane pump* rotor yang terletak di dalam rumah pompa (*casing*) dan berputar untuk menggerakkan bilah-bilah. Bilah (*vane*) yang terpasang pada slot-slot di rotor dan dapat bergerak masuk dan keluar sesuai dengan rotasi rotor dan *casing/stator* yang merupakan bagian luar, menyelimuti rotor dan bilah-bilahnya. Hal tersebut dijelaskan pada gambar 4.11.



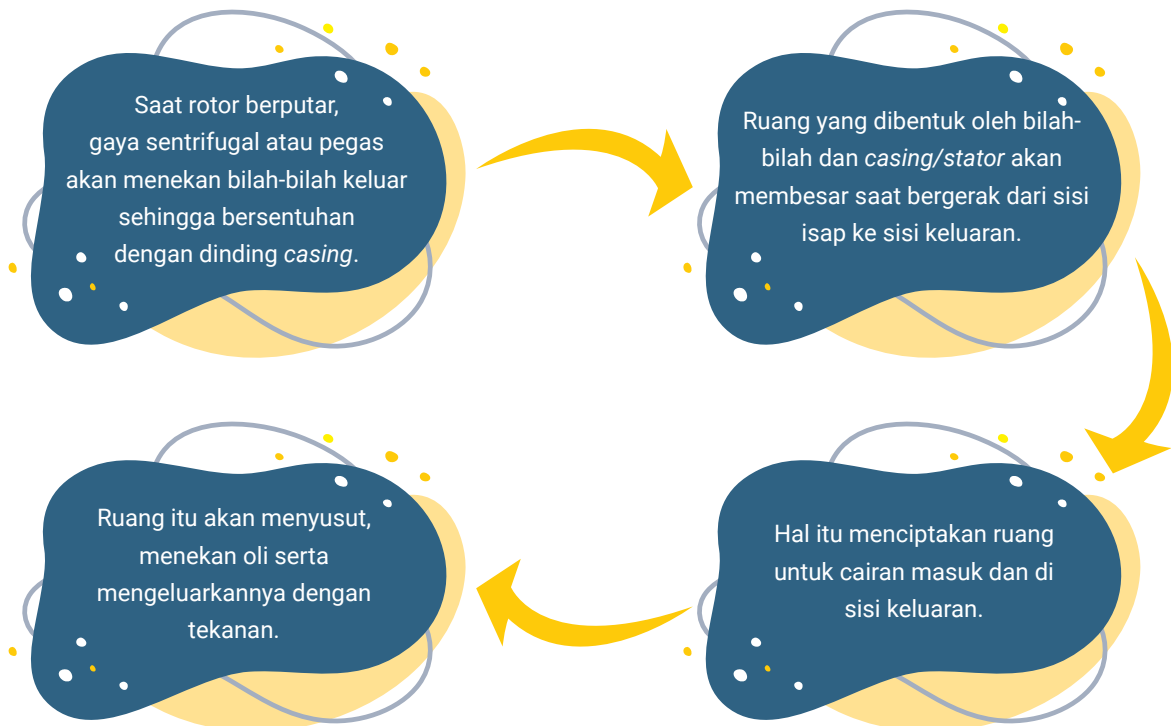


**Gambar 4.10** Jenis dan cara kerja vane pump

Sumber: Komatsu Hydraulic System/Margono/2021

Jenis dari *vane pump* terbagi menjadi pompa vane seimbang (*balanced vane pump*) dan *vane* tidak seimbang (*unbalanced vane pump*). Pompa *vane* seimbang menggunakan dua *port* masuk dan dua *port* keluar untuk mengurangi tekanan radial pada rotor. Selain itu, untuk meningkatkan keandalan dan umur panjang. Pompa *vane* tidak seimbang (*unbalanced vane pump*) memiliki satu *port* masuk dan satu *port* keluar, lebih sederhana dan lebih murah, tetapi cenderung mengalami beban radial lebih besar.

*Vane pump* memiliki cara kerja yang khusus. Cara kerja dari *vane pump* digambarkan dalam diagram berikut ini.

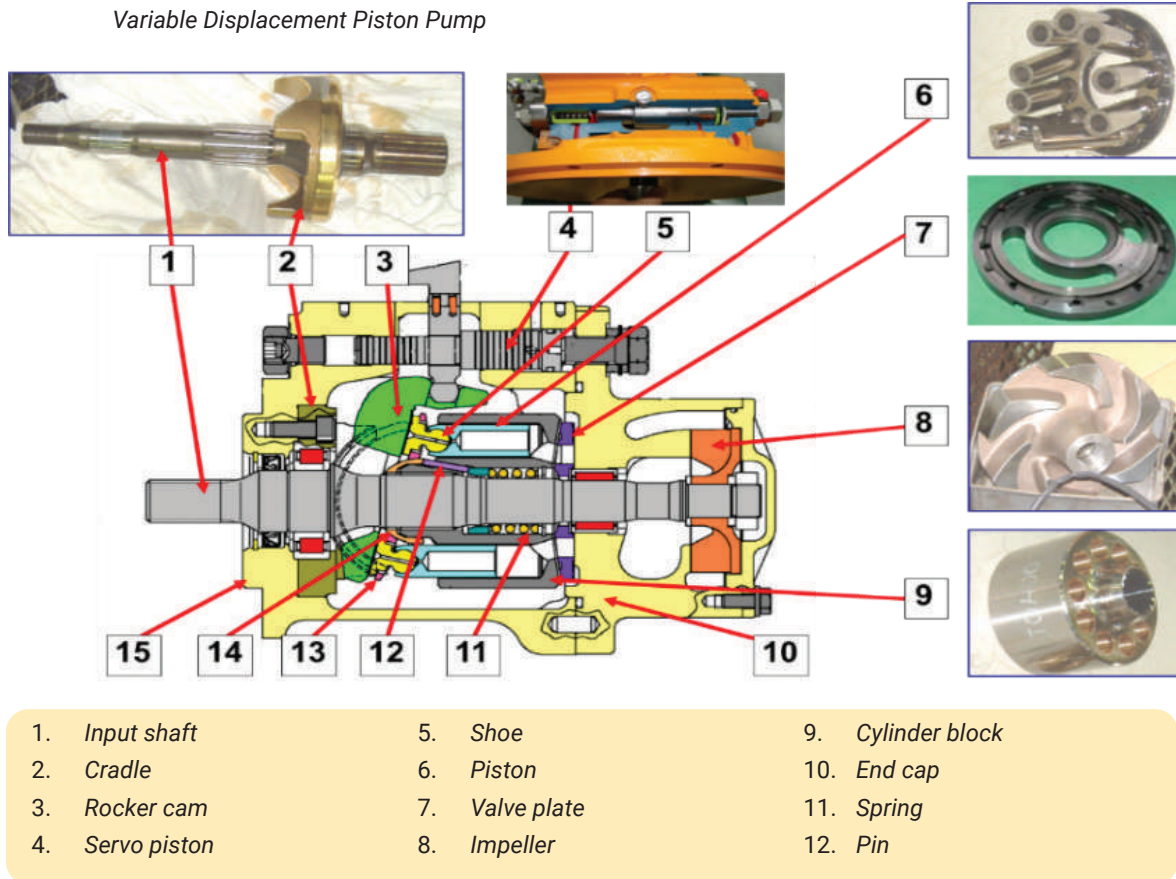


**Gambar 4.11** Cara kerja dari vane pump



### 3. Piston Pump

Piston *pump* merupakan jenis *hydraulic pump* yang menggunakan piston untuk memindahkan cairan melalui gerakan bolak-balik dalam silinder. Pompa ini dikenal karena efisiensi dan kemampuannya untuk menanggapi tekanan tinggi. Struktur piston *pump* dapat dilihat pada gambar 4.12.



**Gambar 4.12** Struktur *variable piston pump*

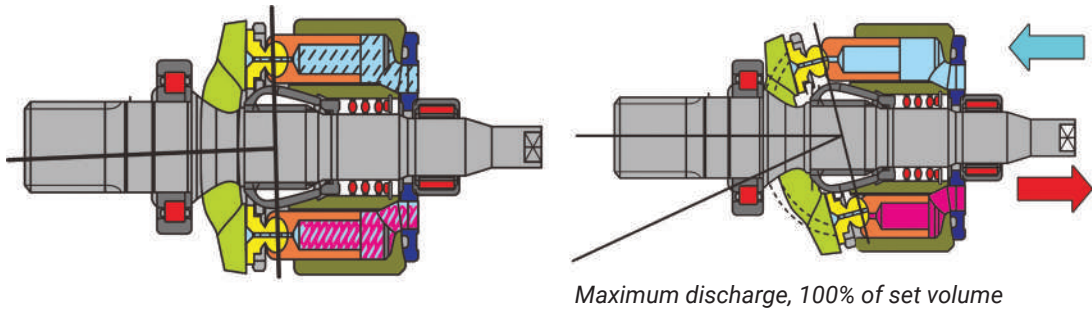
Sumber: Komatsu Hydraulic System/Margono/2021

Gambar 4.13, menjelaskan cara kerja *variable piston pump* dalam mengatur pengeluaran oli. Cara kerja *variable piston pump* secara rinci diuraikan sebagai berikut.

- a. Blok silinder terhubung ke poros input (*input shaft*) dengan *spline*. *Input shaft*, blok silinder, dan piston berputar bersama-sama.
- b. Ketika *rocker cam* berada pada sudut *swash plate* atau sudut pompa minimum, perbedaan volume pada awal dan akhir langkah pengeluaran mendapatkan perbedaan kecil. Dengan demikian, pengeluaran volumenya atau *flow rate* menjadi sedikit.

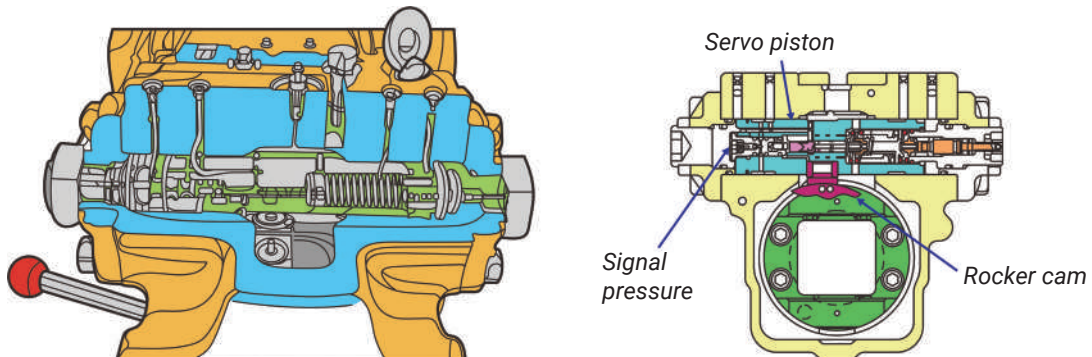


- c. Sementara itu, saat *rocker cam* dipindahkan ke posisi maksimum yang membuat sudut *swash plate* maksimum, maka perbedaan volume pada awal dan akhir langkah pengeluaran menjadi yang terbesar, seperti volume yang diatur membesar. Dengan demikian, menyebabkan aliran oli yang lebih besar sebesar 100% dari volume maksimum yang diatur. Perlu diingat bahwa sudut *swash plate* pada pompa ini tidak pernah menjadi nol.



Gambar 4.13 Cara kerja *variable piston pump*

Pengendalian sudut pompa pada *piston pump* diatur oleh beberapa *valve*, seperti PC (*power constant*) *valve* dan LS (*load sensing*) *valve*. Kedua *valve* tersebut akan memberikan sinyal tekanan (*pressure signal*) ke *servo piston* sehingga memuat bergerak ke kanan dan ke kiri secara bolak-balik. Gerakan sesuai dengan tekanan sinyal (*signal pressure*) yang masuk ke *servo* dari LS dan PC *valve* tadi. Gerakan itu diteruskan melalui penghubung ke *rocker cam* untuk menambah atau mengurangi sudut pompa atau *swash plate* sehingga jumlah keluaran (*flow delivery pump*) meningkat atau menurun. Komponen kontrol *piston pump* ini terlihat pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Control *piston pump*





## Aktivitas 4.2

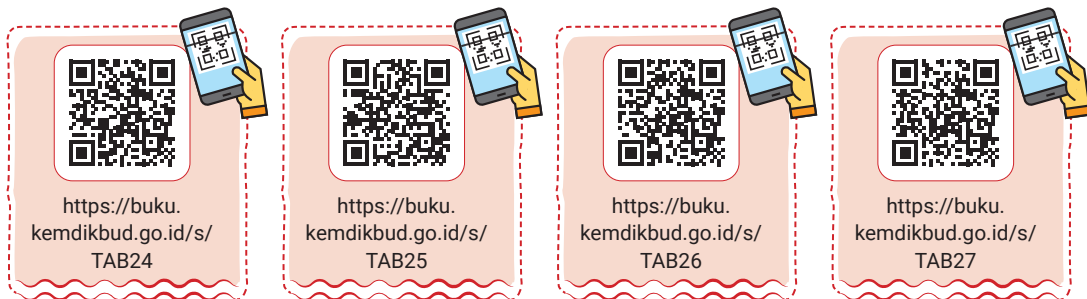
### Aktivitas Mandiri: Menjelajah Media Video

#### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara mandiri mencermati dan memahami tentang pompa *hydraulic* melalui media video.

#### Langkah-Langkah

1. Tontonlah beberapa video dan cermati isi dari video yang diberikan!
2. Pindailah kode QR atau buka tautan berikut ini!
3. Setelah kalian mencermati dan memahami informasi dari video, buatlah rangkuman tentang pompa *hydraulic*.



## Aktivitas 4.3

### Aktivitas Kelompok: Praktik Identifikasi *Hydraulic Pump*

#### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara bekerja sama mengidentifikasi nama dan fungsi *hydraulic pump*.

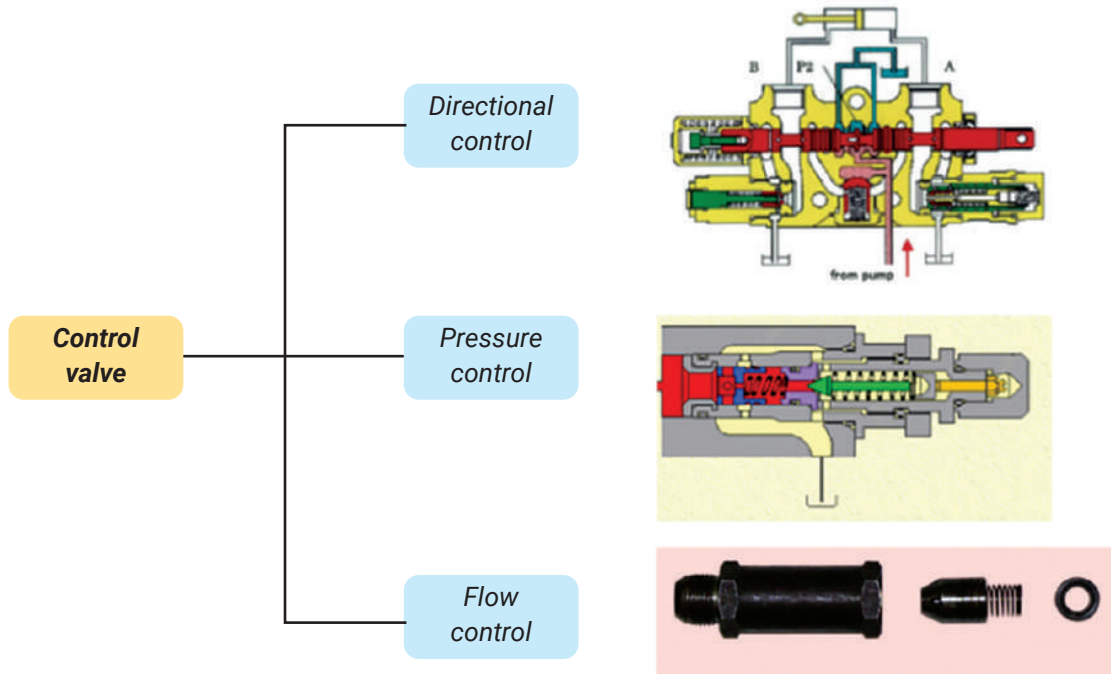
#### Langkah-Langkah

1. Buatlah kelompok dengan anggota tiga atau empat siswa!
2. Lakukan pembongkaran *hydraulic pump* yang dimiliki oleh *workshop* alat berat kalian!
3. Identifikasi nama dan fungsi yang dituliskan dalam buku tugas kalian!
4. Setelah itu, rakit kembali *hydraulic pump* tersebut!
5. Lakukanlah pembongkaran dan perakitan sesuai prosedur yang tertera dalam *manual book*!



## D. Komponen Hydraulic: Control Valve

*Control valve* dalam *hydraulic system* berfungsi untuk mengatur aliran (*flow*), tekanan (*pressure*) dan arah aliran fluida (*directional*) dalam sistem *hydraulic*. Klasifikasi ini dapat dilihat pada gambar 4.15. *Hydraulic system* yang menggunakan cairan untuk mentransfer tenaga, memerlukan kontrol yang presisi untuk memastikan kinerja yang efisien dan aman dari berbagai komponen mesin dan peralatan.



Gambar 4.15 Jenis control valve

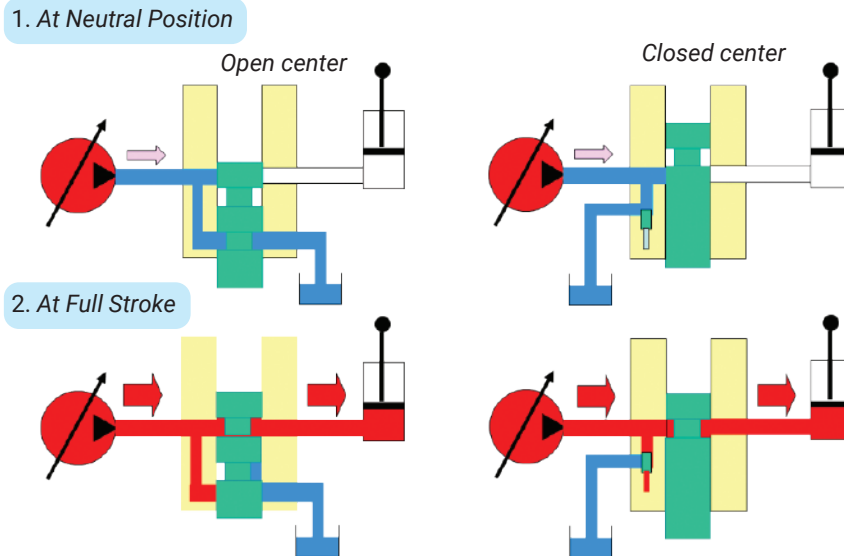
Sumber: Komatsu Hydraulic System/Margono/2021

Fungsi utama *control valve* dalam *hydraulic system* yang tergambar pada gambar 4.15 dengan penjelasan sebagai berikut.

1. Pengaturan arah (*directional control*), mengatur arah aliran fluida untuk mengendalikan arah gerakan komponen *hydraulic*, seperti pembalikan arah gerakan silinder.
2. Pengaturan tekanan (*pressure control*), memastikan tekanan sistem tetap dalam batas yang aman dengan membatasi tekanan maksimum yang diizinkan dan menghindari kerusakan pada komponen sistem.
3. Pengaturan aliran (*flow control*), mengontrol volume aliran fluida ke komponen *hydraulic* seperti silinder atau motor *hydraulic*. Hal itu penting untuk mengatur kecepatan pergerakan komponen.



Ada dua jenis konfigurasi yang digunakan untuk mengelola aliran dan tekanan fluida dalam *hydraulic system*, yakni *open centre* (OLSS) dan *close centre* (CLSS).



Gambar 4.16 Perbedaan OLSS dan CLSS

Sumber: Komatsu Hydraulic System/Margono/2021



#### Aktivitas 4.4

#### Aktivitas Mandiri: Menjelajah Media Video

##### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara mandiri menyimak tentang materi *open* dan *close hydraulic system*.

##### Langkah-Langkah

1. Tontonlah beberapa video dan simaklah isi dari video yang diberikan!
2. Pindailah kode QR atau buka tautan berikut ini!
3. Setelah kalian menyimak dan memahami informasi dari video, buatlah rangkuman materi tentang *open* dan *close hydraulic system*!



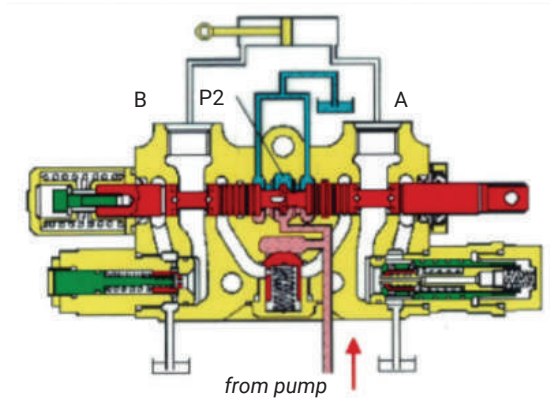
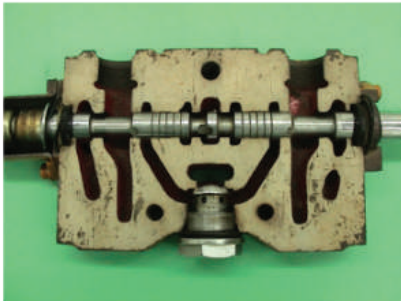
Pada sistem *open center*, sebagian dari oli yang dipompa oleh pompa tidak digunakan oleh aktuator dan akan dikembalikan ke *hydraulic tank*. Hal itu tergantung pada jarak pergerakan *spool* dan terkadang oli yang dipompa terbuang. Sementara itu, sistem *closed center*, jumlah total oli yang dipompa mengalir ke aktuator tanpa memperhatikan jarak pergerakan *spool*. Oli yang dipompa digunakan tanpa adanya pemborosan. Perbedaan proses aliran kedua jenis konfigurasi ini dapat dilihat pada gambar 4.16.

Dalam CLSS, **tidak ada jumlah aliran dari pompa yang dibuang ke tangki saat *spool* sedang beroperasi**. Dengan demikian, daya mesin digunakan secara efektif.

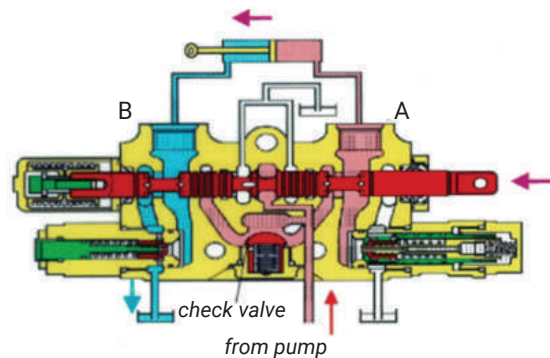
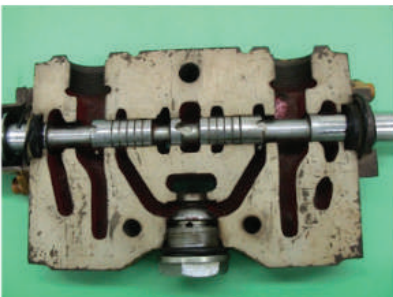
### 1. Directional Control Valve

Valve ini berfungsi mengatur arah aliran fluida untuk mengendalikan arah gerakan komponen *hydraulic*. Contohnya, pembalikan arah gerakan (keluar masuknya) *rod* pada *hydraulic* silinder dan memutar ke kiri dan ke kanan pada motor *hydraulic*. Dikarenakan terdapat dua konfigurasi dalam pengelolaan aliran, maka direksional *control valve* memiliki pembagian yang sama, seperti yang diperlihatkan pada gambar 4.17 dan 4.18.

Neutral



Spool moves to left  
Oil goes to bottom

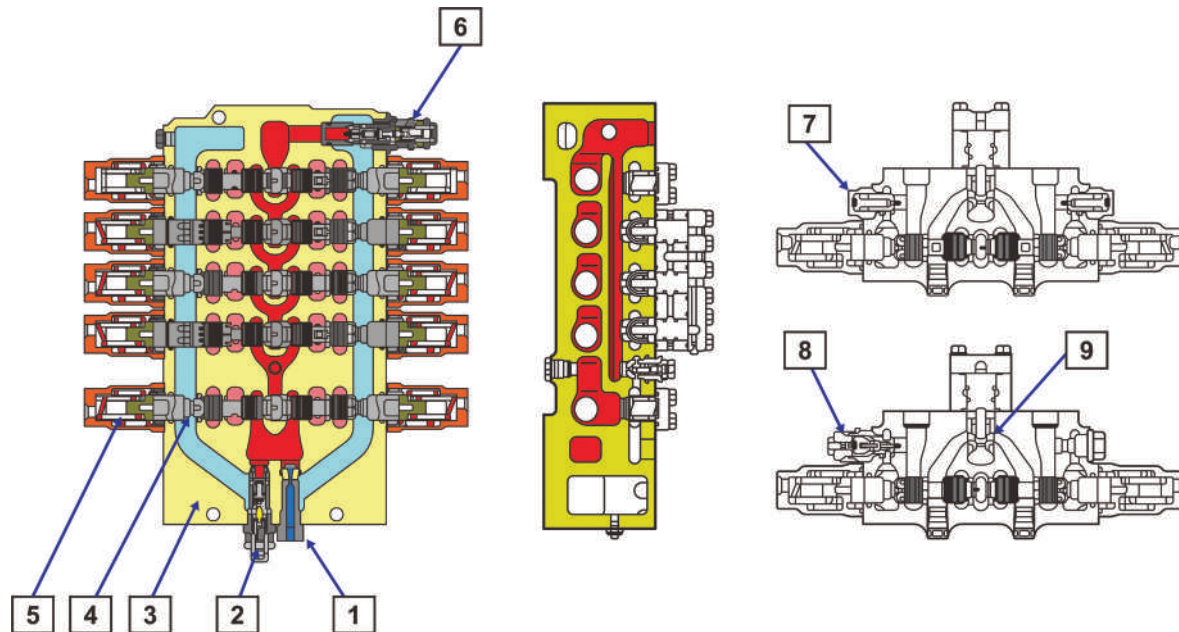


Gambar 4.17 Operation single spool direction control valve pada open centre (OLSS)



### a. Directional Control Valve untuk Open Centre

Semua oli *hydraulic* yang dikeluarkan oleh *hydraulic pump* mengalir ke katup kontrol (*control valve*). Oli yang dikeluarkan oleh *hydraulic pump* ini mengalir ke bagian tengah *control valve* dan kembali ke *hydraulic tank*.



- |                            |                      |                         |
|----------------------------|----------------------|-------------------------|
| 1. Jet sensor orifice      | 4. Spool             | 7. Suction valve        |
| 2. Jet sensor relief valve | 5. Return spring     | 8. Safety suction valve |
| 3. Valve body              | 6. Main relief valve | 9. Check valve          |

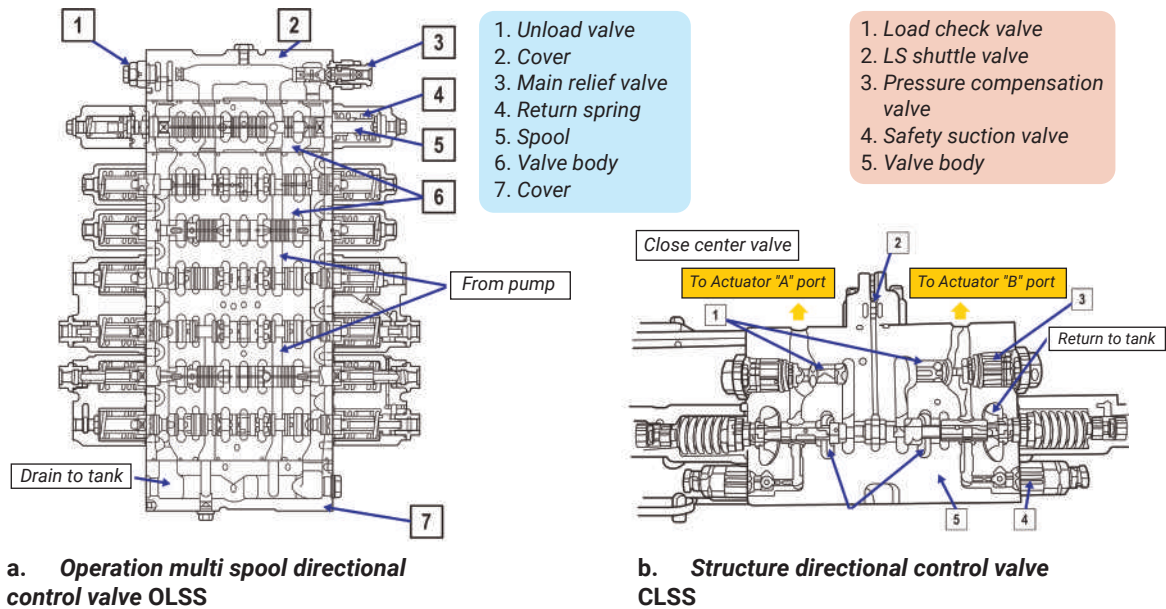
Gambar 4.18 Operation multi spool direction control valve pada open centre (OLSS)

Sebuah sensor (1 dan 2) dipasang untuk mengukur jumlah oli *hydraulic* yang kembali. Sensor itu dikenal sebagai jet sensor yang mengukur tekanan oli yang memasuki *jet sensor orifice* (1), yaitu *Pt* atau *Up stream pressure* (tinggi saat netral) dan tekanan oli yang terhubung dengan tangki *hydraulic* (*Pd/down stream pressure*). Selisih  $P_t - P_d$  ini akan diberikan sebagai *signal pressure* ke *neutral control valve* (NC) untuk bekerja *servo valve* dan *servo piston* dalam pengaturan pada saat *neutral* dan *fine control*. Tekanan oli *hydraulic* yang masuk ke dalam *control valve* dijaga tekanannya oleh *jet sensor relief valve* (2). Namun, pada unit-unit yang telah menggunakan New E-OLSS pengambilan perbedaan tekanan pada  $P_t - P_d$  menggunakan sensor elektrik. Secara umum, pada multi *spool control valve* memiliki struktur terintegrasi yang terdiri dari sepasang dua *control valve*.



## b. Directional Control Valve untuk Close Centre

Oli yang dikeluarkan oleh *hydraulic pump* ini mengalir ke bagian tepi atau sekeliling *control valve* menuju ke *pressure control valve* (1: *unload valve*, 3: *main relief valve*) dan *spool control valve*. Pada gambar 4.19, dijelaskan garis merah menunjukkan jalur aliran oli yang berasal dari pompa. Ketika semua *spool* berada di posisi netral, oli yang dipompa membuka katup atau *valve* pembuangan No. 1 (*unload valve*) dan kembali ke *hydraulic tank*. Ketika *spool* bergerak, katup pembuangan No. 1 (*unload valve*) tertutup dan seluruh oli yang dipompa mengalir ke aktuator.



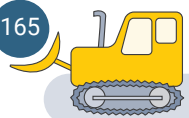
Gambar 4.19 Operation multi spool dan structure direction control valve pada close centre

Pada konfigurasi baik *open centre* dan *close centre* terdapat *valve* yang berfungsi mencegah aktuator bergerak balik akibat adanya *holding pressure*. Kondisi ini dapat dilihat pada gambar 4.20, saat unit mengangkat beban berupa tumpukan kayu.

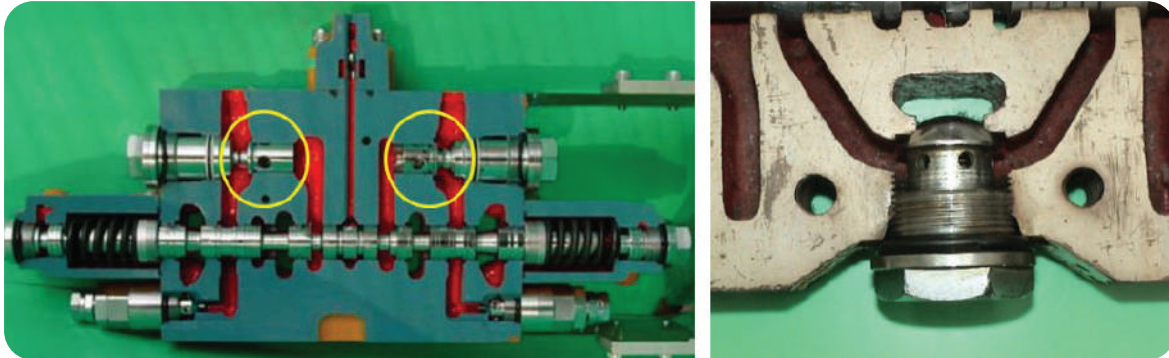


Gambar 4.20 Holding pressure pada sisi aktuator

Sumber: Komatsu Hydraulic System/Margono/2021



Untuk mencegah terjadinya pergerakan mundur pada aktuator, maka diberikan *one-way valve* yang dikenal sebagai *load check valve*. Posisi *valve* ini diperlihatkan pada gambar 4.21.



Gambar 4.21 *One way valve/load check valve* pada close dan open centre



#### Aktivitas 4.5

#### Aktivitas Mandiri: Menjelajah Media Video

##### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara mandiri mencermati dan menyimpulkan materi tentang *directional control valve*.

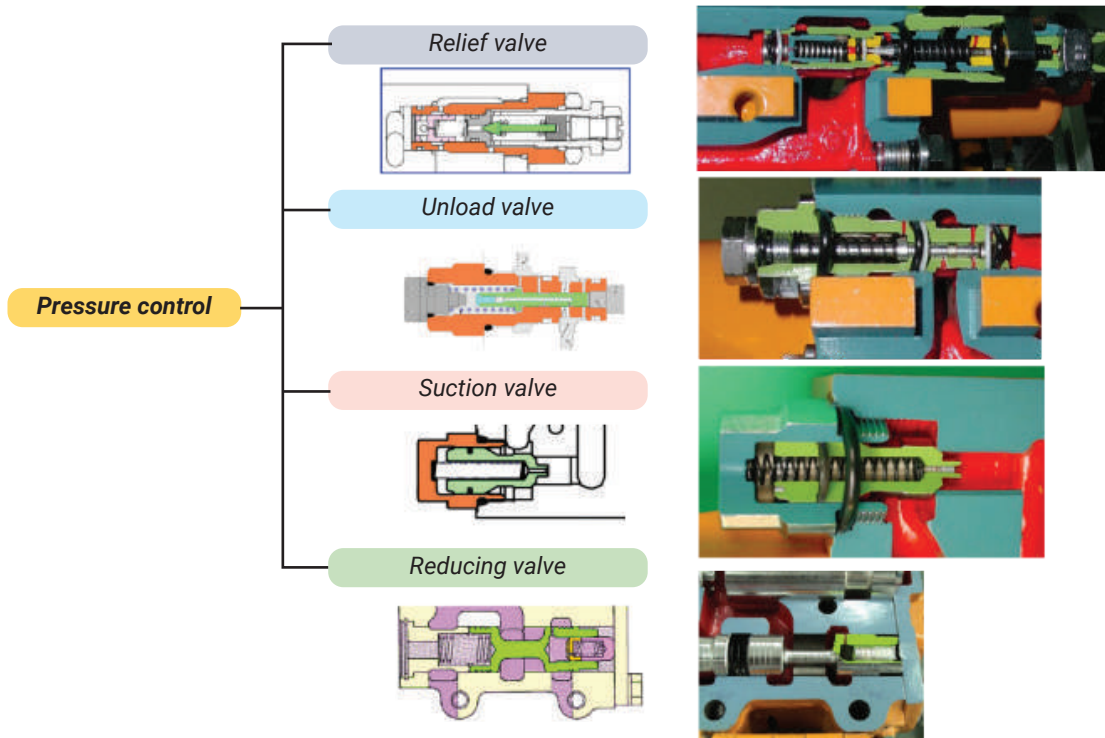
##### Langkah-Langkah

1. Tontonlah beberapa video dan simaklah isi dari video yang diberikan!
2. Pindailah kode QR atau buka tautan berikut ini!
3. Setelah kalian mencermati informasi dari video, buatlah kesimpulan tentang *directional control valve*!



## 2. Pressure Control Valve

Valve ini berfungsi untuk memastikan tekanan sistem tetap dalam batas yang aman dengan membatasi tekanan maksimum yang diizinkan dan menghindari kerusakan pada komponen sistem. Terdapat empat jenis katup pengontrol tekanan (*pressure control valve*), yaitu katup pelepas (*relief valve*), katup pembuangan (*unload valve*), katup isap (*suction valve*), dan katup pengurang *reducing valve*. Katup tersebut seperti yang digambarkan pada gambar 4.22.

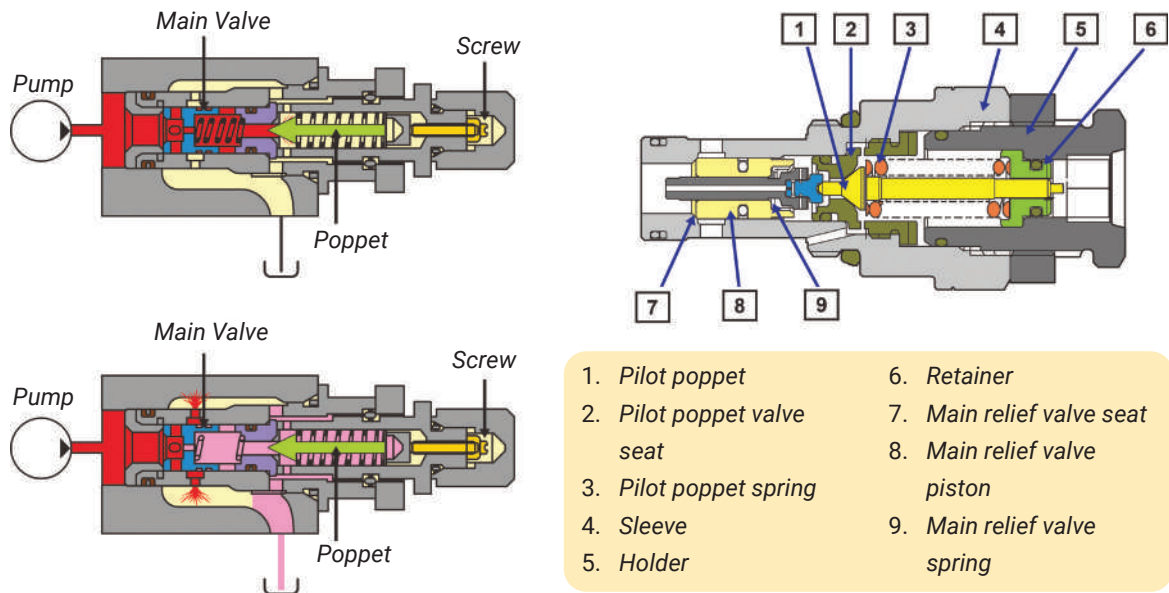


Gambar 4.22 Jenis-jenis *pressure control valve*

### a. Katup Pelepas (*Relief Valve*)

Valve ini berfungsi untuk menjaga tekanan keluaran pompa agar tetap di bawah tekanan yang ditentukan. Hal tersebut bertujuan untuk mencegah kerusakan pompa dan untuk melepaskan tekanan tinggi agar mencegah kerusakan aktuator akibat gaya eksternal. Pada gambar 4.23, diperlihatkan struktur dan cara kerja dari *relief valve*. Oli yang berasal dari pompa *hydraulic* akan memberikan gaya penekanan ke *poppet* (1) melalui *main valve* (8) dan dilawan oleh kekuatan *spring* (9). Gaya ini tergantung dari besar beban pada sisi aktuator dan kekuatan *spring* sebagai nilai tekanan yang ditentukan.





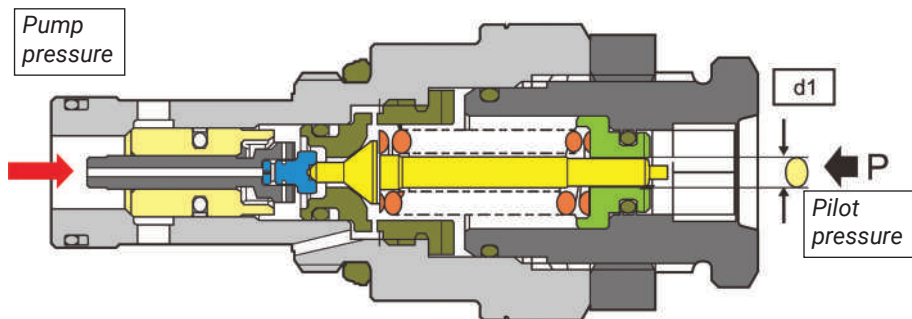
Gambar 4.23 Cara kerja dan struktur relief valve (two stage)

Gambar 4.24, memperlihatkan arah pergerakan *two stage relief valve* bergantung pada hubungan antara gaya tekanan dan gaya yang didorong oleh pegas. Ketika daya dibutuhkan, tekanan pilot (P) dihidupkan. Gaya dorong meningkat pada *poppet*. Tekanan setel relief utama menjadi tinggi.

Tahap pertama, tekanan lebih rendah, diatur dengan menyesuaikan beban pada pegas. Tidak ada penyesuaian untuk kedua tahap. Karena tekanan yang diterapkan pada diameter *poppet* ( $d_1$ ) menyebabkan tekanan relief tahap kedua. Penyesuaian salah satu tahap menyebabkan tahap lainnya mengikuti.

Ketika tekanan pilot (P) dimatikan: tekanan rendah.

Ketika tekanan pilot (P) dihidupkan: tekanan tinggi.



Gambar 4.24 Relief valve dengan dua setting tekanan (rendah dan tinggi)

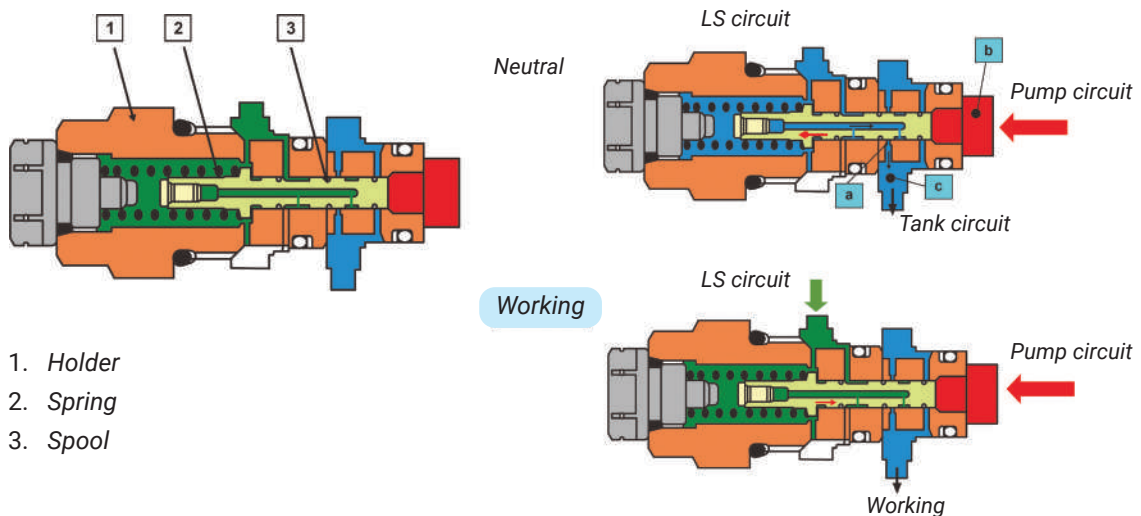


Secara umum *pressure relief valve* berfungsi untuk menjaga tekanan lebih rendah dari tekanan yang ditentukan. Tujuannya untuk mencegah kerusakan pada pompa, katup kontrol, silinder, motor, selang, pipa, dan lainnya.

### b. Katup Pembuangan (*Unload Valve*)

*Valve* ini terpasang pada katup CLSS (*control valve tipe close centre*) yang berfungsi untuk melepaskan oli yang dipompa ke tangki *hydraulic* ketika semua *spool* berada di posisi netral. Ketika *spool* bergerak, katup tertutup karena nilai *setting* katup dinaikkan oleh tekanan sensing beban (*pressure load sensing/PLS*) dan menyebabkan seluruh oli yang dipompa mengalir ke aktuator. Secara struktur, *unload valve* diperlihatkan pada gambar 4.25.

Fungsi dari *unload valve* untuk mengalirkan oli yang dikeluarkan dari pompa saat semua katup kontrol dalam posisi netral. Tekanan pompa sesuai dengan beban pegas yang disetel pada posisi netral dan menghalangi koneksi antara sirkuit pompa dan sirkuit tangki saat beroperasi.



Gambar 4.25 Struktur dan cara kerja *unload valve*

Operasi atau cara kerja dari *unload valve* yang ditunjukkan pada gambar 4.25, dijelaskan sebagai berikut.

- 1) Pada posisi netral, tekanan dari sirkuit pompa diterima oleh ujung *spool* karena katup kontrol berada dalam posisi netral. Tekanan sirkuit LS adalah 0 MPa {0 kg/cm<sup>2</sup>} ketika tekanan pompa menjadi lebih besar dari gaya pegas. *Spool* bergerak ke kiri, *port* (b), dan (c) saling terhubung dan oli pompa mengalir ke sirkuit tangki. Oli bertekanan dari sirkuit LS melewati *orifice* (a) dan dialirkan ke sirkuit tangki.

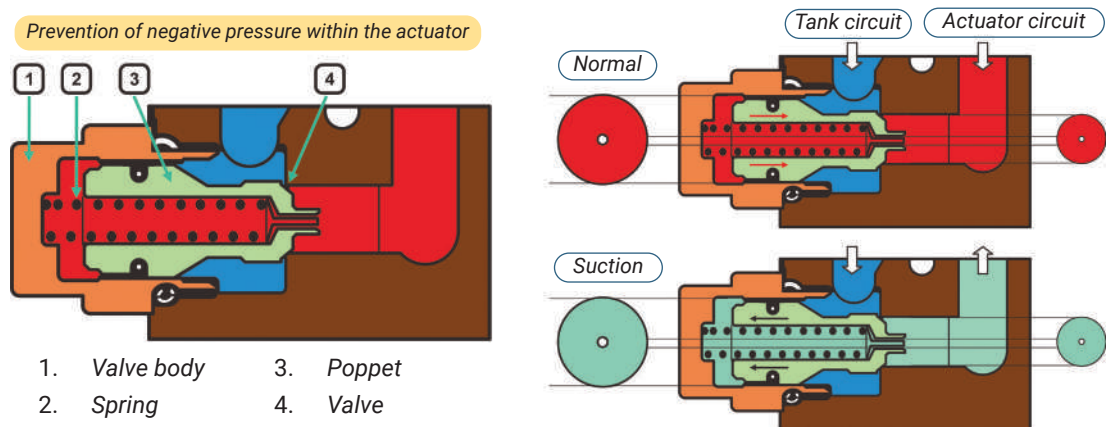


- 2) Saat *spool directional control valve* beroperasi, oli sirkuit LS masuk ke ruang pegas. *Spool* bergerak ke kanan dan memutuskan sambungan *port* (a) dan (c). Oli yang dikeluarkan oleh pompa berhenti di ujung *spool*. Semua oli yang dikeluarkan oleh pompa masuk ke aktuator.

### c. Katup Isap (*Suction Valve*)

Valve ini berfungsi untuk mencegah tekanan negatif pada saluran oli. Tekanan negatif dapat menyebabkan kavitasi, yaitu pembentukan gelembung udara dalam cairan yang bisa merusak sistem *hydraulic*. Struktur dari *suction valve* ini terlihat pada gambar 4.26. Operasi *valve* ini dapat dijelaskan sebagai berikut.

- 1) Pada operasi normal, oli di ruang pegas mendorong *poppet* ke kanan. Oli dari sirkuit aktuator masuk ke dalam ruang pegas. Tempat dudukkan katup memisahkan sirkuit aktuator dan sirkuit tangki.
- 2) Pada kondisi isap, ketika tekanan sirkuit aktuator menjadi rendah, tekanan sirkuit tangki menggerakkan *poppet* ke kiri. Tempat dudukkan katup dan *poppet* membentuk celah. Oli dari sirkuit tangki masuk ke sirkuit aktuator. Oli dari sirkuit tangki mencegah tekanan negatif di sirkuit aktuator.



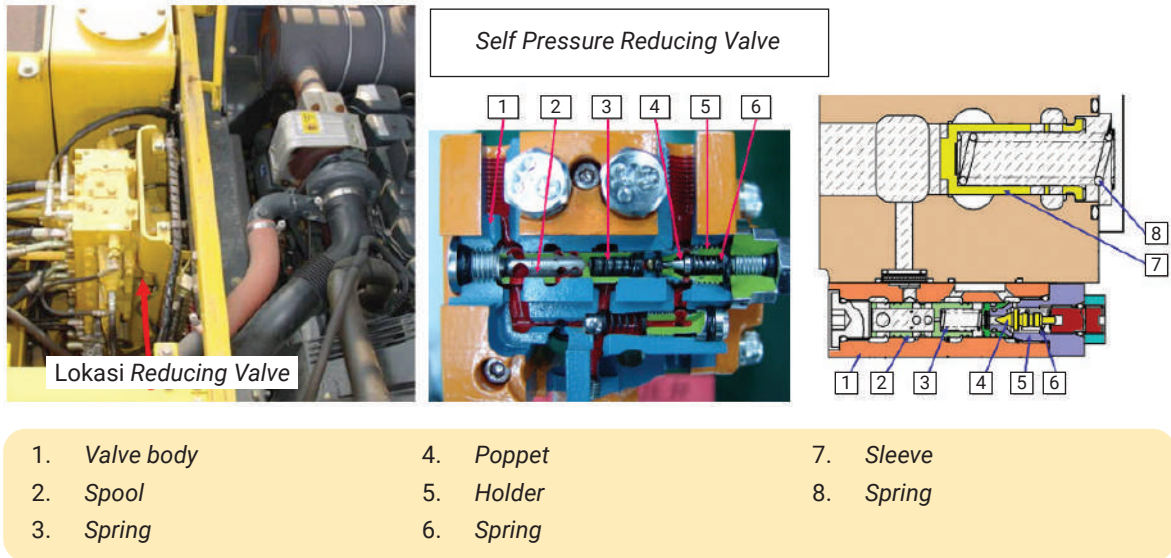
Gambar 4.26 Struktur dan cara kerja *suction valve*

### d. Katup Pengurang (*Reducing Valve*)

Valve ini berfungsi untuk menyediakan *pressure control* yang nilai tekanannya lebih dari rendah (30 – 40 kg/cm<sup>2</sup>) dari sirkuit utama (350 – 380 kg/cm<sup>2</sup>) dengan cara menurunkannya. Tujuannya untuk menjaga tekanan saluran tetap konstan. Ketika tekanan saluran menurun, katup terbuka dan hal sebaliknya terjadi. *Reducing valve* akan menurunkan tekanan dari



*main pump* (ada juga yang berasal dari *fan pump*). Oli yang telah diturunkan tekanannya ini diberikan pada *control circuit* untuk *control lever* (PPC) pada *operator's compartment*. Kelompok selenoid seperti *brake release pressure* untuk *swing motor* dapat menaikkan settingan tekanan pada *relief valve* (*two stage relief*), mengatur kecepatan *travel speed* motor, selenoid pengaturan sudut pompa *hydraulic* (PC EPC, LS EPC, TVC), dan lainnya. Letak dari *reducing valve* pada salah satu *small hydraulic excavator* dan strukturnya terlihat pada gambar 4.27.



**Gambar 4.27** Lokasi dan struktur *reducing valve*

Sumber: Komatsu Hydraulic System/Margono/2021

Beberapa hal dijelaskan berhubungan dengan gambar tersebut.

1) Operasi *self pressure reducing* (SPR) *valve*

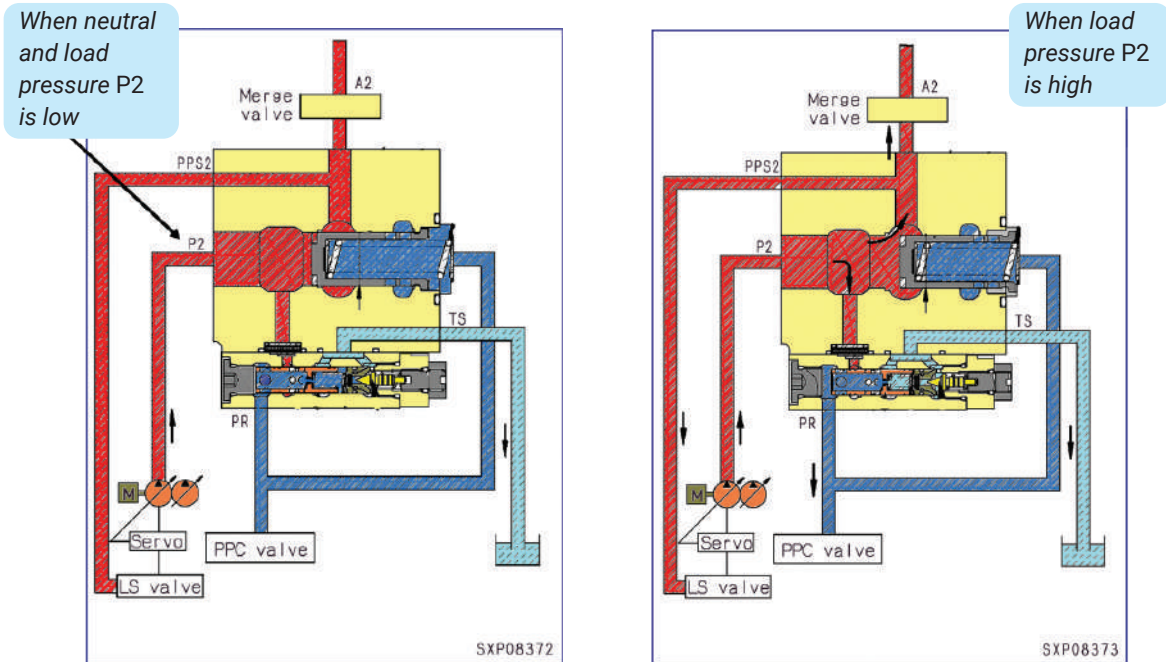
Pada gambar 4.28, diperlihatkan cara kerja dari SPR *valve* yang mengatur tekanan oli dari pompa *hydraulic* (P2) yang menuju ke sistem kontrol (PPC *valve* dan lainnya). Operasi oleh SPR *valve* ini dipengaruhi oleh tekanan pompa *hydraulic* (P2) itu sendiri.

2) Ketika netral dan tekanan beban pada P2 rendah

*Valve SPR* (*self pressure reducing*) menerima oli dari saluran keluaran pompa P2. Oli tersebut masuk ke port PR melalui *valve spool* SPR. *Spool* memiliki dua rongga yang dihubungkan oleh sebuah *orifice* dan rongga sisi kiri berada di sisi suplai oli dan sisi PR dan yang lainnya berada di sisi tangki melalui *valve poppet*.



Saat tekanan (PR) naik di atas tekanan yang ditentukan, *poppet* (11) bergerak ke kanan. Oli di rongga sisi kanan mengalir ke tangki melalui pembukaan *poppet*. Perbedaan tekanan dihasilkan sebelum dan sesudah *orifice* (a). *Spool* bergerak ke kanan untuk menutup saluran antara *port* (P2) dan (PR). Tekanan (P2) dikurangi oleh pembukaan *poppet* pada saat ini dan tekanan (PR) disesuaikan dengan tekanan yang telah ditentukan.



**Gambar 4.28** Operasi self pressure reducing (SPR) valve

Sumber: Komatsu Hydraulic System/Margono/2021

### 3) Ketika tekanan beban pada P2 tinggi

Tekanan beban (A2) meningkat sebagai akibat unit kerja berat (seperti saat operasi menggali, *lifting* beban besar, dan lain-lain) membuat tekanan pompa (P2) meningkat sesuai pergerakan *spool* SPR ke kanan hingga akhir langkah. Akibatnya, pembukaan antara *port* (P2) dan (A2) meningkat.

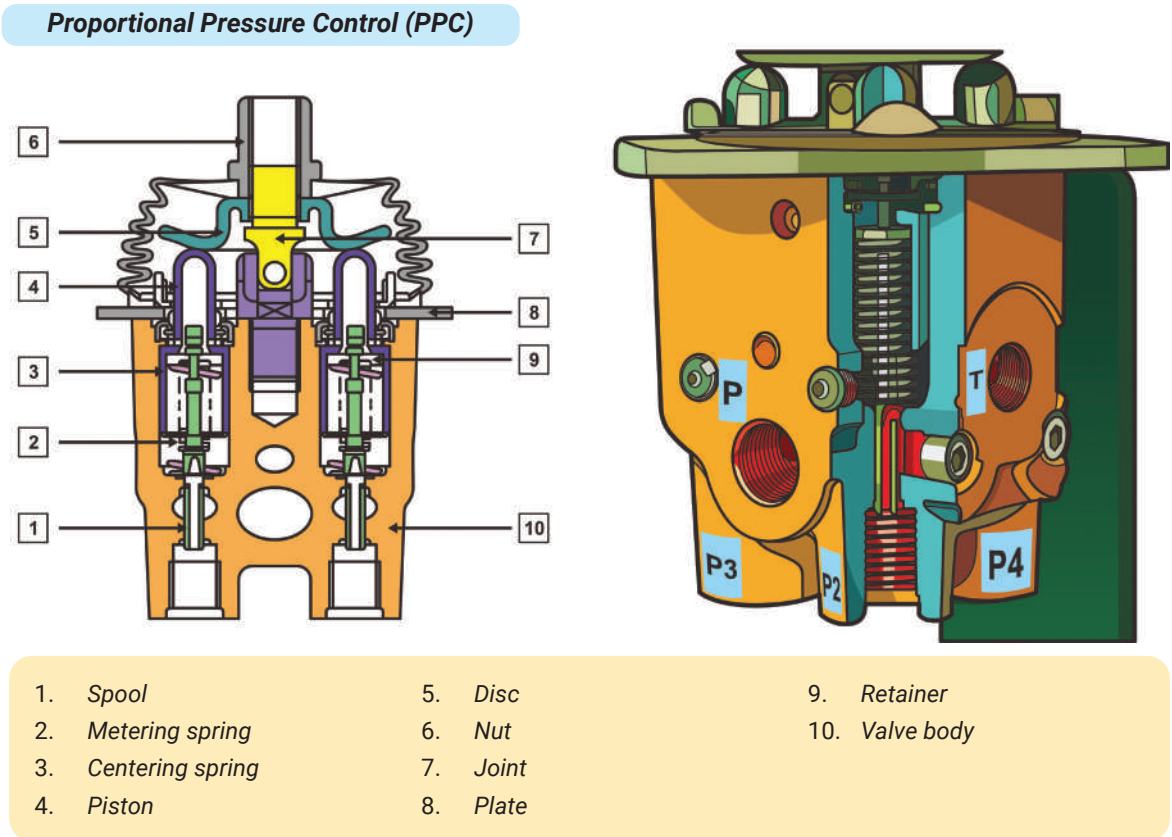
Ketika tekanan (PR) naik di atas tekanan yang ditentukan, *poppet* bergerak ke kanan lebih jauh dari tekanan beban rendah. Oli *hydraulic* di rongga sisi kanan mengalir ke tangki melalui pembukaan *poppet*. Perbedaan tekanan dihasilkan sebelum dan sesudah *orifice* (a). *Spool* bergerak ke kanan lebih jauh dari tekanan beban rendah, membuat saluran antara *port* (P2) dan (PR) menutup lebih dari tekanan beban rendah. Tekanan (P2) dikurangi oleh pembukaan *poppet* pada saat ini dan tekanan (PR) disesuaikan dengan tekanan yang telah ditentukan.



Selain empat *pressure control valve* yang telah dijelaskan sebelumnya, masih ada beberapa jenis *pressure control* yang banyak digunakan pada unit alat berat, khususnya *hydraulic excavator*. Contohnya sebagai berikut.

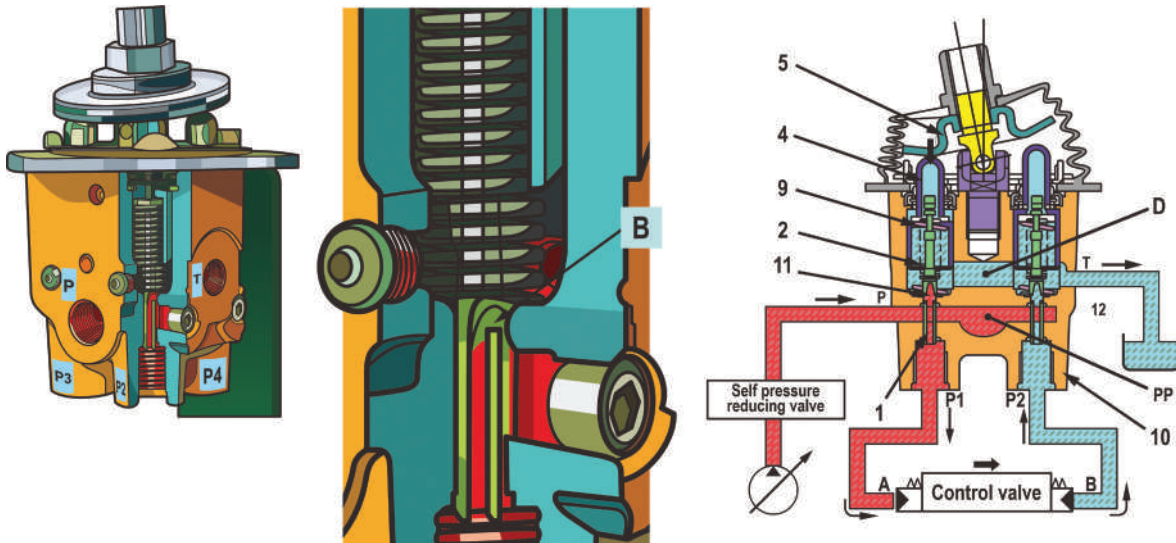
**e. PPC (*Proportional Pressure Control*) dan *Safety Valve***

PPC digunakan sebagai *control* atau pengendali perlengkapan kerja (*attachment*) dengan memanfaatkan oli dari SPR atau *hydraulic pump* khusus (*charge pump/control pump/PPC Pump*) sebagai *pressure control* guna menggerakkan *spool directional control valve*. Struktur dari PPC *valve* diperlihatkan pada gambar 4.29.



Gambar 4.29 Struktur PPC valve

Operasi PPC *valve* dijelaskan melalui gambar 4.30. Berdasarkan gambar tersebut, mekanisme PPC *valve* mengontrol aliran dan tekanan *oil hydraulic* melalui sistem, menyeimbangkan tekanan dengan posisi *spool* dan *spring* (pegas) serta memastikan pengoperasian yang halus.



Gambar 4.30 Operasi PPC valve

Operator menggerakkan tuas PPC valve, *disk* (5) mendorong piston (4), *retainer* (9), *spool* (1), dan *metering spring* (2). Ketika lubang *fine control* (f1) terputus dari ruang drain (D), pada saat yang sama port (P1) terhubung dengan port pompa (PP) dan oli keluaran pompa mengalir ke *port* (A) melalui lubang (f) dan *port* (P1).

Ketika tekanan di *port* (P1) menjadi lebih tinggi, *spool* (1) didorong kembali dan lubang (f1) terputus dari *port* pompa (PP). Pada saat bersamaan, lubang (f1) terhubung ke ruang drain (D) untuk melepaskan tekanan di *port* (P1). Hal itu mengakibatkan *spool* (1) bergerak naik dan turun sampai gaya *metering spring* (2) seimbang dengan tekanan di *port* (P1).

Hubungan posisi *spool* (1) dan *valve body* (10) tidak berubah sampai *retainer* (9) menyentuh *spool* (1). Lubang kontrol halus (f1) berada di tengah antara ruang drain (D) dan *port* pompa (PP).

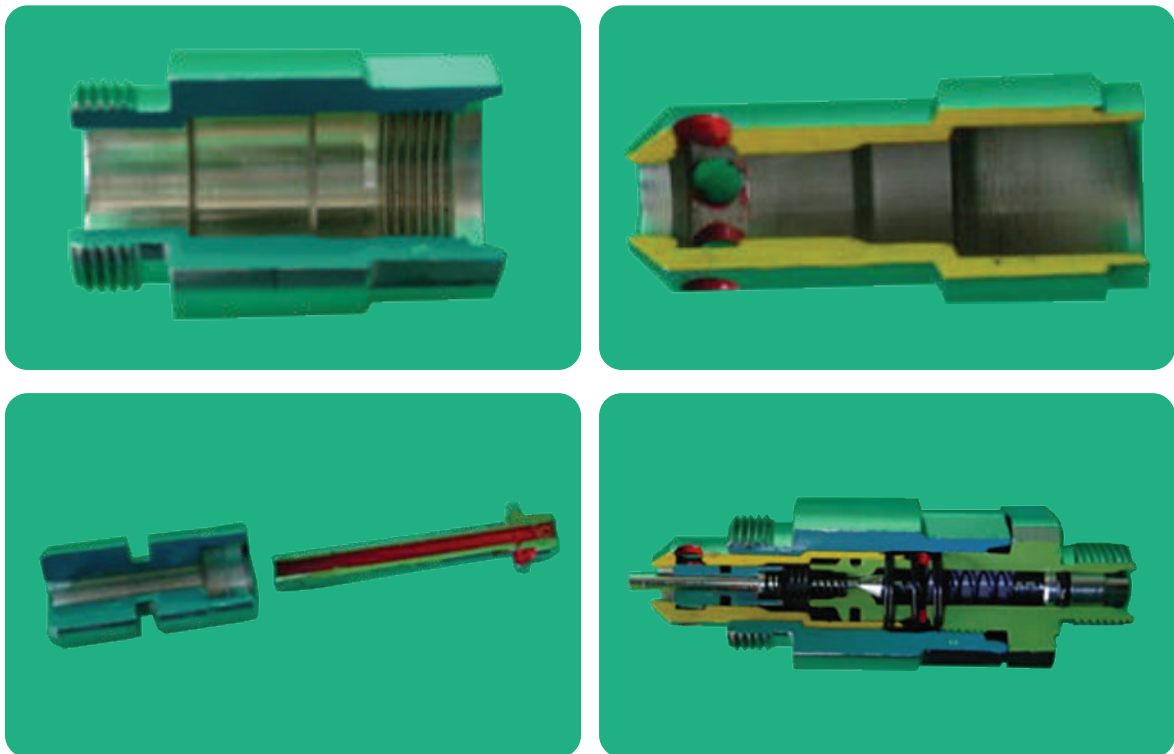
*Metering spring* (2) berkontraksi sebanding dengan pergerakan tuas kontrol (PPC), tekanan di *port* (P1) juga meningkat sebanding dengan pergerakan tuas kontrol (PPC). Tekanan di ruang (A) sama dengan tekanan di *port* (P1). Dengan cara ini, *control valve spool* bergerak ke posisi dengan tekanan ruang (A) dan gaya *spring* atau pegas pengembalian *spool control valve* menjadi seimbang. Hal itu mengakibatkan oli di ruang (B) mengalir ke tangki melalui *port* (P2), lubang (f2), dan ruang drain (D).



#### f. Katup Pengaman (*Safety Valve*)

*Safety valve* ini merupakan komponen penting dalam sistem *hydraulic* yang berfungsi untuk melindungi sistem dari tekanan berlebih saat *directional control valve* pada kondisi netral. Khususnya, pada sisi aktuator (*circuit* antara *control valve* dan aktuator). *Safety valve* dirancang secara otomatis membuka ketika tekanan dalam sistem melebihi batas yang telah ditetapkan. Dengan demikian, hal itu dapat mencegah kerusakan pada komponen-komponen dalam sistem, seperti *hydraulic* silinder dan motor, *hose*, serta pipa. Struktur dari *safety valve* dapat dilihat pada gambar 4.31

Dengan kata lain, fungsi dari *safety valve* untuk melepaskan tekanan tinggi dan negatif yang dihasilkan oleh kekuatan eksternal di dalam aktuator. Hal itu berfungsi untuk mencegah kerusakan aktuator (komponen-komponen di sisi aktuator).



Gambar 4.31 Struktur *safety valve*

Sumber: [komatsu.sabacloud.com](http://komatsu.sabacloud.com).





## Aktivitas 4.6

## Aktivitas Mandiri: Menjelajah Media Video

### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara mandiri menyimak materi tentang *pressure control valve*.

### Langkah-Langkah

1. Tontonlah beberapa video dan simaklah isi dari video yang diberikan!
2. Pindailah kode QR atau buka tautan berikut ini!
3. Setelah kalian menyimak informasi dari video, buatlah ringkasan tentang *pressure control valve*!

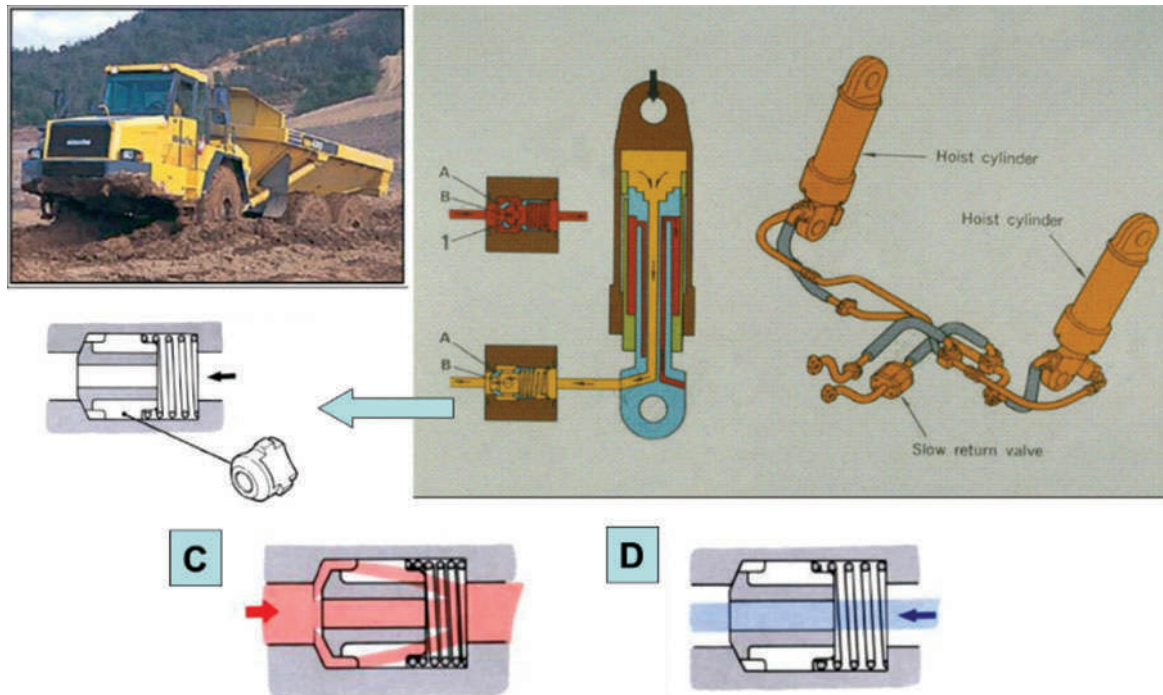


### 3. Flow Control Valve

*Flow control valve* ini berfungsi untuk mengontrol volume aliran fluida ke komponen *hydraulic*, seperti silinder atau motor *hydraulic*. Hal itu penting untuk mengatur kecepatan pergerakan komponen atau untuk mengatur laju aliran fluida dalam sistem *hydraulic*. Struktur *flow control valve* ini diperlihatkan pada gambar 4.32.



Katup kembali lambat (*slow return valve*) digunakan dalam sirkuit *hoist silinder* untuk mengangkat layaknya seperti *vessel*. Pengangkatan *vessel* saat pengosongan atau pembuangan muatan, seperti tanah, pasir, dan lainnya dengan kecepatan tinggi. Sementara itu, menurunkannya dengan kecepatan lambat untuk menghindari kejutan. Mengalirkan sejumlah besar oli saat mengangkat *vessel* dan mengurangi aliran oli saat menurunkannya.



Gambar 4.32 Struktur *slow return valve*

Sumber: Komatsu Hydraulic System/Margono/2021

Operasi: saat memperpanjang *hoist silinder*, katup dibuka seperti pada gambar 4.32 bagian C untuk meningkatkan area aliran oli. Saat menarik silinder, katup ditutup seperti pada gambar D untuk mengurangi lubang aliran oli dan katup ini dirancang untuk mengatur aliran oli *hydraulic* saat *vessel* bergerak naik atau turun. Dengan demikian, hal itu memungkinkan kontrol kecepatan dan mengurangi potensi kerusakan akibat hentakan yang tiba-tiba.





## Aktivitas 4.7

### Aktivitas Mandiri: Menjelajah Media Video

#### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara mandiri menyimak dan mencermati materi tentang *flow control valve*.

#### Langkah-Langkah

1. Tontonlah beberapa video dan simaklah isi dari video yang diberikan!
2. Pindailah kode QR atau buka tautan berikut ini!
3. Setelah kalian menyimak dan mencermati informasi dari video, buatlah ringkasan tentang *flow control valve*!



## Aktivitas 4.8

### Aktivitas Kelompok: Praktik Identifikasi *Control Valve*

#### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara bekerja sama mengidentifikasi nama dan fungsi *control valve*.

#### Langkah-Langkah

1. Buatlah kelompok dengan anggota tiga atau empat siswa!
2. Lakukan pembongkaran *control valve* yang dimiliki oleh *workshop* alat berat kalian!
3. Identifikasi nama dan fungsi yang dituliskan dalam buku tugas kalian!
4. Setelah itu, rakit kembali *control valve* tersebut!
5. Lakukanlah pembongkaran dan perakitan sesuai prosedur yang tertera dalam *manual book*!





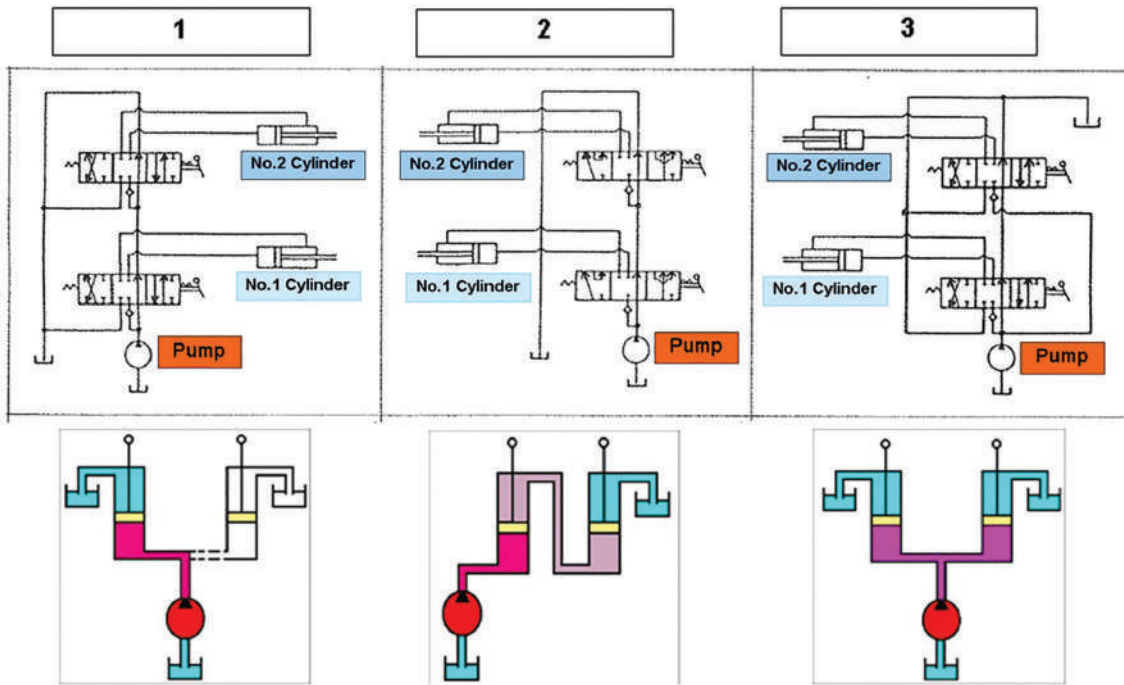
## Latihan

Gambar-gambar di bawah ini menunjukkan jenis-jenis sirkuit *hydraulic*. Tentukan dan jelaskan dari gambar 1 hingga 3 atas tiga pilihan, yaitu sirkuit paralel, sirkuit tandem, dan sirkuit seri!

1 (.....)

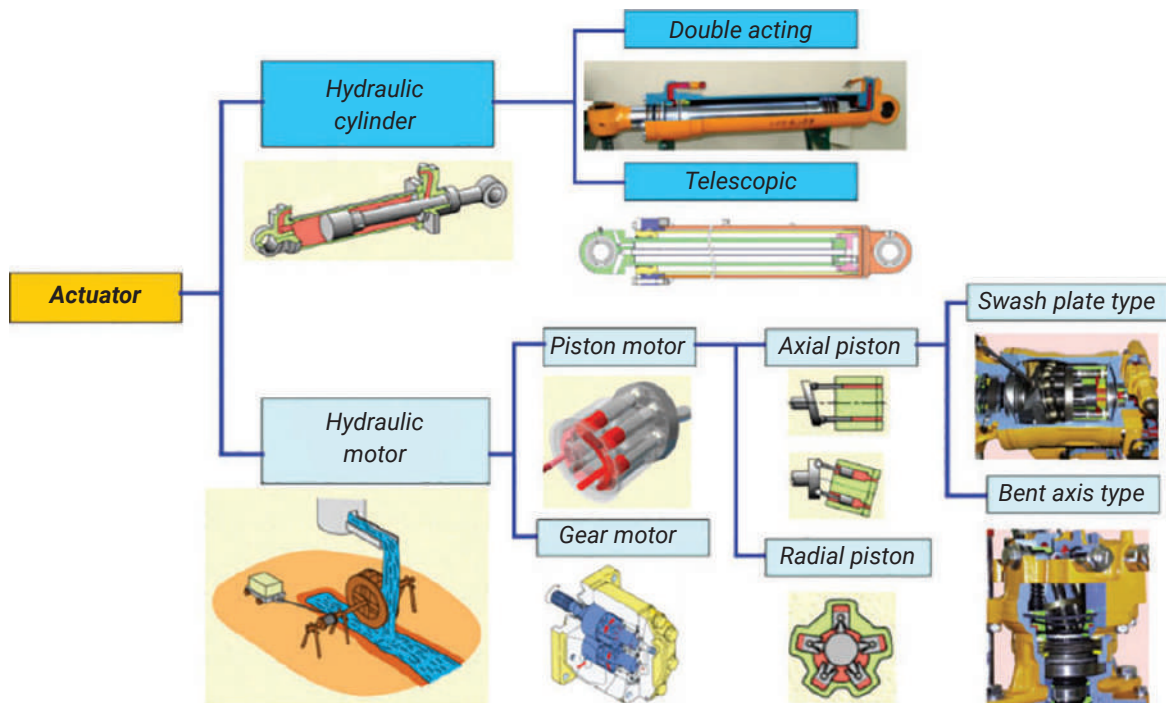
2 (.....)

3 (.....)



## E. Komponen Hydraulic: Aktuator

Aktuator pada *hydraulic system* merupakan komponen yang dapat mengubah daya kinetik oli menjadi daya mekanik. Terdapat dua aktuator, yaitu silinder *hydraulic* yang memiliki gerak keluar masuk (*linear*) dan motor *hydraulic* dengan gerakan mekanik memutar. Klasifikasi aktuator terlihat pada gambar 4.33.



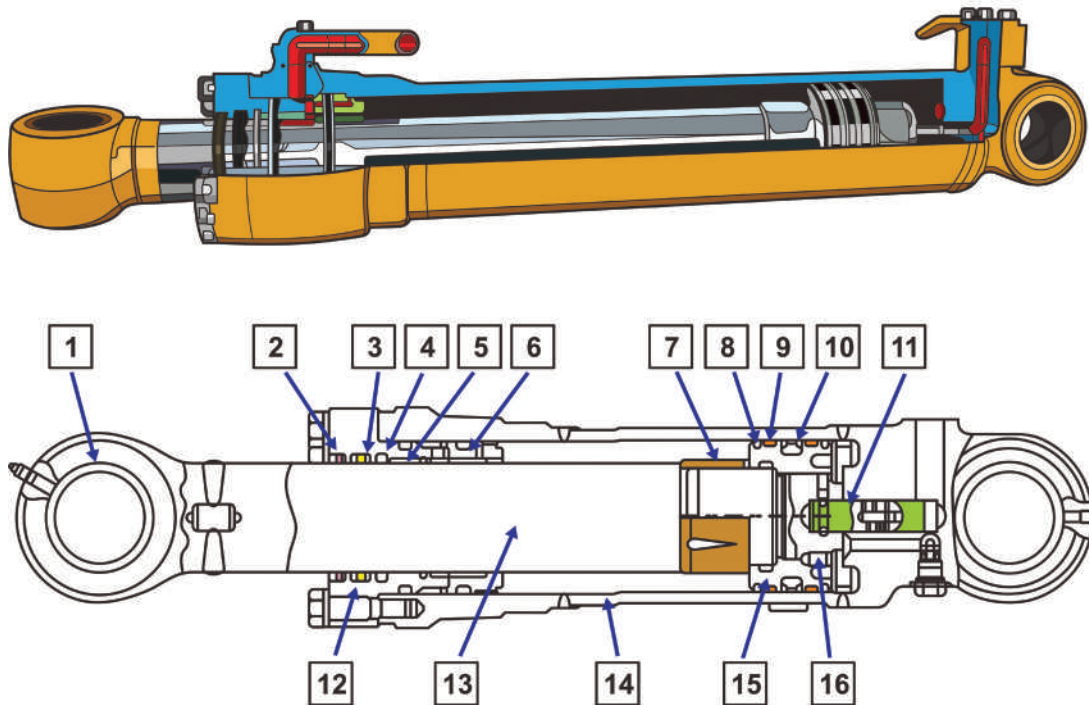
Gambar 4.33 Jenis aktuator

### 1. Silinder Hydraulic

Silinder *hydraulic* merupakan aktuator *hydraulic* yang mengubah daya kinetik *hydraulic* yang berupa kecepatan alir/flow rate ( $Q$ ) dan tekanan ( $p$ ) menjadi daya *linear mechanical* (memanjang dan memendek “*expanding and retracting*”) berupa gaya ( $F$ ) dan kecepatan linear ( $v$ ). Jenis aktuator ini terdapat *single acting*, *double acting*, dan kombinasi keduanya (*telescopic*). Gambar 4.34 memperlihatkan struktur umum silinder.



### Double acting cylinder



- |                |                         |                   |
|----------------|-------------------------|-------------------|
| 1. Pin bushing | 7. Plunger head side    | 13. Cylinder rod  |
| 2. Dust seal   | 8. Guard ring           | 14. Cylinder tube |
| 3. Rod packing | 9. Wear ring            | 15. Piston        |
| 4. Buffer ring | 10. Piston seal         | 16. Stopper screw |
| 5. Bushing     | 11. Plunger bottom side |                   |
| 6. Collar      | 12. Head                |                   |

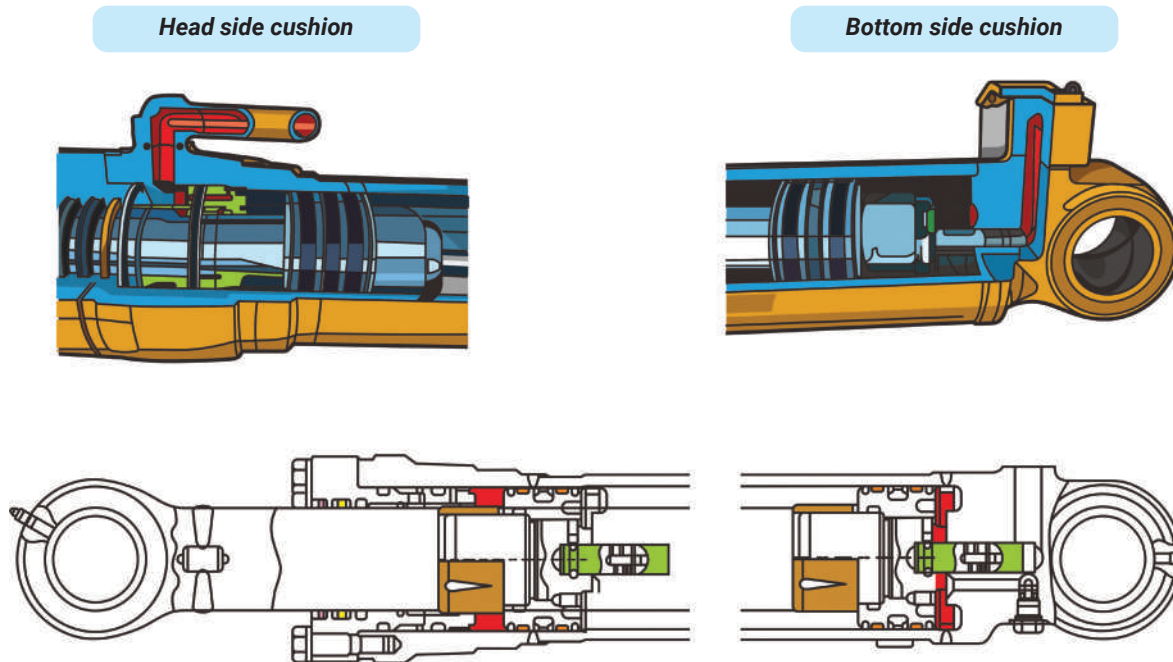
Gambar 4.34 Struktur hydraulic cylinder double acting.

Beberapa *hydraulic cylinder* dilengkapi dengan *cushion* dan *piston valve*, dijelaskan dalam uraian berikut.

#### a. *Cushion Valve*

*Valve* ini berfungsi untuk mengurangi dampak guncangan di akhir langka silinder, baik pada sisi *head* dan *bottom* silinder. Gambar 4.35 menjelaskan bagaimana struktur *cushion* di kedua sisi silinder (*head* dan *bottom*) dirancang untuk mengurangi dampak guncangan dengan memperlambat kecepatan piston melalui peningkatan tekanan oli saat mendekati ujung *stroke*.





Gambar 4.35 Struktur *cushion valve* pada *hydraulic cylinder*.

Berikut penjelasan *cushion valve* pada sisi *head* dan *bottom*.

1) *Cushion valve* pada sisi *head*

Ketika piston mendekati *head silinder*, *plunger* pada sisi *head* masuk ke dalam *collar*. Hal itu membuat saluran balik oli menjadi kecil. Tekanan oli antara piston dan *collar* menjadi tinggi. Oleh karena itu, tekanan tinggi ini membuat kecepatan piston menjadi lebih lambat dan mencegah guncangan besar di ujung *stroke* sisi *head*.

2) *Cushion valve* pada sisi *bottom*

Pada saat piston mendekati bagian *bottom silinder*, *plunger* pada sisi *bottom* masuk ke dalam lubang bagian *bottom* silinder. *Plunger* pada sisi bawah dan lubang bagian *bottom* membuat saluran balik oli menjadi kecil. Tekanan oli antara piston dan bagian *bottom* silinder menjadi tinggi. Oleh karena itu, tekanan tinggi ini membuat kecepatan piston menjadi lebih lambat dan mencegah guncangan besar di ujung *stroke* sisi *bottom* silinder.

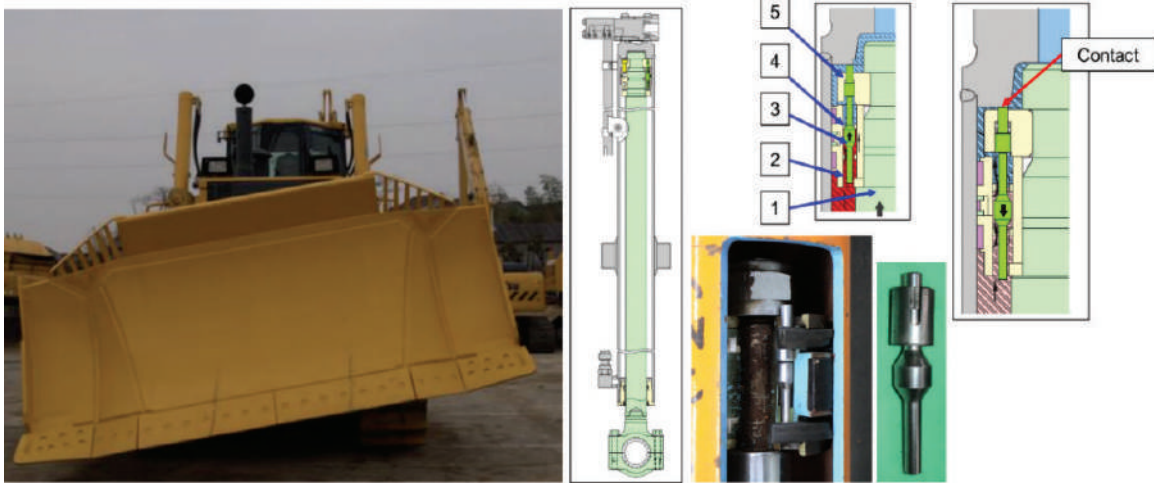
**b. Piston Valve**

*Valve* ini mengurangi guncangan yang terjadi ketika piston bersentuhan dengan *head* atau bagian *bottom* silinder. Selain itu, *valve* berfungsi untuk mengurangi tekanan lonjakan selanjutnya dalam silinder dengan membiarkan oli keluar dari silinder sebelum piston mencapai ujung langkahnya. Pada gambar 4.36, menggambarkan cara piston *valve* bekerja



untuk mencegah gaya torsi dan meredakan tekanan berlebih dalam sistem *hydraulic* dengan mengatur aliran oli ketika piston mencapai ujung langkahnya.

*Piston valve* ini dipasang pada piston dalam silinder pengangkat *blade* (perlengkapan kerja pada *bulldozer*). Ketika piston mencapai ujung langkahnya, *piston valve* melepaskan oli dari pompa *hydraulic* untuk mengurangi tekanan oli yang diterapkan pada piston. Ketika *blade* pada posisi tilt (dimiringkan), *blade* tersebut terkena gaya torsi karena posisi piston yang tidak rata pada kedua silinder, yaitu piston di satu sisi masih bergerak dan piston di sisi lain telah mencapai ujung langkahnya. *Piston valve* dipasang untuk mencegah terjadinya gaya torsi. Ketika salah satu piston mencapai ujung langkahnya, *piston valve* terbuka untuk mengurangi tekanan oli.



**Gambar 4.36** Lokasi dan struktur *piston valve* pada *hydraulic* silinder.

Sumber: Komatsu Hydraulic System/Margono/2021

Berikut penjelasan *piston valve* pada kondisi tertutup dan terbuka.

1) Operasi *piston valve* pada kondisi tertutup

Oli bertekanan dari pompa *hydraulic* bekerja pada piston (2) dan *piston valve* (3). *Valve* ini (3) didorong ke arah panah hingga *piston valve seat* (4) bersentuhan erat dengan bagian yang meruncing. Hal itu menyebabkan tekanan dalam silinder naik dan memindahkan piston (2) ke arah panah.

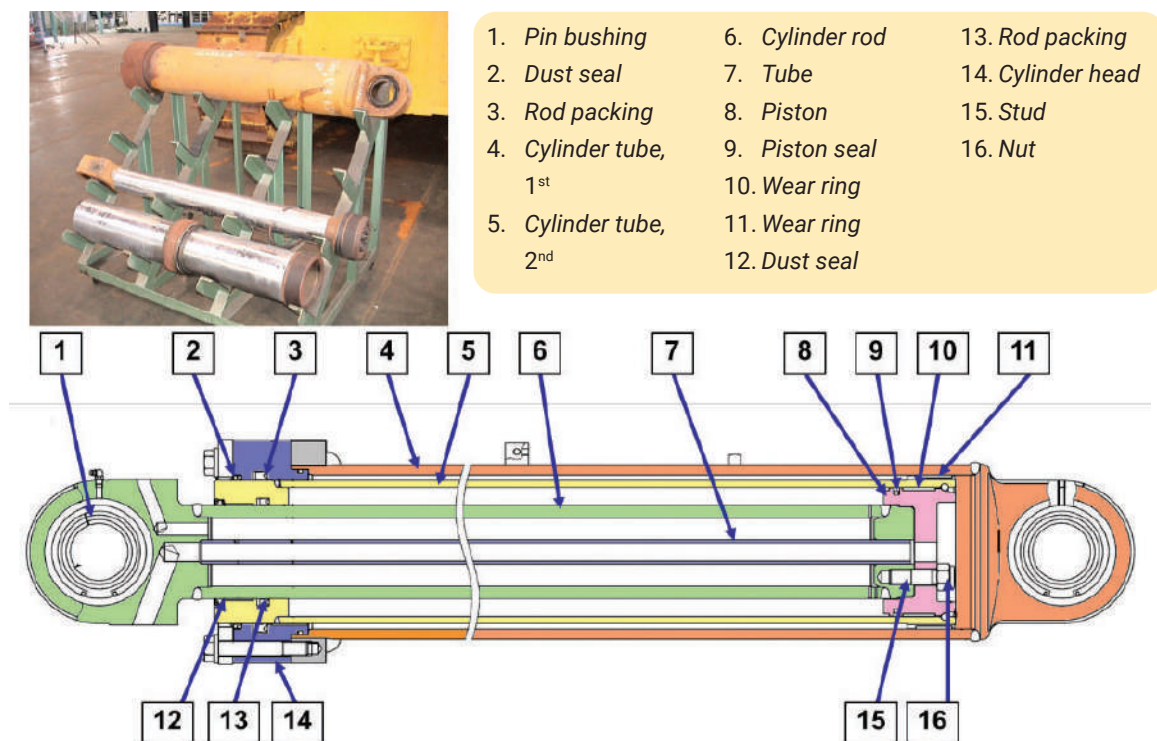
2) Operasi *piston valve* pada kondisi terbuka

Tepat sebelum *piston rod* (1) mencapai ujung langkahnya. Ujung *valve* menyentuh (*contact*) pada bagian bawah silinder sehingga *piston valve* (3) berhenti pada posisi tersebut dan tidak bergerak lebih jauh. Hanya *piston* (2) yang bergerak lebih jauh. Ketika itu terjadi, oli di *head*



silinder yang disekat oleh piston valve (3), keluar dari piston valve seat (4) dan (5). Hal itu membuat tekanan di dalam silinder berhenti naik.

Silinder teleskopik bergerak secara linear, dapat tersusun dari beberapa silinder *double* dan *single acting*. Misalnya, silinder teleskopik yang dipakai pada Komatsu HD785-7 yang merupakan kombinasi dari dua silinder, yakni silinder *double* dan *single acting*. Layaknya silinder *hydraulic*, silinder ini juga bekerja dengan mengubah tenaga *hydraulic* menjadi tenaga mekanik linear. Perumpamaan akan silinder teleskopik ini seperti antena mobil atau tiang teleskopik, perumpamaan ini membantu memvisualisasikan cara silinder *hydraulic* bekerja dalam berbagai aplikasi mekanik dan industri. Secara struktur, silinder teleskopik ini terlihat pada gambar 4.37.



Gambar 4.37 Struktur silinder teleskopik

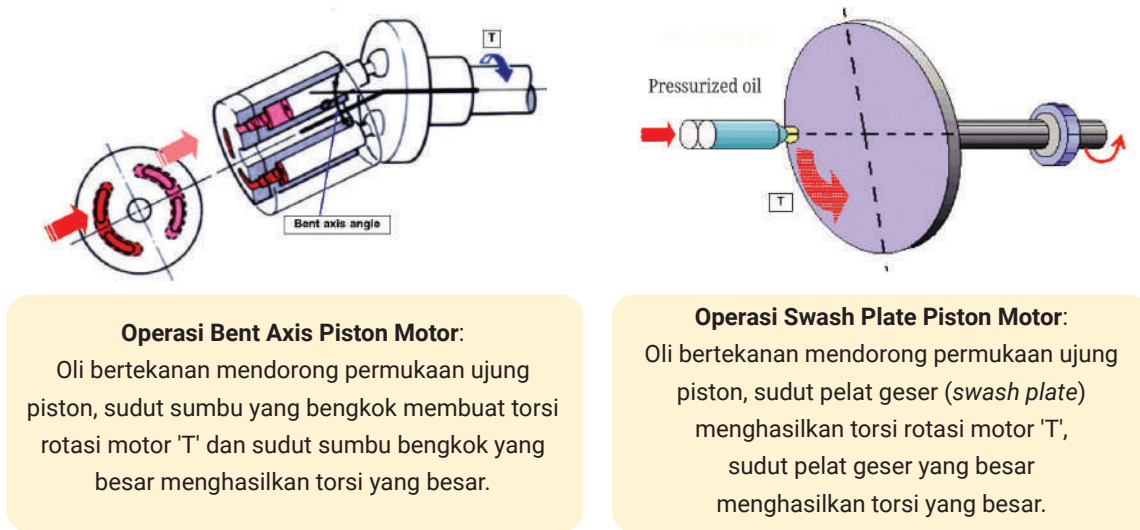
Sumber: Komatsu Hydraulic System/Margono/2021

## 2. Hydraulic Motor

Motor *hydraulic* merupakan aktuator *hydraulic* kedua yang mengubah daya kinetik *hydraulic* yang berupa kecepatan alir/flowrate (Q) dan tekanan (p) menjadi daya mekanik memutar berupa Torsi (T) dan kecepatan putar *shaft* motor (n). Cara kerja *hydraulic* motor ini kebalikan dari pompa *hydraulic* sehingga jenisnya pun menjadi *gear* dan piston motor.



Penggunaan *hydraulic* motor pada unit alat berat secara umum berupa *swing* motor, *travel* motor dan *fan* motor untuk pendingin radiator, *oil cooler* serta *air to air aftercooler*. Jenis *hydraulic* motor yang digunakan tipe piston, yaitu *bent axis* dan *swash plate*, seperti terlihat gambar 4.38.

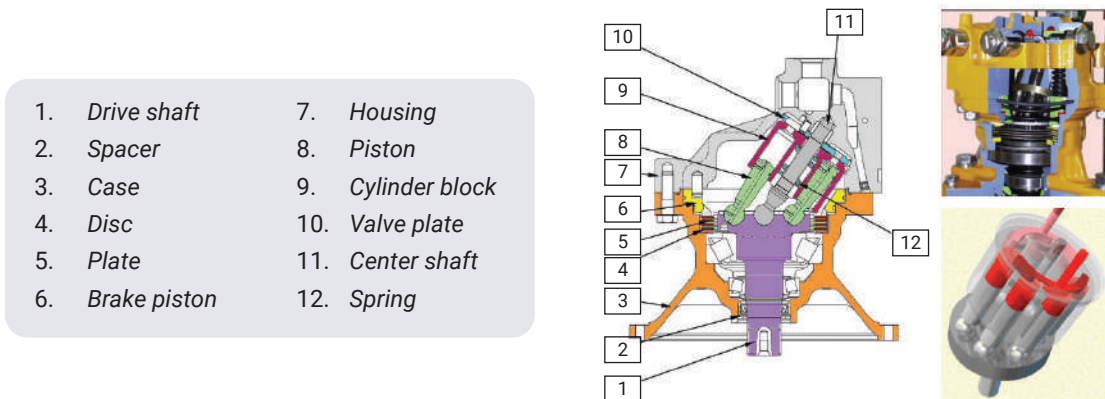


**Gambar 4.38** Operation bent axis dan swash plate piston motor.

Sumber: Komatsu Hydraulic System/Margono/2021

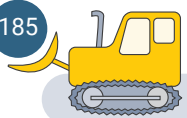
### a. Bent Axis Piston Motor

*Shaft* motor (1) dan *shaft* piston (11) berada pada sudut yang miring satu sama lain, bukan sejajar. *Shaft* motor (1) dan blok silinder membentuk suatu sudut tertentu. Piston terhubung ke *flange* melalui sambungan bola. Sudut antara piston dan *shaft* menciptakan gerakan yang mengubah energi *hydraulic* menjadi gerakan rotasi. Struktur dari *bent axis* piston motor ini diperlihatkan pada gambar 4.39.



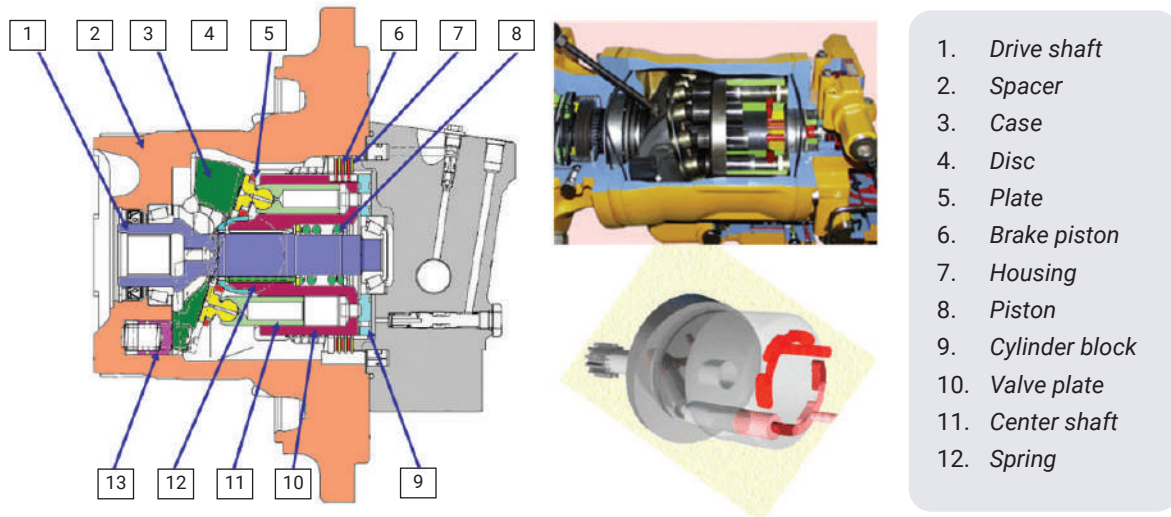
**Gambar 4.39** Struktur piston motor bent axis

Sumber: Komatsu Hydraulic System/Margono/2021



## b. Swash Plate Piston Motor

Piston dipasang secara paralel terhadap poros motor (1) dan dipasang dalam blok silinder (10). Sebuah *swash plate* (*rocker cam* (3)) yang miring mengubah gerakan *linear* piston menjadi gerakan rotasi, konstruksi akan piston motor ini tergambar pada gambar 4.40.



**Gambar 4.40** Struktur piston motor *swash plate*.

Sumber: Komatsu Hydraulic System/Margono/2021

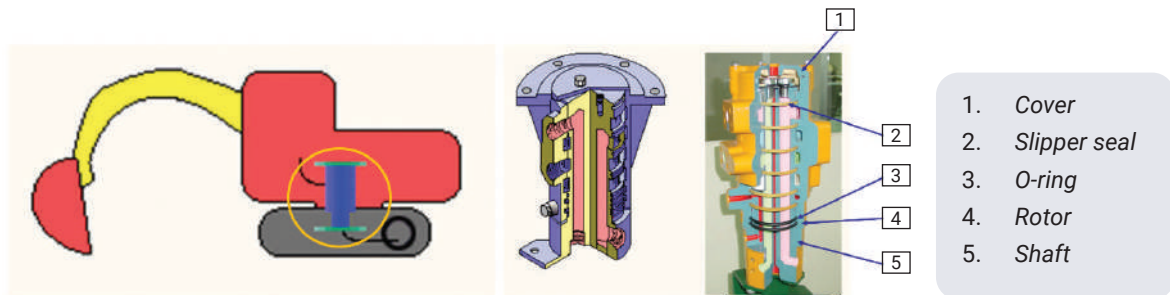
Untuk menambah pengetahuan kalian tentang *swash plate* piston motor, pindailah kode QR atau buka tautan berikut. Kalian akan memperoleh informasi tentang *swash plate* piston motor dalam video ini.



## F. Komponen *Hydraulic*: Komponen *Hydraulic* Lainnya

### 1. *Swivel Joint*

Pada *hydraulic excavator* terdapat dua komponen utama, yaitu rangka atas (*upper structure*) dan rangka bawah (*lower structure*) yang dihubungkan oleh *circle bearing*. Namun, aliran oli dari *directional control valve* yang berada pada rangka bawah menuju ke motor *travel* menggunakan *swivel joint*. Tujuannya agar saluran tetap terhubung walaupun saat *swing* dioperasikan (rangka atas memutar). Struktur dari *swivel joint* terlihat pada gambar 4.41.



Gambar 4.41 Struktur *swivel joint*

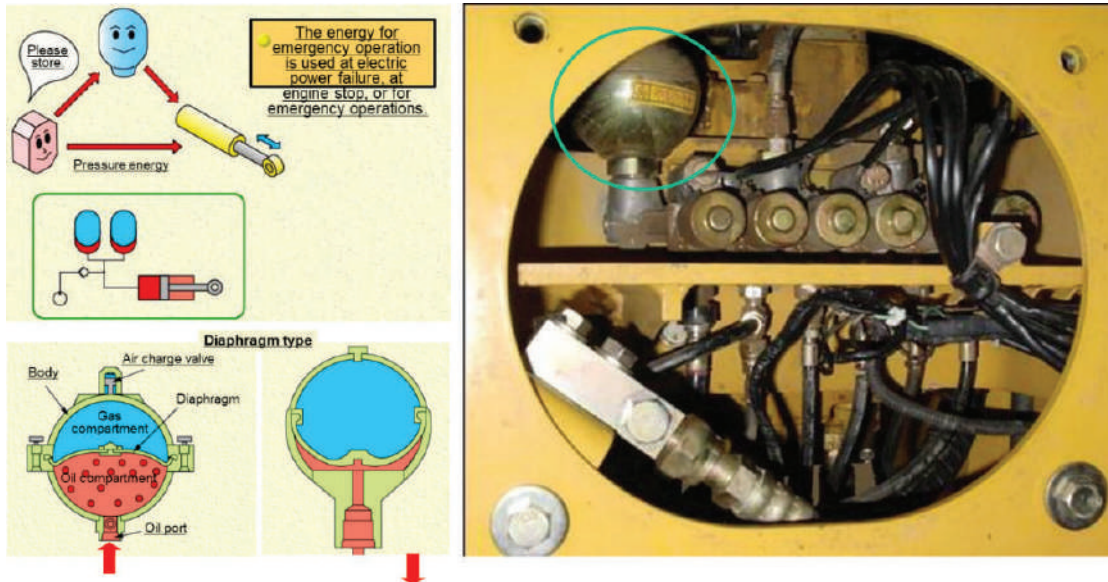
Sumber: Komatsu Hydraulic System/Margono/2021

*Shaft* (5) terhubung ke rangka atas dengan sebuah penghubung. *Rotor* (4) dipasang pada rangka bawah dengan *bolt*. *Rotor* (4) dan *shaft* (5) dapat berputar bebas satu sama lain tanpa ada batasan dengan *port* (saluran oli) mereka. *Swivel joint* membuat jalur oli antara rangka atas dan rangka bawah. *Swivel joint* memungkinkan aliran oli meskipun ada pergerakan relatif antara rangka atas dan bawah.

### 2. *Accumulator*

Komponen *hydraulic* ini terdiri dari gas bertekanan tinggi dan diafragma di dalam struktur. Ketika oli bertekanan tinggi masuk ke dalam akumulator (*accumulator*), gas bertekanan tinggi tersebut terkompresi. Sebaliknya, ketika sisi oli memiliki tekanan yang lebih rendah, oli dikeluarkan oleh gas bertekanan tinggi. Gas bertekanan tinggi yang terkompresi dapat menyimpan energi tekanan. Penggunaan akumulator pada alat berat secara umum bertipe *bladder* dan piston. Gambar 4.42 memperlihatkan struktur dan lokasi dari akumulator tipe *bladder*.





Gambar 4.42 Lokasi dan struktur akumulator

Pada alat berat *hydraulic excavator*, apabila unit berhenti dengan *boom* tetap terangkat saat beroperasi. *Bucket* dapat diturunkan ke tanah dengan menggunakan tekanan akumulator untuk menggerakkan *spool boom* sebagai *pilot pressure*. Oli *hydraulic* yang masuk ke dalam *silinder boom* berasal dari oli yang berada pada *directional control valve* dan *back pressure compensating valve* melalui *vakum/suction valve*.

Ketika tekanan oli dari pompa (*acc charge*) digunakan untuk *brake system wheel loader* bermasalah membuat *brake* menjadi tidak efektif dan membuat kegagalan dalam penghentian unit saat operasi. Dalam hal ini, energi tekanan mengalir dari akumulator ke saluran *brake* untuk menghentikan *wheel loader* (unit Komatsu HD785 memiliki sistem serupa).

Untuk *breaker*, gerakan naik-turun piston dalam silinder memblokir oli yang dipompa sesaat dan dihasilkan lonjakan tekanan tinggi. Akumulator menyerap tekanan lonjakan untuk mencegah terjadinya tekanan tinggi. Pada saluran balik dari *breaker*, akumulator digunakan untuk menyerap denyutan dari oli bertekanan yang dipompa dari piston.

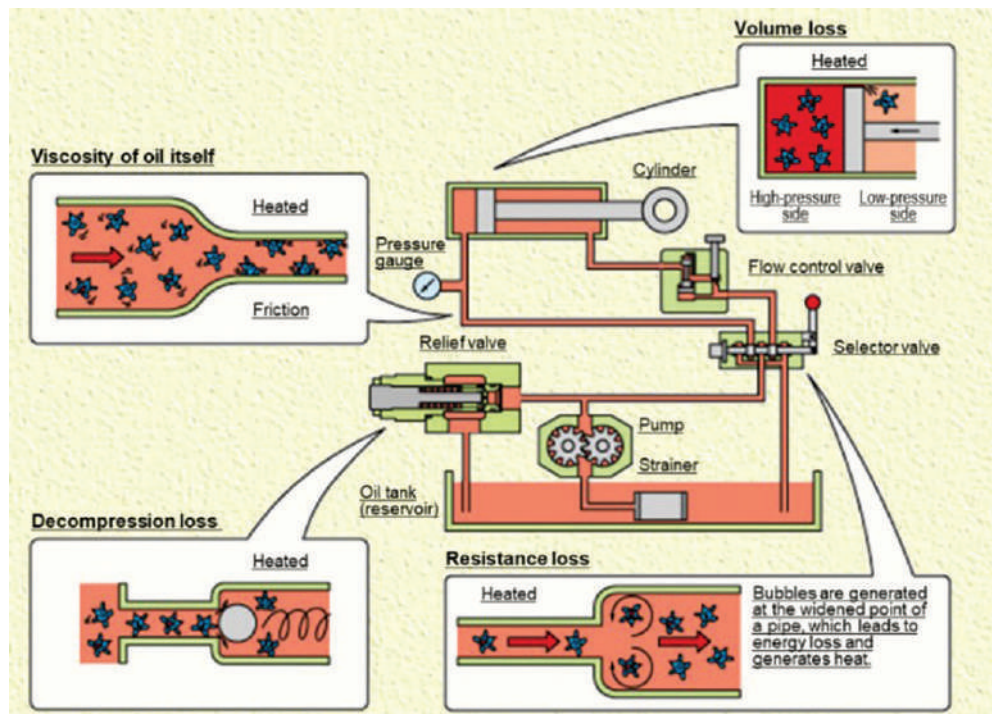
### Hal penting untuk penanganan akumulator

Jangan membongkar (tipe *bladder*), pengisian gas harus dilakukan oleh orang yang berkualifikasi (tipe piston). Akumulator yang dilepas tidak boleh dibuang (dibuang hanya setelah gas dilepaskan oleh orang yang berkualifikasi).



### 3. Oil Cooler

Pendingin oli berfungsi untuk mendinginkan oli pelumas pada *engine* atau oli *hydraulic* pada sistem *hydraulic*. *Oil cooler* membantu menjaga suhu operasi optimal, meningkatkan efisiensi, dan mencegah kerusakan akibat panas berlebih dengan mendinginkan oli. Panas yang timbul pada *oil* dapat berasal dari kekentalan oli (lebih kental) dan *decompression loss* (saat terjadi perbedaan tekanan). Selain itu, panas yang timbul juga berasal dari volume *loss* (*internal leakage*) dan *resistance loss* yang membentuk gelembung pada titik pipa yang melebar yang mengarah pada kehilangan energi dan menghasilkan panas. Proses ini terlihat pada gambar 4.43.

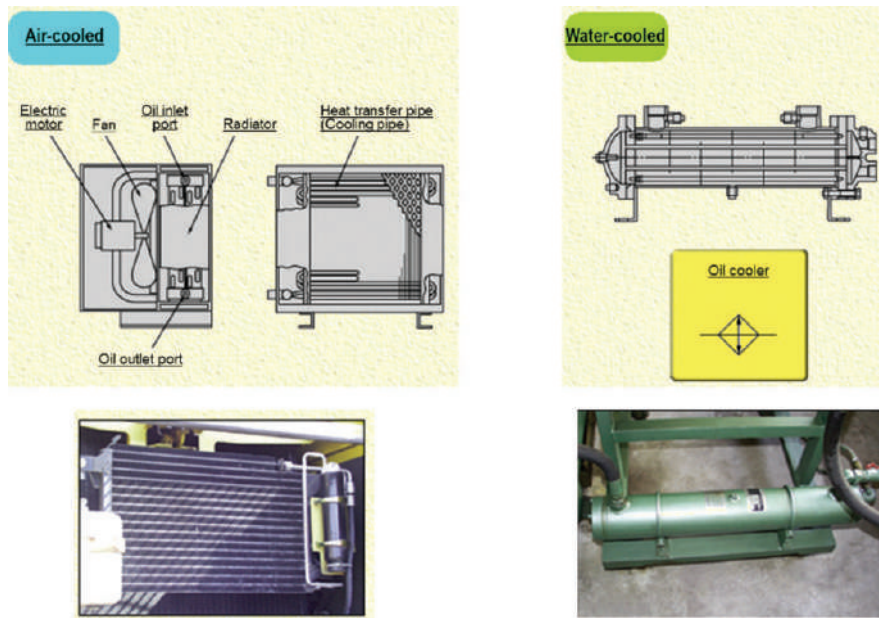


Gambar 4.43 Fungsi oil cooler

Sumber: Komatsu Hydraulic System/Margono/2021

Sistem pendingin oil dapat menggunakan udara (*air cooled*) dan air (*water cooled*). Sementara itu, oli *hydraulic* pada *hydraulic excavator* biasanya didinginkan oleh udara (*air cooled*), sedangkan sistem pendingin yang menggunakan air (*water cooled*) terjadi pada oli pelumasan *engine*, *oil powertrain* (*torq-converter*), dan *brake oil cooling*. Letak *oil cooler* berada di depan radiator untuk pendinginan udara (*hydraulic oil cooler*) dengan *engine fan motor*. Penggunaan udara pendingin yang sama dari *fan motor* menyebabkan *engine overheat* akan membuat oli *hydraulic* juga *overheat*. Struktur *oil cooler* untuk kedua jenis ini, diperlihatkan pada gambar 4.44.





**Gambar 4.44** Struktur oil cooler

Sumber: Komatsu Hydraulic System/Margono/2021

Ketika oli digunakan untuk *hydraulic excavator* dalam kondisi suhu tinggi akan menyebabkan keausan komponen *hydraulic*. Selain itu, juga menyebabkan penurunan efisiensi operasi dan konsumsi bahan bakar *engine* meningkat akibat viskositas oli yang rendah, penurunan kinerja *oil sealing*, dan lainnya.



## Aktivitas 4.9

### Aktivitas Mandiri: Menjelajah Media Video

#### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara mandiri menyimak informasi dari video yang diberikan.

#### Langkah-Langkah

1. Tontonlah beberapa video dan simaklah isi dari video yang diberikan!
2. Pindailah kode QR atau buka tautan berikut ini!
3. Setelah kalian menyimak dan mencermati informasi dari video, buatlah ringkasan dari informasi yang diperoleh!



<https://buku.kemdikbud.go.id/s/TAB41>



<https://buku.kemdikbud.go.id/s/TAB42>





## Aktivitas 4.10

### Aktivitas Kelompok: Praktik Identifikasi Aktuator dan Komponen *Hydraulic* Lainnya

#### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara bekerja sama mengidentifikasi nama dan fungsi aktuator dan komponen *hydraulic* lainnya.

#### Langkah-Langkah

1. Buatlah kelompok dengan anggota tiga atau empat siswa!
2. Lakukan pembongkaran aktuator dan komponen *hydraulic* lainnya yang dimiliki oleh *workshop* alat berat kalian!
3. Identifikasi nama dan fungsi yang dituliskan dalam buku tugas kalian!
4. Setelah itu, rakit kembali komponen tersebut!
5. Lakukanlah pembongkaran dan perakitan sesuai prosedur yang tertera dalam *manual book*!



## Aktivitas 4.11

### Aktivitas Mandiri: Praktik Unit

#### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara mandiri mengukur tekanan melalui mesin monitor pada *hydraulic excavator*.

#### Langkah-Langkah

1. Lakukan pengukuran tekanan melalui mesin monitor pada *hydraulic excavator*!
2. Tontonlah video dengan memindai kode QR atau membuka tautan berikut!



3. Isilah tabel berikut berdasarkan hasil pengukuran!



**Tabel 4.4** Hasil Pengukuran Tekanan Melalui Mesin Monitor pada *Hydraulic Excavator*

<i>Un-Load</i>	rpm	MPa	MPa
<b>Slow</b> (P Mode)	<i>Engine slow speed</i>	<i>F pump relief pressure</i>	<i>R pump relief pressure</i>
<b>Full</b> P (Mode)	<i>Engine full speed</i>	<i>F pump relief pressure</i>	<i>R pump relief pressure</i>

MPa	MPa
<i>Bucket Curl PPC Pressure</i>	<i>Arm Curl PPC Pressure</i>

°C
<i>Hyd. Oil Temperature</i>



### Kasus Industri

Kekompleksan suatu sistem *hydraulic* alat berat berada pada unit *hydraulic excavator*. Hal itu karena pada unit ini penggunaan daya kinetik oli secara efisien, khususnya penyesuaian daya serapan pompa *hydraulic* terhadap daya yang dihasilkan oleh *engine*. Beberapa perlengkapan kerja, yakni *boom*, *arm*, *bucket*, *swing*, dan *travel* akan diberikan suplai oli sesuai dengan bebannya. Apabila terdapat permasalahan pada sistem *hydraulic* pada *excavator*, seperti perlengkapan kerja (*boom*, *arm*, *bucket*) serta *swing* dan *travel* tidak dapat digerakkan atau bekerja. Menurut kalian apa saja kemungkinan penyebab permasalahan ini terjadi? Selanjutnya, tentukan urutan penyebabnya hingga cara memastikan beberapa penyebab permasalahan tersebut dan penyebab utamanya.



**Tabel 4.5** Hasil Analisis Permasalahan

Permasalahan	Perlengkapan Kerja, <i>Swing</i> , dan <i>Travel</i> Tidak Dapat Bekerja			
Kemungkinan penyebab masalah dan standar pengujian	Penyebab	Standar Nilai Saat Normal	Nilai Hasil Pengujian	Keputusan (Baik/ Buruk)





## A. Pilihan Ganda

1. Cermati pernyataan-pernyataan berikut ini! Mekanik A menyatakan bahwa zat cair dalam ruangan terbuka jika diberi tekanan, maka tekanan tersebut akan diteruskan ke segala arah dan tegak lurus dengan permukaan. Mekanik B menyatakan bahwa zat cair dalam ruangan tertutup jika diberi tekanan, maka tekanan tersebut akan diteruskan ke segala arah dengan besar tekanan yang berbeda-beda di tiap permukaan. Pernyataan yang benar adalah ....
  - a. mekanik A
  - b. mekanik B
  - c. mekanik A dan mekanik B
  - d. tidak ada pernyataan yang benar
  - e. kedua-duanya benar
2. Cermati pernyataan-pernyataan berikut ini! Mekanik A menyatakan bahwa sistem *hydraulic (open center system)*, pada saat *control valve* berada di posisi tengah/netral, oli akan menuju ke aktuator. Mekanik B menyatakan bahwa *hydraulic system (closed center system)*, pada saat *control valve* berada di posisi tengah/netral, oli dari pompa akan dialirkan ke tangki. Pernyataan yang benar adalah ....
  - a. mekanik A
  - b. mekanik B
  - c. mekanik A dan mekanik B
  - d. tidak ada pernyataan yang benar
  - e. mekanik A salah dan mekanik B salah
3. Cermati pernyataan-pernyataan berikut ini! Mekanik A menyatakan bahwa, memperbesar sudut *swash plate* akan memperbesar jumlah oli yang dipindahkan oleh pompa. Mekanik B menyatakan bahwa, memperkecil sudut *swash plate* akan memperkecil jumlah aliran oli yang dapat dipindahkan oleh pompa. Pernyataan yang benar adalah ....
  - a. mekanik A
  - b. mekanik B
  - c. mekanik A dan mekanik B
  - d. tidak ada pernyataan yang benar
  - e. kedua-duanya salah



4. Cermati pernyataan-pernyataan berikut ini! Mekanik A menyatakan bahwa akumulator pneumatik tidak boleh diisi dengan gas oksigen karena dapat menimbulkan karat. Mekanik B menyatakan bahwa akumulator pneumatik tidak boleh diisi dengan gas oksigen karena jika bercampur dengan oli dapat meledak. Pernyataan yang benar adalah ....
- mekanik A
  - mekanik B
  - mekanik A dan mekanik B
  - tidak ada pernyataan yang benar
  - mekanik A benar dan mekanik B salah
5. Cermati pernyataan-pernyataan berikut ini! Mekanik A menyatakan bahwa pada saat melakukan pengukuran tekanan relief dapat dilakukan dengan cara menggerakkan *blade lift cylinder* ke posisi *end stroke* (akhir langkah). Mekanik B menyatakan bahwa pada saat melakukan pengukuran tekanan relief dapat dilakukan dengan cara menggerakkan *ripper cylinder* ke posisi *end stroke* (akhir langkah). Pernyataan yang benar adalah ....
- mekanik A
  - mekanik B
  - mekanik A dan mekanik B
  - tidak ada pernyataan yang benar
  - kedua-duanya benar
6. Cermati pernyataan-pernyataan berikut ini! Mekanik A menyatakan bahwa pengukuran *hydraulic drift* dilakukan pada saat kondisi *low idling*. Mekanik B menyatakan bahwa pengukuran *hydraulic drift* dilakukan pada saat kondisi *high idling*. Pernyataan yang benar adalah ....
- mekanik A
  - mekanik B
  - mekanik A dan mekanik B
  - tidak ada pernyataan yang benar
  - mekanik A benar dan mekanik B salah
7. Cermati pernyataan-pernyataan berikut ini! Mekanik A menyatakan bahwa untuk menaikkan tekanan relief dapat dilakukan dengan cara memutar *adjustment screw* searah dengan arah jarum jam. Mekanik B menyatakan bahwa untuk menaikkan tekanan relief dapat dilakukan dengan cara mengurangi *shim* pada katup, agar ketegangan pegas meningkat. Pernyataan yang benar adalah ....
- mekanik A
  - mekanik B
  - mekanik A dan mekanik B
  - tidak ada pernyataan yang benar
  - kedua-duanya benar



## B. Uraian

Lakukan pengukuran tekanan melalui mesin monitor pada *hydraulic excavator* seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah!

Measuring hydraulic pressure through the monitor panel on PC200-8			
Un-load	rpm	MPa	MPa
Slow (P mode)	Engine slow speed	F pump relief pressure	R pump relief pressure
Full (P mode)	Engine full speed	F pump relief pressure	R pump relief pressure
		MPa	MPa
Bucket Curl PPC Pressure		Arm Curl PPC Pressure	
			°C
		Hyd.Oil Temperature	

### Measuring and adjusting oil pressure in work equipment, swing, and travel circuits

- ★ Measuring and adjusting tools for oil pressure in work equipment, swing, and travel circuits

Symbol	Part No.	Part name
J	799-101-5002	Hydraulic tester
	790-261-1204	Digital hydraulic tester
	799-101-5220	Nipple (10 × 1.25 mm)
	07002-11023	O-ring

- ⚠ Stop the machine on a level ground and lower the work equipment to the ground. Then, release the residual pressure from the hydraulic circuit. For details, see "Releasing residual pressure from hydraulic circuit".

#### Measuring

- ★ The oil pressure in the work equipment, swing, and travel circuits (pump discharge pressure) can be checked with monitoring function of the machine monitor, too (For details, see "Special functions of machine monitor").
  - Monitoring code: 01100 F pump pressure
  - Monitoring code: 01101 R pump pressure
- ★ Measure the oil pressure in the work equipment, swing, and travel circuits under the following condition.
  - Hydraulic oil temperature: Within operating range

Relief	Condition	Normal relief	Power max.
Boom relief	Hydraulic oil temperature: Within operating range	MPa {kg/cm <sup>2</sup> }	34.8 ± 1.0 {355 ± 10}
		MPa {kg/cm <sup>2</sup> }	37.3 ± 1.0 {380 ± 10}
Arm relief	Engine at high idle Working mode: P mode	MPa {kg/cm <sup>2</sup> }	34.8 ± 1.0 {355 ± 10}
		MPa {kg/cm <sup>2</sup> }	37.3 ± 1.0 {380 ± 10}
Bucket relief	Hydraulic pump output pressure with all measurement circuits relieved	MPa {kg/cm <sup>2</sup> }	34.8 ± 1.0 {355 ± 10}
		MPa {kg/cm <sup>2</sup> }	37.3 ± 1.0 {380 ± 10}





## Refleksi

Pembahasan pada Bab 4 mengenai sistem *hydraulic* alat berat telah meningkatkan pemahaman kalian. Pemahaman terkait aliran oli pada *hydraulic system* alat berat, tenaga *hydraulic*, serta jenis, fungsi, lokasi dari komponen-komponen *hydraulic*. Komponen *hydraulic* tersebut, yaitu *hydraulic tank*, *hydraulic pump*, katup kendali (*control valve*) *hydraulic*, dan *hydraulic actuator*. Selain itu, ada komponen *hydraulic* lainnya, seperti *swivel joint*, akumulator, dan *oil cooler*. Dari semua materi pada Bab 4 yang telah dipelajari, tentukanlah hal-hal berikut.

1. Materi pembelajaran atau topik apakah yang menurut kalian sulit dipahami? Jelaskan!
2. Materi pembelajaran atau topik apakah yang mudah kalian pahami? Sebutkan alasannya!

Diskusikan dengan teman maupun guru kalian.

### Lembar Refleksi (Kerjakan di Buku Tugas Kalian)

Materi pembelajaran atau topik apakah yang menurut kalian sulit dipahami? Jelaskan!

1. ....
2. ....
3. ....
4. ....
5. ....

Materi pembelajaran atau topik apakah yang mudah kalian pahami? Sebutkan alasannya!

1. ....
2. ....
3. ....
4. ....
5. ....





## Pengayaan

Lakukanlah penelusuran informasi tentang topik berikut untuk menambah wawasan kalian.

1. Aliran oli pada *hydraulic system* alat berat dan tenaga *hydraulic*.
2. Komponen-komponen *hydraulic*, yaitu *hydraulic tank*, *hydraulic pump*, katup kendali (*control valve*) *hydraulic*, dan *hydraulic actuator*.
3. Komponen *hydraulic* lainnya, seperti *swivel joint*, akumulator, dan *oil cooler*.

Kalian dapat memindai informasi pada kode QR berikut ini.

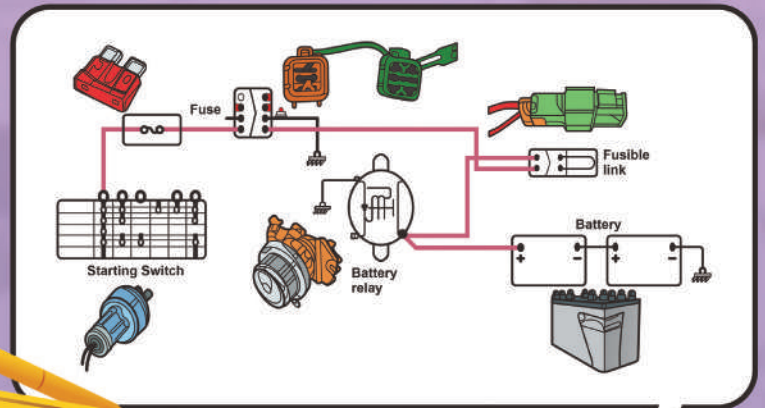


KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2024

Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XI

Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin

ISBN: 978-634-00-0174-7



Bab

5



# Sistem Kelistrikan Alat Berat



Komponen-komponen listrik apa saja yang terlibat dalam sistem kelistrikan alat berat pada gambar?

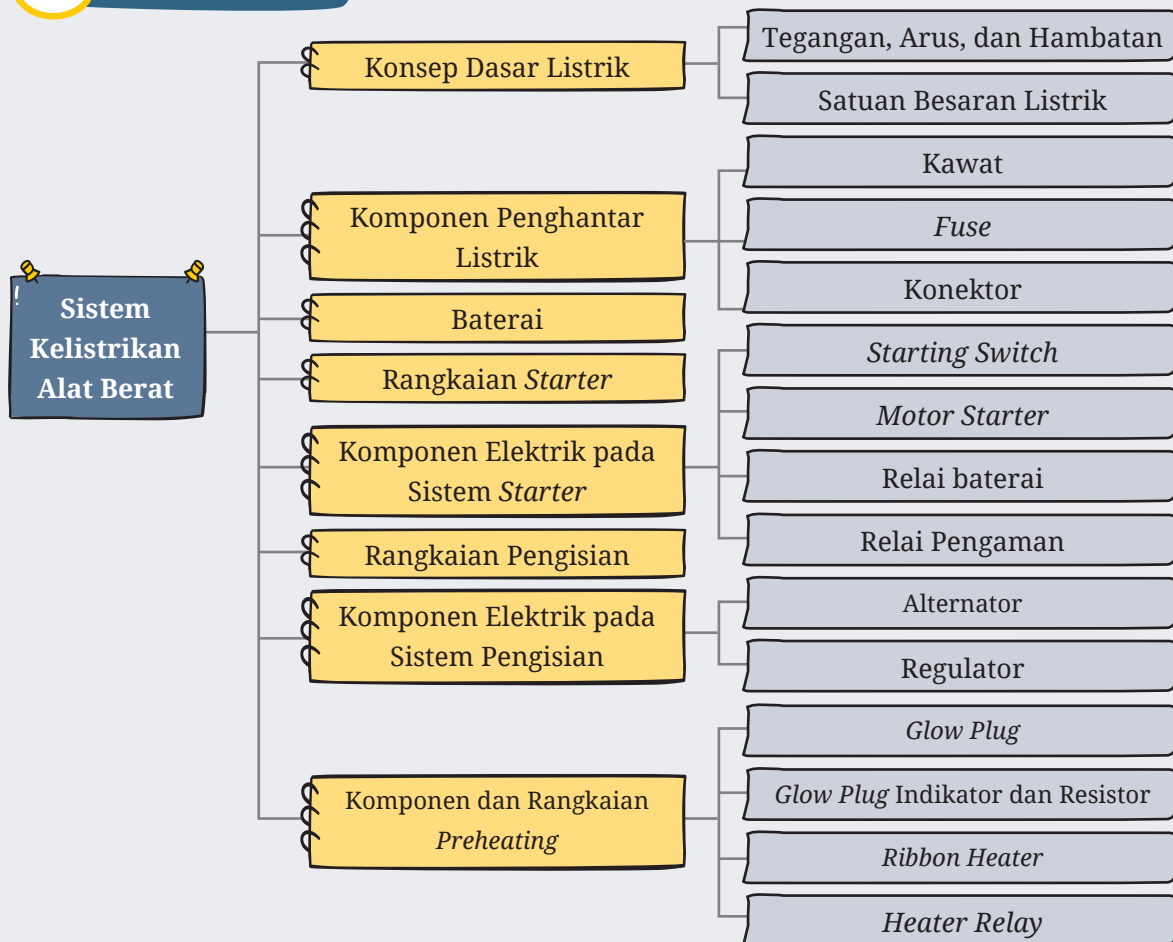


## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, kalian dapat menjelaskan konsep dasar listrik, mengidentifikasi tipe dan struktur penghantar listrik serta mengidentifikasi nama, fungsi, lokasi, struktur, prinsip kerja dari baterai, komponen-komponen *starting*, *charging*, dan *preheating system* pada alat berat.



## Peta Materi



## Kata Kunci

- komponen elektrik
- *starting*
- *charging*
- baterai
- penghantar listrik
- *preheating*





**Gambar 5.1** Baterai memengaruhi fungsi sistem kelistrikan pada kendaraan.

Suatu ketika, ada sebuah mobil yang tidak dapat menyala saat distarter. Pemilik mobil tentu mencari tahu penyebabnya. Pemilik mobil menduga bisa saja terjadi permasalahan pada baterai mobil. Kondisi tersebut akan menghambat kegiatannya saat itu. Apakah saran kalian jika mengalami hal yang sama dengan pemilik mobil tersebut?

Mobil tidak lepas dari sistem kelistrikan dan komponennya, seperti baterai dalam menjalankan fungsinya. Begitu juga dengan alat berat. Alat berat memiliki sistem kelistrikan yang berhubungan dengan konsep dasar kelistrikan dan komponen-komponennya. Pada bab ini, kalian akan mempelajari tentang sistem kelistrikan pada alat berat.

Aktivitas pembelajaran ini dirancang untuk memberikan pemahaman yang mendalam dan praktis tentang cara kerja dan implementasi sistem kelistrikan dalam konteks alat berat. Pemahaman yang mendalam mengenai sistem kelistrikan penting bagi kalian sebagai siswa di jurusan teknik alat berat. Selain itu, pemahaman ini juga penting untuk teknisi yang memelihara dan mengoperasikan alat-alat berat.



## A. Pratinjau Konsep Dasar Listrik

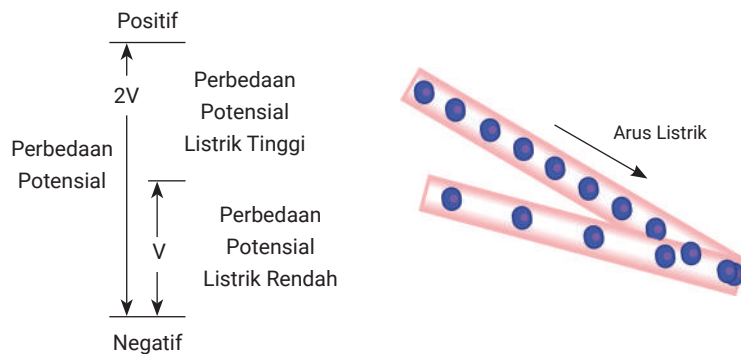
Pada subbab ini kalian akan mempelajari konsep dasar listrik yang meliputi tegangan listrik, arus listrik, dan hambatan listrik. Selain itu, kalian juga mempelajari tentang satuan-satuan besaran listrik. Masing-masing hal tersebut akan diuraikan sebagai berikut.

### 1. Tegangan Listrik (Beda Potensial Listrik)

Listrik mempunyai tingkat tegangan, yaitu tinggi dan rendah. Listrik mengalir dari sisi positif yang bertegangan lebih tinggi ke sisi negatif yang bertegangan lebih rendah. Listrik mengalir makin besar seiring dengan makin besarnya perbedaan tegangan. Tegangan tersebut memiliki satuan volt dengan simbol  $V$ . Jika level tegangan dua kali lebih tinggi, tegangannya adalah  $V + V = 2V$  dan aliran listrik makin banyak. Hal itu terlihat pada gambar 5.2 berikut.

**Tegangan (V): usaha (W)**  
yang diperlukan untuk  
memindahkan satu  
**muatan (q)** listrik

$$V = \frac{W}{q}$$



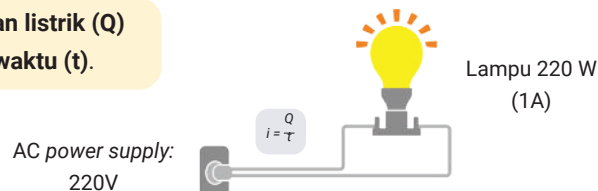
Ketika tinggi tegangan digandakan, tegangannya menjadi  $V + V = 2V$  dan alirannya juga menjadi dua kali lipat.

Gambar 5.2 Tegangan atau beda potensial listrik

### 2. Arus Listrik

Aliran listrik dikenal juga sebagai arus listrik dengan satuan ampere dan dilambangkan dengan  $A$ . Beban kerja listrik makin tinggi, seiring dengan makin besarnya arus yang mengalir. Misalnya, lampu 220W, apabila lampu tersebut terpasang pada tegangan 220 V, arusnya sebesar 1A. Ilustrasi akan hal itu terlihat pada gambar 5.3.

**Arus listrik adalah muatan listrik (Q)**  
yang mengalir setiap **waktu (t)**.

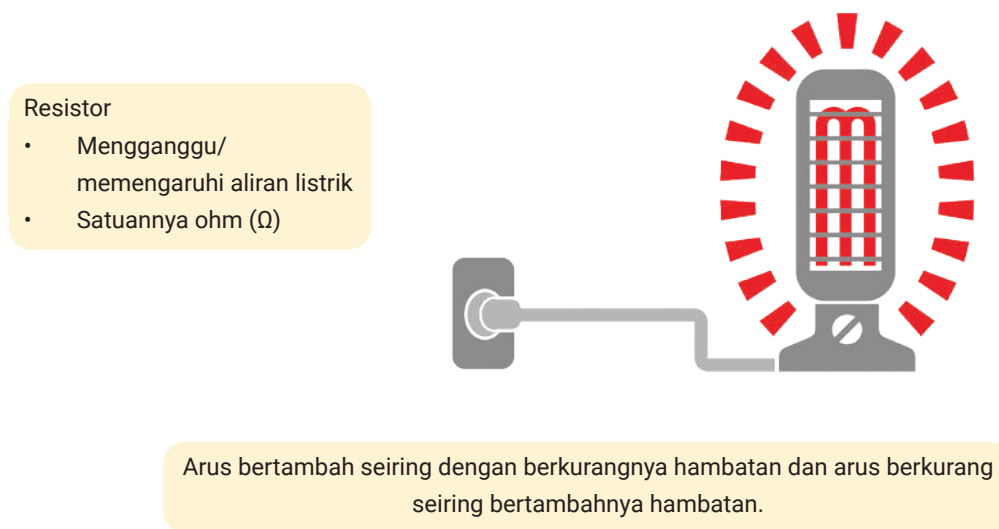


Gambar 5.3 Arus listrik

Jika tegangan AC yang diberikan pada lampu, tegangan turun menjadi 110V dengan menggunakan lampu yang ada (spesifikasi lampu 220W/220V). Sementara itu, arus yang mengalir menjadi 0,5A dengan daya menjadi 55W dan cahaya lampu terlihat lebih redup, begitu sebaliknya. Dengan demikian, perubahan kecerahan sangat tergantung dari nilai perubahan kuadrat tegangan listriknya.

### 3. Hambatan Listrik (Resistor)

Lampu bohlam menyala lebih terang akibat memanaskan dan membaranya kawat tungsten yang berada di dalamnya. Dengan demikian, dihasilkan panas yang berwarna merah terang dan menghangatkan lingkungan sekitar, seperti terlihat pada gambar 5.4. Kawat tungsten yang digunakan memiliki resisten dengan satuan ohm dan simbolnya  $\Omega$ . Hambatan listrik pada dasarnya berguna untuk mengganggu aliran listrik.



Gambar 5.4 Hambatan listrik

### 4. Satuan-Satuan Besaran Listrik

Satuan yang sering digunakan dalam rangkaian kelistrikan alat berat dan mekatronika tercantum pada Tabel 5.1. Perhatikan angka-angka untuk mengukur atau menghitung. Secara khusus, satuan yang sering digunakan untuk nilai standar pemeliharaan dan kriteria penilaian pemecahan masalah dalam *shop manual* diberi warna merah. Satuannya harus dibandingkan dengan nilai yang ditunjukkan pada standar nilai/*repair limit* saat pengujian rangkaian dengan benar.



**Tabel 5.1** Gambar Satuan Besaran Listrik

Unit (Reading)	Multiplier	Voltage	Current	Resistance	Capacitance	Frequency	Time
G (giga)	$10^9$					GHz	
M (mega)	$10^6$			Megaohm $M\Omega$		MHz	
K (kilometer)	$10^3$	KV		$K\Omega$		KHz	
-	1	Volt V	Ampere A	Ohm $\Omega$	Farads F	Hertz Hz	Second s
m (mm)	$10^{-3}$	mV	mA	$m\Omega$			ms
$\mu$ (micro)	$10^{-6}$	$\mu V$	$\mu A$		$\mu F$		$\mu s$
n (nano)	$10^{-9}$		nA				ns
p (piko)	$10^{-12}$				pF		

## B. Komponen Penghantar Listrik

Pada subbab ini kalian akan mempelajari tentang kawat, simbol identifikasi untuk kabel, perlindungan sirkuit, dan konektor.

### 1. Kawat (Wire)

#### Tahukah Kamu?

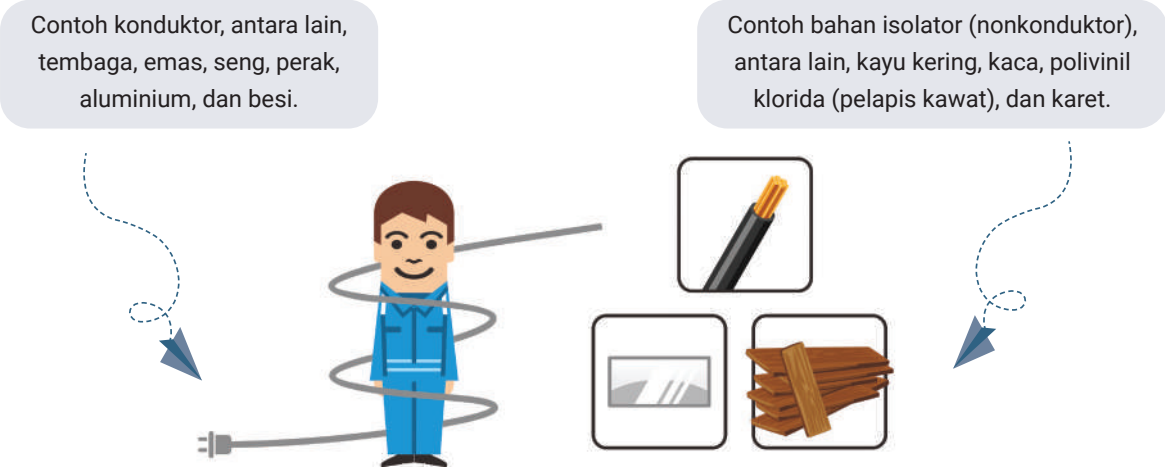


Tahukah kamu bahwa tubuh manusia merupakan suatu konduktor listrik? Hal itu karena di dalam tubuh manusia terdapat ion-ion yang dapat menghantarkan listrik.

Kawat (*wire*) merupakan suatu bahan yang umumnya terbuat dari logam. Bahan logam umumnya dapat menghantarkan arus listrik. Bahan yang dapat mengalirkan atau menghantarkan arus listrik dikenal sebagai konduktor. Jadi, kawat merupakan bahan yang bersifat konduktor.

Sementara itu, bahan yang sulit mengalirkan arus listrik disebut dengan isolator (nonkonduktor). Fungsi isolator adalah untuk melindungi suatu area dari paparan listrik. Bahan isolator biasanya digunakan untuk melapisi bahan konduktor. Contoh pemakaian bahan konduktor dan isolator terlihat pada gambar 5.5.





Gambar 5.5 Konduktor dan isolator

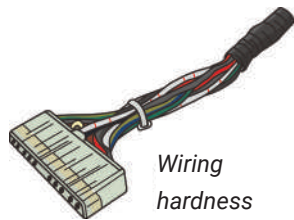
**a. Arus yang Diizinkan pada Kawat**

Kawat listrik terbuat dari bahan konduktor, salah satunya tembaga. Kawat tembaga memiliki sifat konduktor yang tinggi, tetapi masih memiliki sedikit hambatan. Makin panjang atau tipis kawat, maka nilai hambatannya makin besar. Sebaliknya, hambatan makin kecil jika luas penampang kawat makin besar sehingga arus mudah mengalir. Jika arus besar mengalir pada kawat yang mempunyai resistansi lebih besar, tegangan tidak dapat disuplai secara normal. Selain itu, panas dapat membakar lapisan tersebut. Oleh karena itu, arus maksimum yang dapat mengalir pada kawat ditentukan menurut ketebalannya (luas penampang kawat) yang dikenal sebagai arus yang diizinkan dalam kawat. Arus yang diizinkan menjadi lebih kecil dengan meningkatnya suhu lingkungan atau dengan bertambahnya jumlah kabel yang dibundel. Faktor-faktor di atas sebagai penentu hambatan ekstrinsik suatu kawat. Hal tersebut terlihat pada Tabel 5.2 berikut.

**Tabel 5.2** Faktor-Faktor yang Memengaruhi Arus Listrik pada Kawat

Kondisi Kawat	Gambar	Hambatan
Kawat lebih panjang		Lebih besar
Kawat lebih pendek		Lebih kecil
Kawat lebih tipis		Lebih besar
Kawat lebih tebal		Lebih kecil

Kalian dapat lebih memahami tentang faktor tersebut melalui contoh berikut. Misalnya, arus hingga 20 A dapat mengalir pada kabel dengan nominal nomor 2. Nilai suhu lingkungan unit bekerja lebih tinggi atau sejumlah besar kawat dibundel menjadi satu *wiring harness*, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.3. Arus yang mengalir di sana tidak dapat mencapai 20 A.



Jika sejumlah besar kabel dibundel, arus yang diizinkan mengalir ke sana tidak dapat mencapai nilai yang diizinkan.

Gambar 5.6 Kabel yang dibundel

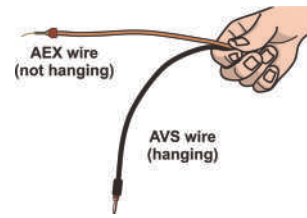
Tabel 5.3 Tabel Kapasitas Arus Kawat

Tipe Kawat																
<i>Bearing designation</i>		0,5	0,85	1,25	2	3	5	8	15	20	30	40	50	60	85	100
<i>Corresponding old number</i>		005	01	-	02	03	05	08	15	20	-	40	-	60	85	100
<i>Conductor cross section (mm<sup>2</sup>)</i>		0,56	0,88	1,29	2,07	3,30	5,23	7,95	13,36	20,61	35,19	42,73	54,29	63,84	84,96	109,1
<i>Conductor diameter (mm)</i>		1,0	1,2	1,5	1,9	2,4	3,0	3,7	4,8	6,0	8,0	8,6	9,8	10,4	12,0	13,6
<i>Coating outside diameter (9mm) (Standard diameter)</i>	AV-AEX	2,2	2,4	2,7	3,1	-	4,6	5,5	7,0	8,2	10,8	11,4	13,0	13,6	16,0	17,6
	AVS	2,0	2,2	2,5	2,9	3,6	-	5,8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ampacity (A)</i>		9	12	15	20	27	37	49	66	86	124	139	159	207	207	240
<i>Short-time tolerance Ampacity</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	300	-	500	-	750	750	900



## b. Pelapisan Kawat (*Wire Coating*)

Kawat yang digunakan pada alat berat diperlukan kawat dengan tegangan rendah berisolasi vinil dengan simbol AVS. Untuk kawat pada suhu lingkungan kerja yang tinggi, seperti di sekitar *engine* atau unit bekerja pada daerah yang sangat dingin, kabel polietilen digunakan secara khusus, simbol kawat ini adalah AEX. Kabel AEX lebih keras dan sulit ditekuk jika dibandingkan dengan AVS. Selain itu, kabel tersebut dapat dibedakan dengan mudah antara satu dan lainnya, seperti terlihat pada Tabel 5.4. Biasanya, kawat yang digunakan untuk alat berat adalah AV dan AEX. Tipe AEX digunakan untuk suhu kerja yang tinggi dan wilayah yang sangat dingin.



**Gambar 5.7**  
Kabel AEX dan AVS.

**Tabel 5.4** Jenis *Coating* pada Kabel untuk Unit Alat Berat

Jenis <i>Coating</i>				
Jenis	Simbol		Material	Simbol
Kabel tegangan rendah berisolasi vinyl untuk mobil	AVS (AV)	Konduktor	<i>Annealed copper wires</i>	-30~ + 60 <i>General wiring</i>
		Insulator	<i>Soft vinyl chloride</i>	
Kabel tegangan rendah polietilen berikatan silang tahan panas untuk mobil	AEX	Konduktor	<i>Annealed copper wires</i>	-50~ + 110 <i>Wide range</i>
		Insulator	<i>Heat-resistant cross linked polyethylene</i>	

## 2. Simbol Identifikasi untuk Kabel

Kabel yang digunakan untuk bodi mesin sulit dibedakan jika hanya berdasarkan ketebalannya. Dengan demikian, diperlukan pemberian warna agar kabel mudah dibedakan. Simbol identifikasinya adalah huruf kapital, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.8. Perhatikan bahwa B adalah huruf kapital untuk warna hitam, sedangkan biru menggunakan huruf kapital L. Apabila simbol identifikasi terdiri dari dua karakter, alfabet kapital seperti WY, ini berarti garis kuning dengan latar belakang berwarna putih.



Symbol	Colored
W	WHITE
<b>B</b>	BLACK
R	RED
G	GREEN
Y	YELLOW
<b>L</b>	BLUE
V	VIOLET
P	PINK
O	ORANGE
Br	BROWN
Gr	GRAY
Sb	SKY-BLUE
Lg	LIGHT-GREEN
Dg	DARK-GREEN
Ch	CHARCOAL

**Contoh**  
**0,5B**  
 Ukuran kawat: 0,5 (0,56 mm<sup>2</sup>)  
 Warna: Hitam (tunggal)

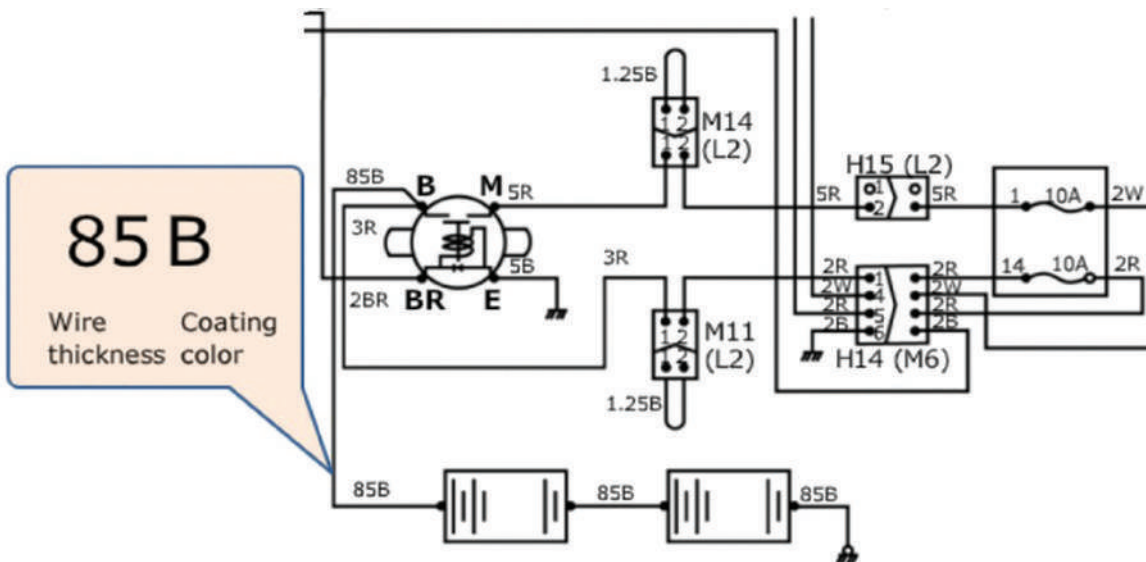


**0.85WY**  
 Ukuran kawat: 0,85 (0,88 mm<sup>2</sup>)  
 Warna: Garis kuning dengan latar



Gambar 5.8 Simbol kabel

Diagram rangkaian listrik di *manual book (shop manual)* seperti terlihat pada Gambar 5.9. Gambar tersebut menunjukkan bahwa karakter numerik dan karakter alfabet ditambahkan ke setiap kabel. Misalnya, 2BR, 3R, atau 85B. Karakter numerik berarti nomor nominal kawat dan ketebalan kawat yang nilainya hampir mendekati nilai luas penampang kawat. Karakter alfabet berarti warna lapisan kawat.



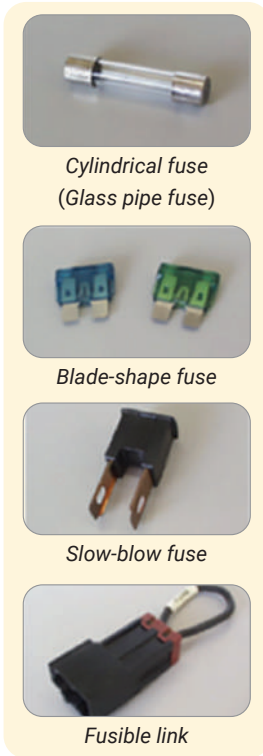
Gambar 5.9 Karakter dan alfabet pada kabel rangkaian listrik di *shop manual*

Sumber: Komatsu: Basic Electric, 2018



### 3. Perlindungan Sirkuit (Sekring/Fuse)

Sekring memungkinkan memiliki temperatur yang tinggi (panas) akibat resistansinya sendiri untuk memblokir arus listrik. Selain itu, untuk melindungi rangkaian pada saat arus listrik besar yang tidak normal mengalir melalui rangkaian. Secara konvensional, sekring silinder (*glass pipe tube*) telah banyak digunakan pada alat berat dan mobil. Namun, sekring berbentuk pisau (*blade*) baru-baru ini banyak digunakan. Jenis sekring yang tersedia, antara lain, sekring *slow blow*, *fusible link*, dan *breaker*, seperti terlihat pada Gambar 5.10. Sangatlah berbahaya, bila sekring putus dan penggantinya dengan sekring yang lebih besar kapasitasnya tanpa memastikan penyebabnya atau penggunaan kabel penghantar. Prosedur tersebut dalam situasi apa pun tidak boleh dilakukan. Saat merakit atau membongkar *body* unit, periksa beberapa hal penting, yaitu kabel yang tersangkut, terminal kabel yang kendur, atau kontak yang longgar dengan dudukan sekring.



Cylindrical fuse  
(Glass pipe fuse)

Blade-shape fuse

Slow-blow fuse

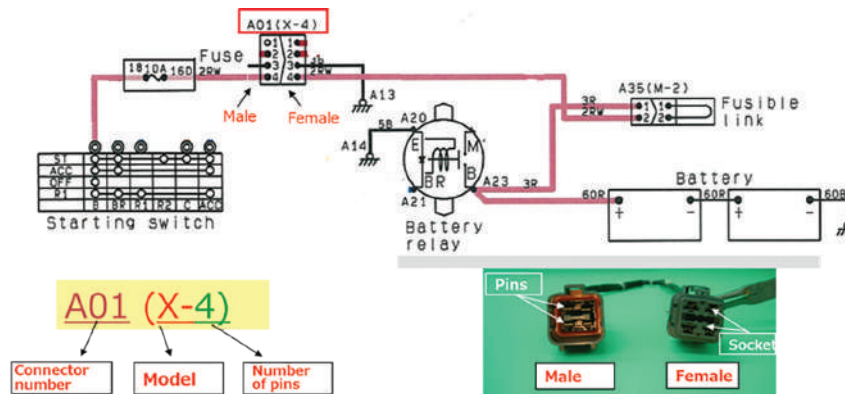
Fusible link

**Gambar 5.10**  
Jenis sekring/fuse

Sumber: Komatsu/Basic Electric, 2008

### 4. Konektor

Komponen listrik ini yang digunakan untuk menghubungkan dua atau lebih elemen dalam sebuah sistem, baik itu secara fisik maupun elektrik. Konektor dapat ditemukan dalam berbagai bentuk dan digunakan dalam berbagai aplikasi. Identifikasi konektor data dilakukan seperti pada Gambar 5.11.



**Peringatan**

Gambar konektor tidak selalu menunjukkan jumlah pin yang benar. (Angka yang mengikuti model menunjukkan jumlah pin yang benar.

**Peringatan**

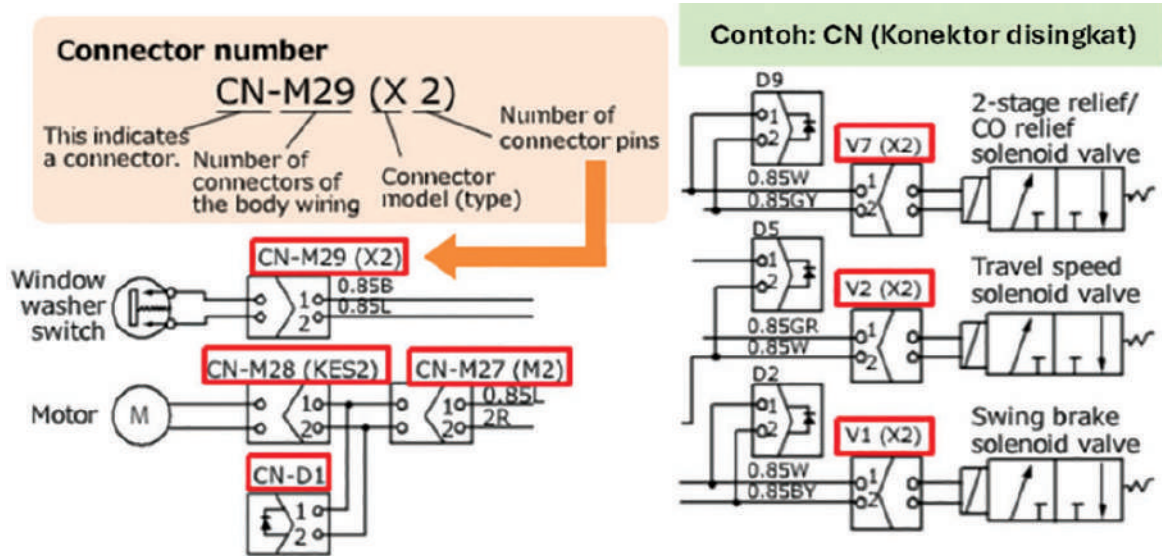
Terdapat metode untuk membedakan *male* dan *female* connector berdasarkan bentuk pin.

**Gambar 5.11** Identifikasi konektor

Sumber: Komatsu: Basic Electric, 2008



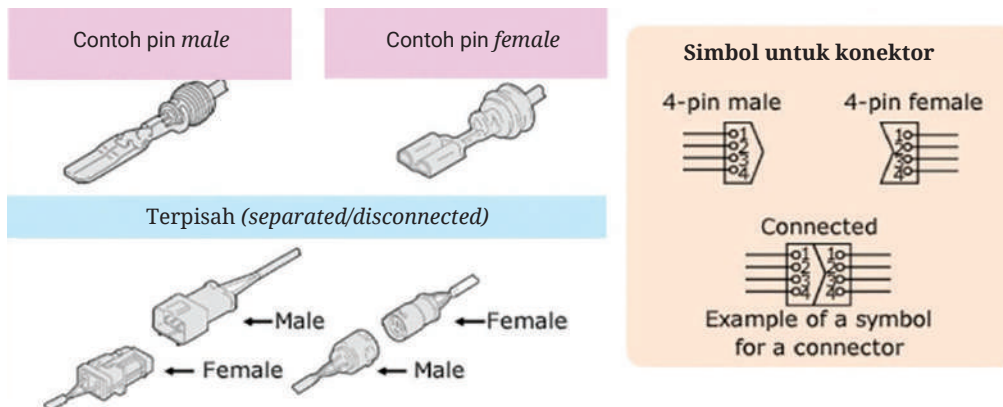
Dalam diagram rangkaian, konektor direpresentasikan sebagai CN beserta dengan nomornya. Jika CN-M29 (X2) dilengkapi dengan simbol konektor, berarti ini adalah konektor tipe X dan 2-pin yang memiliki nomor M29. Beberapa diagram sirkuit menghilangkan CN dan hanya menampilkan M29 (K2). Dalam Gambar 5.12, konektor disingkat CN, dan nomornya mengikuti.



Gambar 5.12 Penomoran konektor

Sumber: Komatsu: Basic Electric, 2008

Ada konektor pria (*male*) dan wanita (*female*), terdapat metode untuk membedakan *male* atau *female* berdasarkan bentuk pin-nya. Berhati-hatilah untuk tidak membedakan konektor berdasarkan dari bentuk bodi konektornya. Simbol yang ditunjukkan pada Gambar 5.13, menunjukkan sisi *male* atau *female* dan memastikan konektor terhubung atau terputus dalam diagram sirkuit.



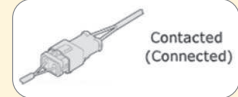
Gambar 5.13 Perbedaan *male* dan *female* connector

Konektor digunakan untuk menghubungkan antara komponen listrik dengan kabel listrik atau antar kabel listrik. Bentuk konektornya bermacam-macam seperti terlihat pada Gambar 5.14 yakni bulat atau persegi, dan jumlah pin berkisar antara 1 pin hingga 21 pin untuk alat berat. Beberapa konektor tahan air (*waterproof*) atau antitetesan (*drip proof*).

### Penanganan Konektor

Penanganan konektor dengan benar sangatlah penting. Jangan sekali-kali menarik kabel listrik saat mencabut konektornya. Pastikan untuk memegang badan konektor saat menariknya ke luar. Masukkan konektor dengan erat hingga berbunyi klik dan kunci terpasang untuk menyambungkannya. Jika konektor tidak tersambung dengan benar, konektor dapat terlepas secara alami karena getaran. Air merupakan musuh besar konektor, sekalipun konektornya berjenis antitetesan. Perlu diingat bahwa air dapat masuk ketika unit terkena pancaran air dari mesin cuci bertekanan tinggi. Penanganan konektor yang benar terlihat pada Gambar 5.15.

Contoh konektor persegi



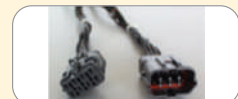
Contoh konektor bulat



Contoh konektor 21-pin



Contoh tipe anti tetesan



Gambar 5.14  
Jenis konektor

#### Saat mencabut konektor

Menarik kabel listrik berbahaya!  
Pegang badannya lalu tarik.

Tekan dengan ringan  
untuk melepas dan  
memasang

Lock sampai kena stopper

#### Saat menghubungkan konektor

Masukkan sampai berbunyi klik

#### Saat mencuci unit

Hati-hati jangan sampai  
air bertekanan tinggi  
disemprotkan langsung  
ke konektor

Gambar 5.15 Penanganan konektor yang benar





## Latihan

Beri tanda “✓” di sebelah pernyataan jika benar, dan beri tanda “X” jika salah.

1. ( ) Secara umum, kabel yang lebih tebal menawarkan lebih sedikit resistansi.
2. ( ) Ketika kabel dibundel, arus yang diizinkan per kabel lebih kecil.
3. ( ) Kode warna kabel “Br” berarti hitam.
4. ( ) Jika penguji rangkaian mengukur  $0 \Omega$  untuk resistansi kabel, itu berarti kabel terputus.
5. ( ) Tegangan 2,3 (mV) jika dikonversi ke (V) adalah 0,023 (V).
6. ( ) Resistansi 6,7 (K $\Omega$ ) jika dikonversi ke ( $\Omega$ ) adalah 6.700 ( $\Omega$ ).
7. ( ) Dalam rangkaian dengan tegangan suplai konstan, jika resistansi diturunkan, arus juga akan berkurang.
8. ( ) Jika lampu 60 W dan 80 W dihubungkan seri, arus yang lebih besar mengalir pada lampu 80 W.

Setelah mengisi latihan tersebut, tuliskan alasan kalian memilih benar atau salah dalam lembar berikut.

### Lembar Kerja Siswa (Kerjakan di Buku Tugas)

- 1 ... : Alasan .....
- 2 ... : Alasan .....
- 3 ... : Alasan.....
- 4 ... : Alasan .....
- 5 ... : Alasan .....
- 6 ... : Alasan .....
- 7 ... : Alasan .....
- 8 ... : Alasan .....



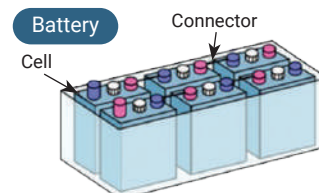
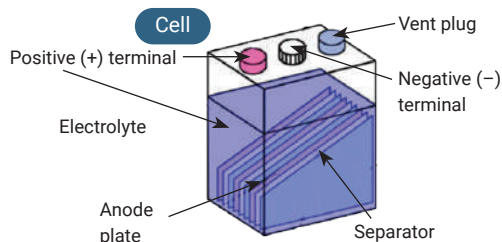
## C. Baterai

Baterai merupakan bagian yang penting dalam sistem listrik alat berat. Bagaimanakah mekanisme kerja baterai? Apa saja bagian-bagian penyusun baterai? Hal tersebut akan dibahas dalam subbab ini.

### 1. Mekanisme Kerja Baterai

Pada alat berat, baterai berfungsi sebagai sumber tenaga bagi komponen kelistrikan dan alat kendali, selain untuk menghidupkan mesin dan menyalakan lampu. Baterai mengakumulasi energi listrik sebagai energi kimia dan menyuplai energi listrik secara konstan sesuai kebutuhan. Proses mengumpulkan listrik pada baterai disebut pengisian dan proses memasoknya disebut pemakaian. Dalam diagram rangkaian listrik, baterai ditandai dengan simbol dua garis vertikal dengan panjang yang berbeda. Garis panjang tipis menyatakan polaritas positif dan satunya memiliki polaritas negatif (pendek tebal), seperti pada Gambar 5.16.

Baterai mengumpulkan energi listrik dengan memanfaatkan energi kimia saat pengisian dan menjadi penyuplai energi listrik secara terus-menerus saat *discharging*. Alat berat menggunakan baterai timbal yang dilengkapi dengan pelat anoda yang menghasilkan listrik positif dan pelat katoda yang menghasilkan listrik negatif. Kedua pelat dipisahkan oleh pemisah. Pelat anoda dan katoda terbuat dari berbagai jenis timbal dan elektrolitnya mengandung asam sulfat encer. Baterai menghasilkan listrik melalui reaksi kimia timbal dengan asam sulfat encer. Baterai dipisahkan oleh lebih dari satu sel dan satu sel menghasilkan tegangan sekitar 2 V. Konektor menghubungkan sel-sel ini secara seri dan satu baterai menghasilkan tegangan sekitar 12 V. Struktur ini seperti terlihat pada Gambar 5.17.



6 sel 2V dihubungkan secara seri, dan 1 baterai menghasilkan tegangan 12V

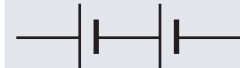
Gambar 5.17 Struktur baterai timbal

Sumber: Komatsu: Basic of Electrical Component, 2018

#### Symbol for a battery



Sisi garis yang lebih panjang menunjukkan sisi positif.



Tegangan dapat ditunjukkan bila lebih dari satu baterai terhubung secara seri



Gambar 5.16 Simbol baterai

Sumber: Komatsu: Basic of Electrical Component, 2018



Setelah kalian mengetahui tentang mekanisme baterai, berikut akan dijelaskan tentang menambahkan elektrolit dan penanganan baterai. Selain itu, juga akan dijelaskan tentang hubungan antara jumlah pelepasan dan berat jenis elektrolit, hubungan antara suhu dan berat jenis elektrolit, serta hubungan antara kapasitas baterai dan suhu. Pembahasan selanjutnya tentang hubungan antara kapasitas baterai dan suhu, tegangan dan resistensi penghidupan *engine* dan temperatur rendah, hubungan antara tingkat pelepasan (*discharge rate*) dan kapasitas, dan kecepatan *self-discharge* bervariasi terhadap suhu baterai. Materi tersebut dapat kalian baca dengan memindai kode QR di samping.



## 2. Komponen Elektrik pada Alat Berat

Alat berat dilengkapi dengan berbagai sistem kelistrikan atau suku cadang. Selain itu, alat berat juga dilengkapi dengan perangkat kontrol, seperti sensor atau pengontrol. Perangkat selain sistem kontrol disebut sebagai komponen listrik. Misalnya, komponen kelistrikan mencakup komponen yang digunakan dalam pengoperasian, seperti lampu depan (*head lamp*), lampu kerja, klakson, *wiper* kaca depan, dan motor starter, serta rangkaian ini dilengkapi sakelar dan relai. Selain itu, beberapa bagian tidak begitu terlihat, tetapi berperan penting seperti alternator, regulator, dan *relay* baterai.

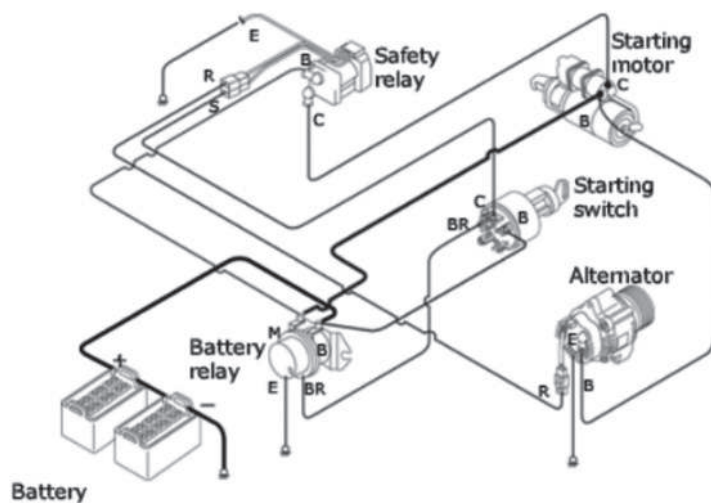
Pada alat berat yang dimaksud dengan bagian kelistrikan adalah sistem kelistrikan atau bagian yang dipasang pada alat berat, tidak termasuk alat kendali (*control device*), seperti sensor, aktuator, pengontrol, dan lainnya. Komponen elektrik yang dimaksud, antara lain, lampu depan, lampu kerja, penunjuk arah, klakson, *wiper* kaca depan, motor starter, alternator, regulator, dan relai baterai. Hal tersebut seperti yang terdapat sebagian di Gambar 5.18.



**Gambar 5.18**  
Komponen elektrik  
**Sumber:**  
Komatsu: *Basic of Electrical Component*,  
2018



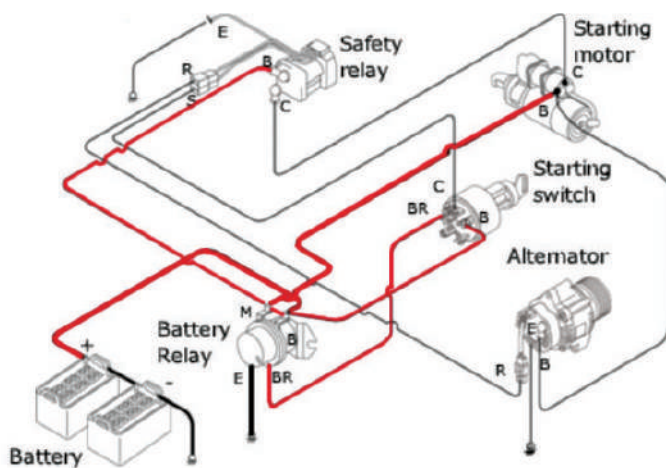
## D. Rangkaian Starter (Starting System)



Gambar 5.19 Rangkaian starter (penghidup engine)

Sumber: Training Aid, Unit Instruction Manual Komatsu Electrical System

### 1. Ketika Engine Start



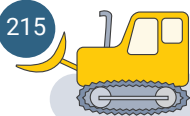
Gambar 5.20 Rangkaian starter saat engine start, c starting motor belum dapat signal

Sumber: Training Aid, Unit Instruction Manual Komatsu Electrical System

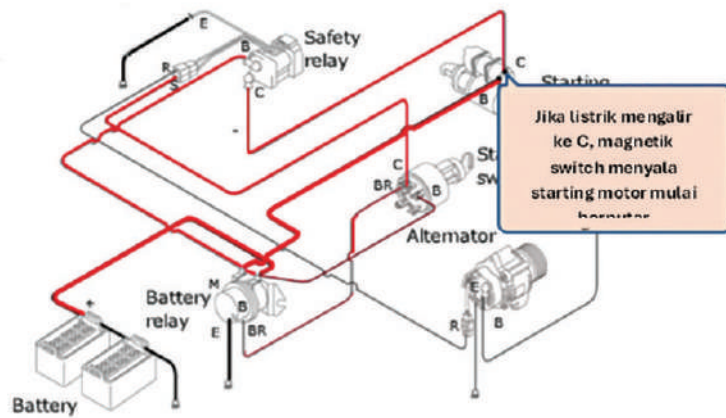
Rangkaian ini menjalankan motor starter yang dilengkapi pada engine dan untuk menghidupkan engine. Komponen utama *starting circuit* adalah saklar starter (*starting switch*), motor starter (*starting motor*), relai baterai (*battery relay*), dan relai pengaman (*safety relay*). Simbol dan bentuk fisik komponen starter ini terlihat pada Gambar 5.19.

Ketika *starting switch* ditempatkan pada posisi *start*, terminal B, BR, dan C dihubungkan satu sama lain pada *starting switch*, seperti terlihat pada gambar 5.20. Listrik pada baterai mulai mengalir ke B *battery relay*, melewati B dan BR, lalu mengalir dari BR *battery relay* ke *ground* (E). Kumparan di dalam *battery relay* diberi energi ketika listrik mengalir dari BR ke E. Daya elektromagnetik kumparan

menghubungkan B ke M. Ketika B dan M *battery relay* dihubungkan satu sama lain, listrik baterai mengalir ke B dari *safety relay* dan B pada *starting motor*. Motor ini belum berjalan karena *internal switch* atau *magnetic switch* pada *starting motor* masih tetap OFF.



Pada sisi yang lain seperti terlihat pada Gambar 5.21, listrik dari C pada *starting switch* mengalir dari S pada *safety relay* ke E, dan di bumi (*ground*-kan). Selanjutnya, kumparan di dalam *safety relay* diberi energi dan daya elektromagnetik dari kumparan menghubungkan B ke C pada *safety relay*. Listrik yang ada di terminal B *safety relay* dapat mengalir ke C menuju C *starting motor*. Jika listrik mencapai C pada *starting motor*, kontaktor di dalam *starting motor* akan ON, dan *starting motor* mulai bekerja.

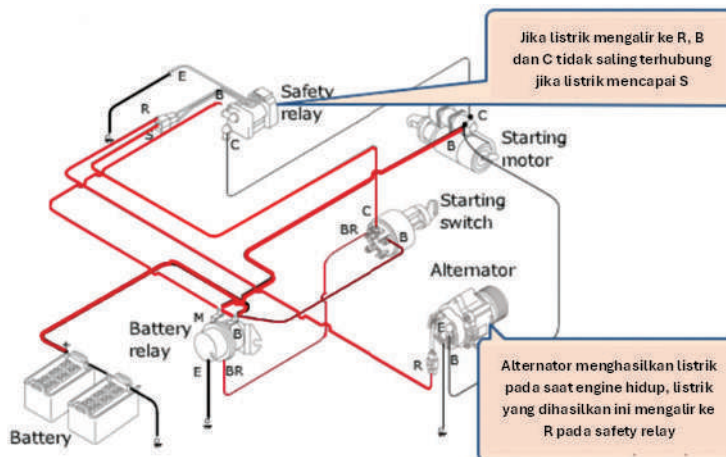


**Gambar 5.21** Rangkaian starter saat engine start, C *starting motor* telah dapat signal.

Sumber: Training Aid, Unit Instruction Manual Komatsu Electrical System

## 2. Ketika Engine Running

Apabila *starting switch* salah penempatan pada posisi *start* setelah mesin dihidupkan, *safety relay* akan berfungsi mencegah *starting motor* bekerja. Dengan demikian, alternator menghasilkan listrik saat *engine* hidup. Listrik yang dihasilkan ini dialirkan ke *safety relay* dan relai ini mencegah agar kumparan magnetik *switch* pada *starting motor* tidak mendapat tegangan jika listrik mengalir dari *starting switch* ke S ketika listrik mengalir ke R. Oleh karena itu, B dan C pada *safety relay* tidak saling terhubung, dan *starting motor* tidak dapat berjalan. Rangkaian dan aliran arus pada *kondisi engine running* ini terlihat pada Gambar 5.22.



**Gambar 5.22** Rangkaian starter saat engine running

Sumber: Training Aid, Unit Instruction Manual Komatsu Electrical System

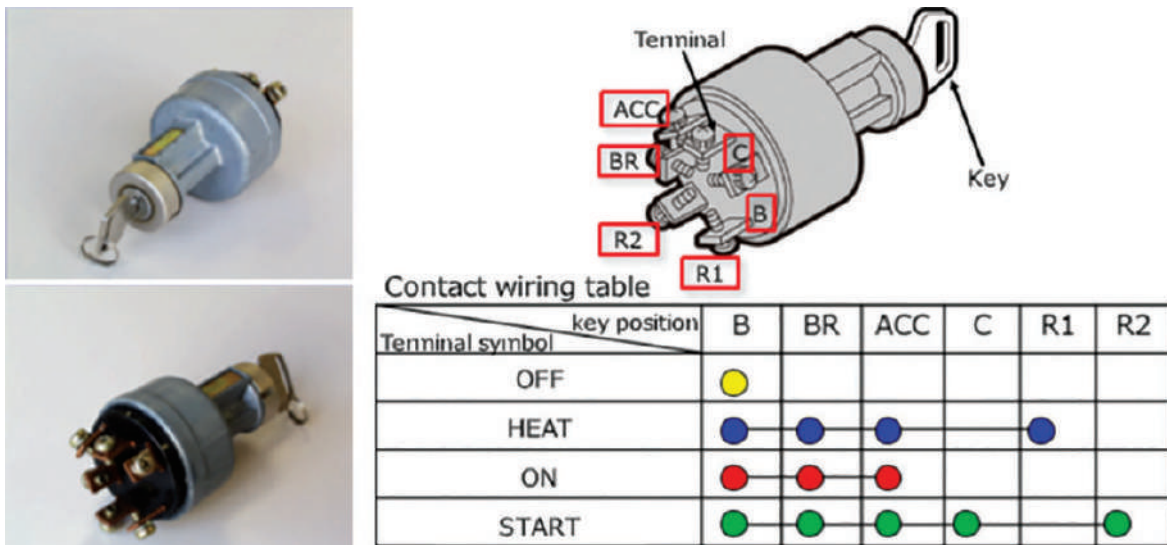


## E. Komponen Elektrik pada Sistem Starter

Komponen elektrik pada sistem starter, yaitu *starting switch*, *starting motor*, *battery relay*, dan *safety relay*.

### 1. Starting Switch

*Starting switch* pada Gambar 5.23 memungkinkan listrik mengalir dari baterai ke *starting motor*. Kunci (*key*) yang dimasukkan berputar ke dalam *starting switch* dalam empat tahap, dengan urutan dari kiri, yaitu *HEAT*, *OFF*, *ON*, dan *START*. *Starting switch* tidak dapat menghidupkan atau mematikan arus starter pada *starting motor* secara langsung. Hal itu karena kapasitas kontak saklar ini tidak memungkinkan arus starter *starting motor* yang besar untuk *ON* atau *OFF*. Oleh karena itu, *ON* atau *OFF* *starting motor* dikendalikan melalui *safety relay* ke *magnetic switch* pada *starting motor*.



Gambar 5.23 *Starting switch* beserta tabel rangkaian kontak

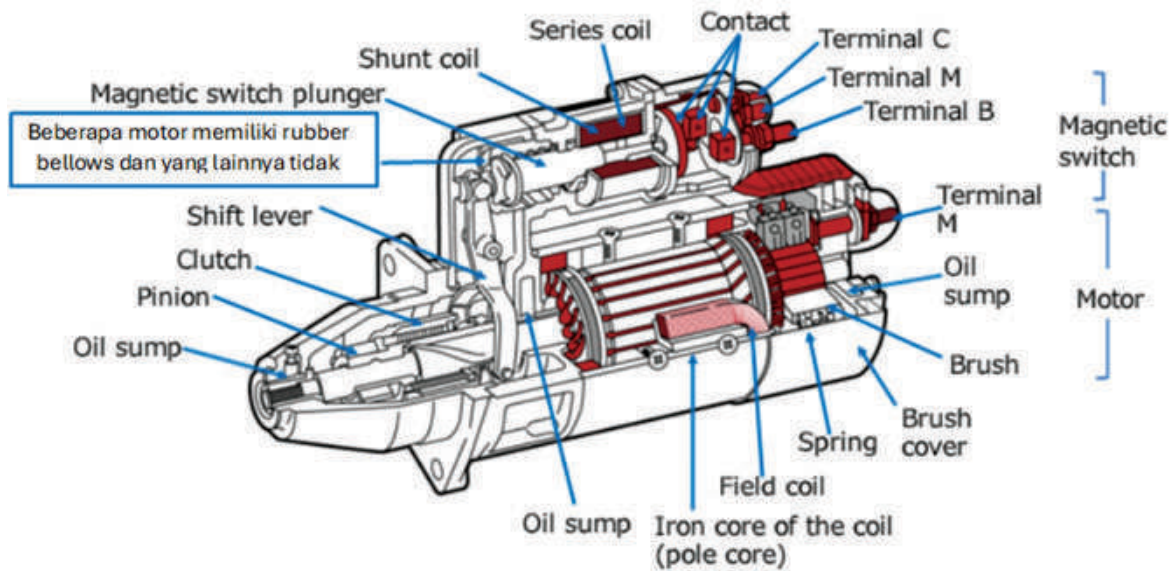
Sumber: Training Aid, Unit Instruction Manual Komatsu Electrical System

Sisi belakang *starting switch* memiliki enam terminal. Masing-masing terminal mempunyai simbol atau tanda huruf angka, seperti yang dilihatkan pada gambar 5.31 mengenai tabel rangkaian kontak *starting switch* untuk setiap kondisinya (*OFF*, *HEAT*, *ON* *START*).



## 2. Starting Motor

Motor tidak terhubung ke *engine* secara terus-menerus meskipun *starting motor* menghidupkan *engine*. Roda gigi (*pinion gear*) hanya terhubung dengan *flywheel* saat *engine* di *start*. Secara umum, *starting motor* terdiri dari dua bagian, yaitu motor listrik DC seri dan *magnetic switch*, seperti terlihat pada Gambar 5.24.



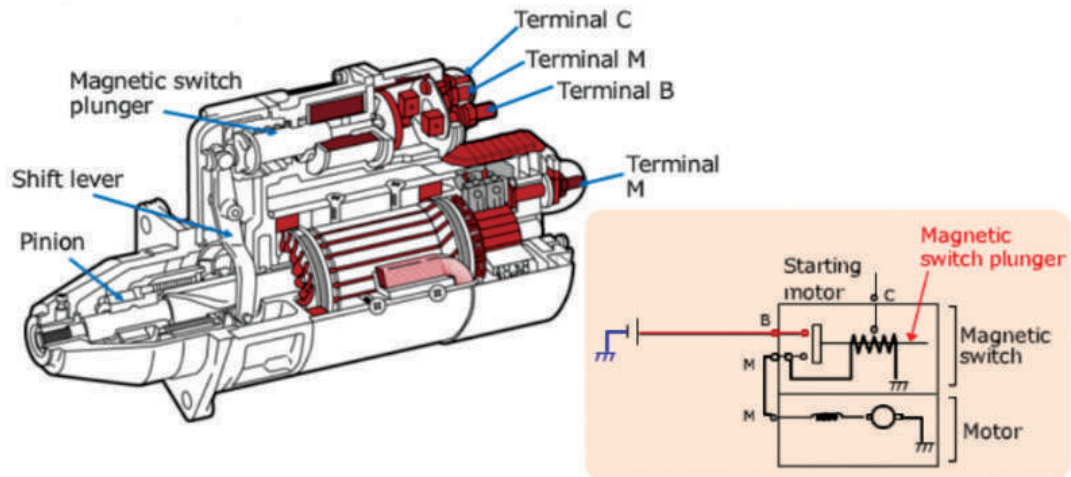
Gambar 5.24 Struktur *starting motor*

Sumber: Training Aid, Unit Instruction Manual Komatsu Electrical System

### Ketika *Starting Motor* Start

Pada saat *starting switch* diputar pada posisi *start*, seperti terlihat pada gambar 5.34, listrik mengalir ke terminal C terlebih dahulu untuk menjalankan motor secara perlahan. Selanjutnya, *magnetic switch* bekerja menarik tuas pemindah (*shift lever*) pada sisi atas. Sisi bawahnya mendorong pinion dan terhubung atau kontak dengan *flywheel engine*. *Plunger magnetic switch* bergerak ke arah kontak B dan M, membuat B terhubung ke M. Listrik baterai yang telah mencapai B dan motor menjalankan *engine* dengan daya penuh. Jika *starting switch* pada posisi ON setelah *engine* hidup, listrik tidak mengalir ke C, *magnetic switch* tidak bekerja dan kontak B dan M terpisah satu sama lain. Selanjutnya, *pinion gear* ditarik kembali oleh *shift lever* dan dipisahkan dari *ring gear* atau *flywheel engine*. Untuk *starting motor*, *pinion gear* hanya terhubung dengan *flywheel* pada saat awal *engine* dihidupkan (*start*).



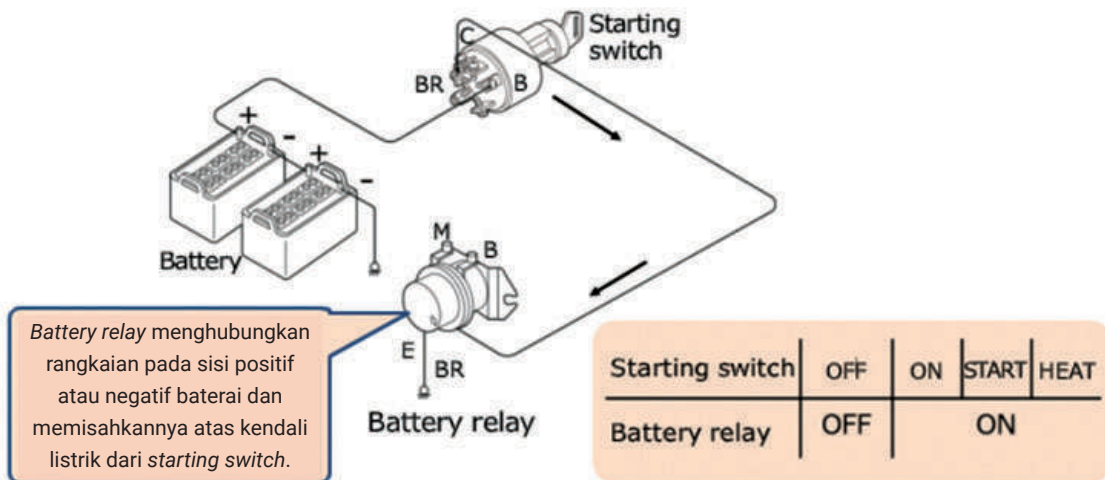


**Gambar 5.25** Rangkain saat starting motor start

Sumber: Training Aid, Unit Instruction Manual Komatsu Electrical System

### 3. Battery Relay

*Battery Relay* (Relai Baterai) menghubungkan rangkaian pada sisi positif atau negatif baterai dan memisahkannya atas kendali listrik dari *starting switch*. Rangkaian sederhana perihal relai baterai terlihat pada gambar 5.26. Relai baterai, baterai MATI ketika *starting switch* posisi OFF. Relai baterai menyala ketika *starting switch* ditempatkan pada salah satu posisi *heat*, *start*, dan *ON*, serta pada posisi *starting switch* ON setelah *engine* dihidupkan.

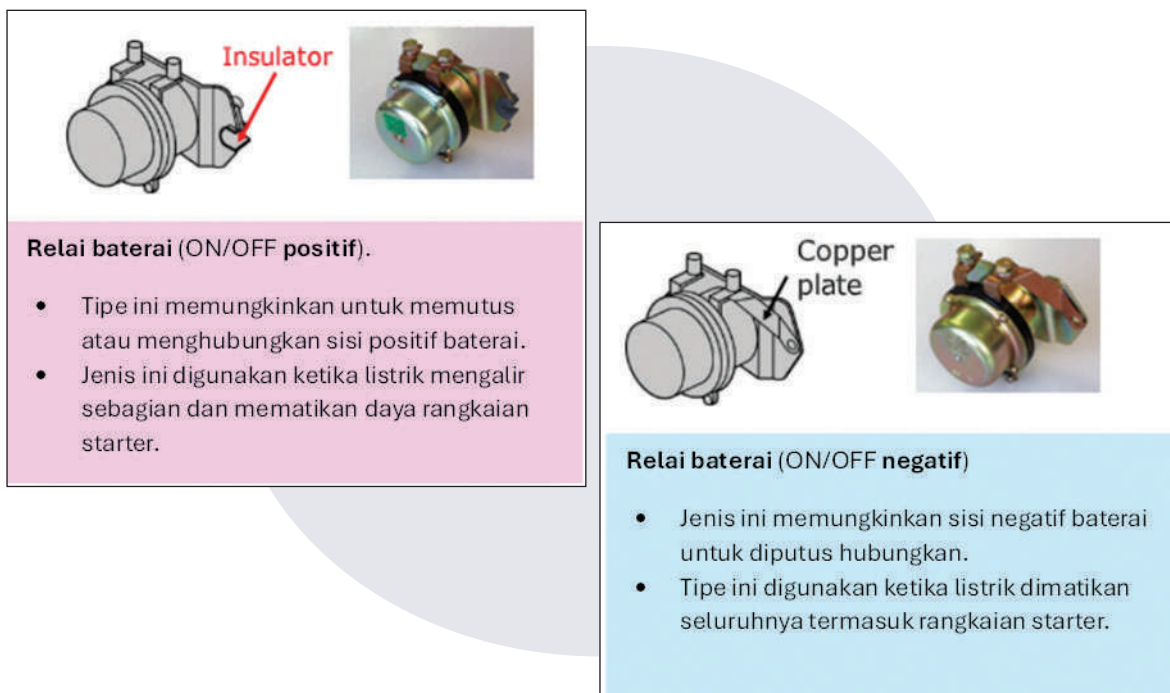


**Gambar 5.26** Rangkaian relai baterai

Sumber: Training Aid, Unit Instruction Manual Komatsu Electrical System



*Battery relay* digolongkan menjadi dua tipe, yaitu tipe negatif dan positif. Tipe negatif untuk memutus dan menghubungkan pada sisi negatif baterai dan tipe positif untuk memutus dan menghubungkan pada sisi positif baterai. Secara tampilan, relai baterai dengan terdapat plat tembaga (*copper plate*) bertipe negatif dan pada tipe negatif ini digunakan saat mematikan seluruh daya termasuk rangkaian *start*. Tipe positif digunakan ketika listrik mengalir sebagian dan memutus daya pada rangkaian *starting* (memutus dan menghubungkan tegangan positif baterai ke terminal B *starting motor*). *Bolt mounting* pada *battery relay* positif diisolasi dengan plastik (isolator), kedua jenis *battery relay* ini terlihat pada gambar 5.27.



**Gambar 5.27** Jenis battery relay

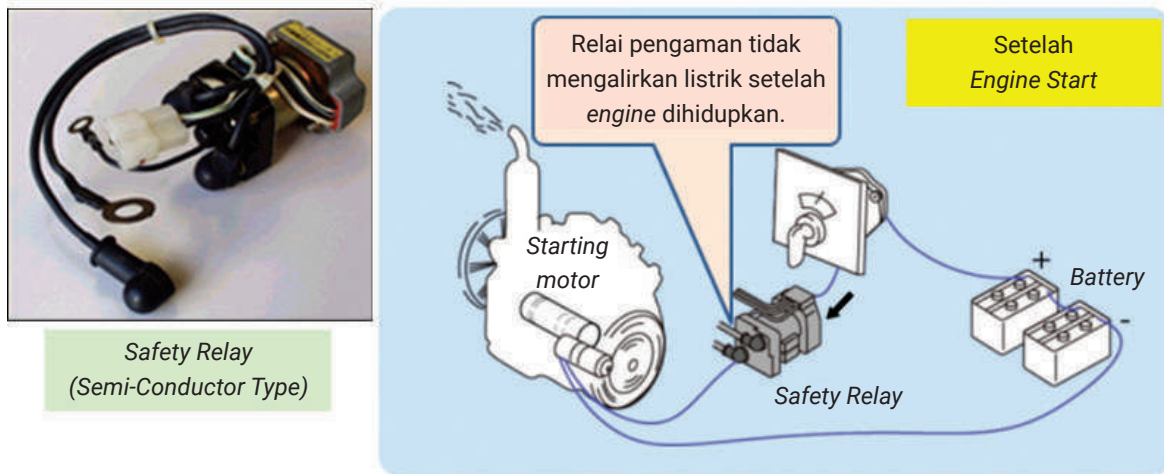
Sumber: Komatsu/Basic of Electrical Component, 2018

#### 4. Safety Relay

Relai pengaman (*safety relay*) mengalirkan listrik dari baterai menuju *starting motor* ketika *starting switch* diputar pada posisi *START*, kemudian kontak B dan C pada *safety relay* terhubung. *Safety relay* berfungsi untuk mencegah kontak B dan C agar tidak *ON* apabila *starting switch* pada posisi *ON* saat *engine* hidup guna mencegah kerusakan pada *starting motor*. Kondisi tersebut diilustrasikan pada gambar 5.28. Beberapa *safety relay*



dipasang langsung di *starting motor* dan lainnya ditempatkan secara terpisah. Gambar ini menunjukkan relai pengaman tipe semikonduktor yang umum digunakan untuk dipasang langsung ke motor starter. *Safety relay* mengalirkan listrik dari baterai ke *starting motor* ketika *starting switch* pada posisi *start*.



**Gambar 5.28** Rangkaian safety relay

Sumber: *Basic of Electrical Component*, 2018



## Aktivitas 5.1

### Aktivitas Kelompok: Inspeksi Motor Starter

#### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian bekerja sama melakukan inspeksi dan pengukuran bagian-bagian *starting motor*.

#### Langkah-Langkah

1. Buatlah kelompok dengan anggota dua atau tiga siswa!
2. Bongkarlah *starting motor* dengan mengacu pada *manual book*!
3. Lakukan inspeksi dan pengukuran bagian-bagian *starting motor* tersebut!
4. Lakukan aktivitas berdasarkan tabel di lembar inspeksi dalam kode QR yang diberikan!



Kalian dapat memindai kode QR berikut untuk melihat lembar inspeksi motor starter aktivitas 5.1.



<https://buku.kemdikbud.go.id/s/LTAB8>



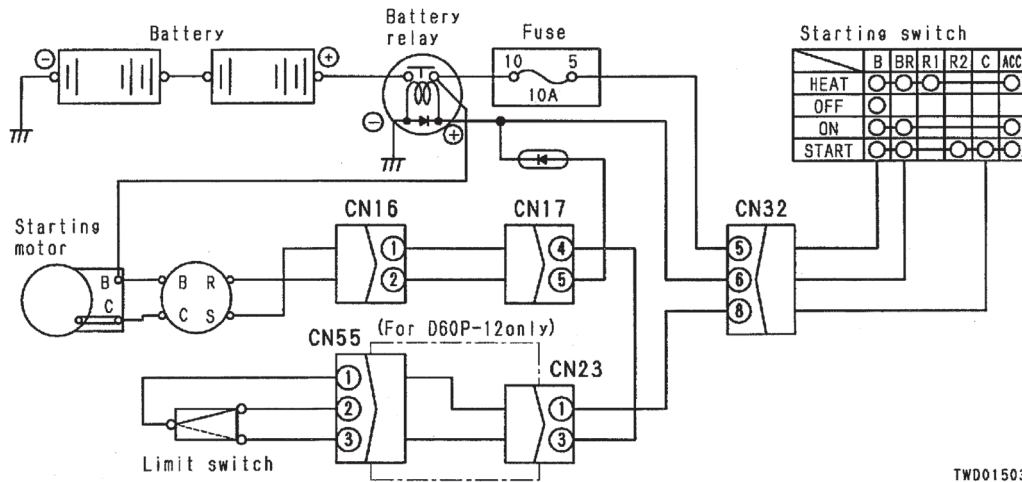


**Tujuan**

Pada aktivitas ini, kalian bekerja sama menjelaskan cara kerja dari rangkaian *starting*.

**Langkah-Langkah**

1. Buatlah kelompok dengan anggota dua siswa!
2. Bongkarlah *starting motor* dengan mengacu pada *manual book!*
3. Jelaskan cara kerja dari rangkaian *starting* gambar 5.29 berikut dengan berdiskusi dengan teman satu kelompok.



TWD01503

**Gambar 5.29** Rangkaian sistem starter

Sumber: Shop Manual Komatsu D85SS-2A

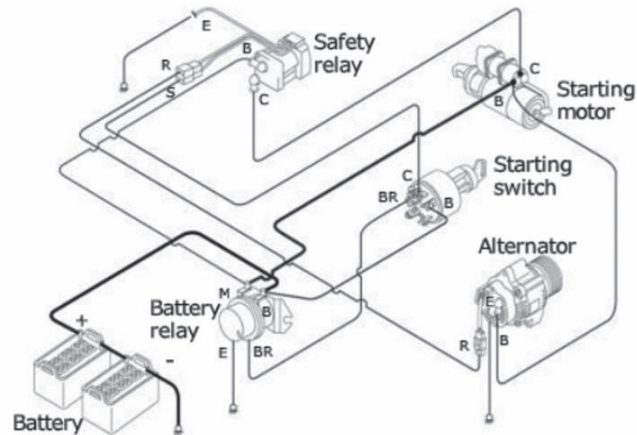
4. Tuliskan hasil diskusi kalian dalam lembar berikut.

**Lembar Kerja Siswa (Kerjakan di buku tugas)**



## F. Rangkaian Sistem Pengisian (*Charging System*)

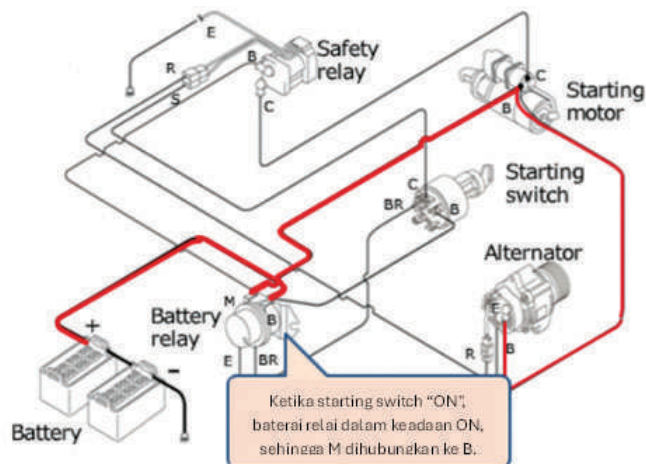
Rangkaian pengisian (*charging circuit*) adalah rangkaian untuk menampung listrik pada suatu baterai atau rangkaian yang digunakan untuk pengisian daya. Pada rangkaian pengisian utamanya terdiri dari alternator dan regulator. Gambar 5.30 menunjukkan regulator yang terpasang pada alternator, regulator tipe bawaan (*built in*).



Gambar 5.30 Skematik pengisian baterai

Sumber: Training Aid, Unit Instruction Manual Komatsu Electrical System

Gambar 5.31 menunjukkan cara listrik mengalir pada rangkaian pengisian (*charging*). Listrik yang dihasilkan alternator dimulai dari terminal B, melewati B *starting motor* dan mengalir ke M pada relai baterai. Pada keadaan *engine running*, relai baterai ON dan akan menghubungkan kontak antara terminal M dan B, listrik mengalir ke sisi positif baterai.



Gambar 5.31 Skematik pengisian baterai saat *engine running*

Sumber: Training Aid, Unit Instruction Manual Komatsu Electrical System

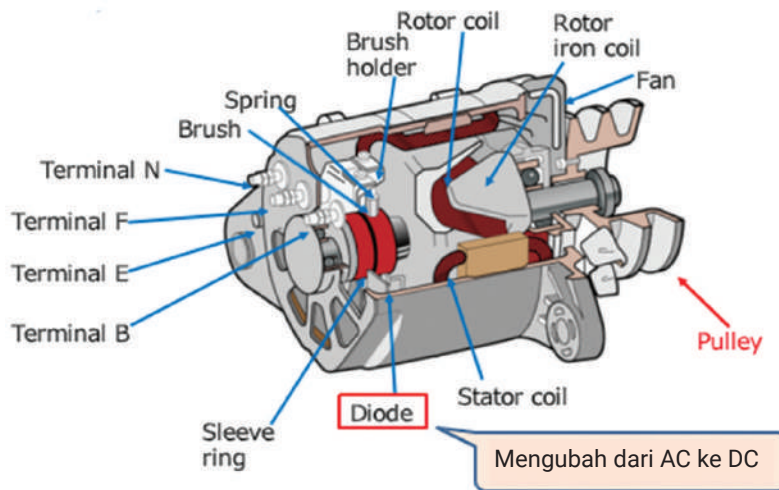


## G. Komponen Elektrik pada Sistem Pengisian

Apakah kalian mengetahui, apa saja komponen elektrik pada sistem pengisian? Komponen elektrik pada sistem pengisian, yaitu alternator dan regulator. Komponen tersebut dijelaskan dalam uraian berikut.

### 1. Alternator (Generator AC)

Alternator disebut juga dengan generator AC. Gambar 5.31 menunjukkan contoh regulator tipe pemisahan (*separation type regulator*). *Pulley* dihubungkan ke *engine* dengan *rubber belt* dan alternator bekerja saat *engine* hidup serta menghasilkan listrik. *Output* listrik dari alternator ini berupa *alternating current* (AC) atau arus bolak-balik, baterai tidak dapat diisi secara langsung. Selain itu, komponen listrik alat berat memerlukan suplai tegangan searah (DC, *direct current*) dan tentunya listrik AC dari alternator tidak dapat dialirkan secara langsung. Dioda dipasang di dalam alternator dan menyearahkan arus dari AC ke DC. Untuk penyearahan dengan dioda perhatikan gambar 5.32 berikut.

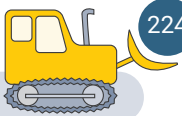


Gambar 5.32 Struktur alternator (generator AC)

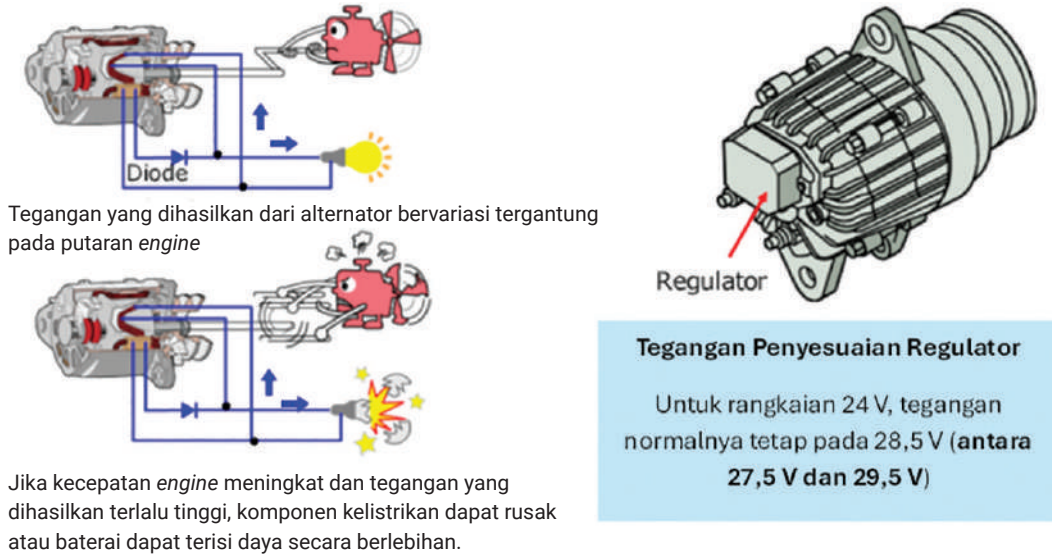
Sumber: Training Aid, Unit Instruction Manual Komatsu Electrical System

### 2. Regulator

Komponen ini berfungsi mempertahankan tegangan yang dihasilkan oleh alternator secara konstan. Tegangan yang dihasilkan alternator sendiri berbeda-beda tergantung putaran dari *engine*. Pada saat kecepatan *engine* meningkat, maka tegangan meningkat, sedangkan tegangan menurun seiring dengan penurunan kecepatan *engine*. Jika voltase terlalu tinggi, baterai akan terisi daya secara berlebihan, sedangkan bila voltase terlalu rendah, baterai



tidak dapat diisi. Selain itu, jika tegangannya bervariasi, pengoperasian komponen listrik menjadi tidak stabil. Oleh karena itu, adanya regulator mempertahankan tegangan pada nilai yang stabil. Tegangan ini disebut sebagai **tegangan penyesuaian regulator (*adjustment voltage*)**. Untuk rangkaian 24-V, tegangan penyesuaian biasanya diatur antara 27,5V dan 29,5V. Operasi regulator terlihat pada gambar 5.33.

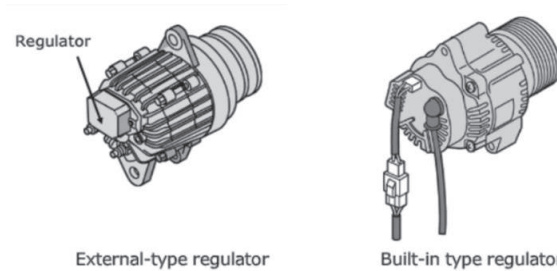


**Gambar 5.33** Operasi regulator

Sumber: Training Aid, Unit Instruction Manual Komatsu Electrical System

### Regulator (Alternator-Tipe Terintegrasi (*Built In*))

Regulator digolongkan menjadi dua tipe, yaitu tipe separasi untuk memisahkan dari alternator dan tipe integrasi (*built in*) untuk menyatu dengan alternator. Gambar 5.34 menunjukkan alternator tipe semikonduktor dan regulator yang terintegrasi. Baru-baru ini, regulator tipe terintegrasi semakin banyak dipasang pada alternator seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.34 sebelah kanan dan letak regulator ini sulit ditemukan dan tidak mudah dilepaskan.

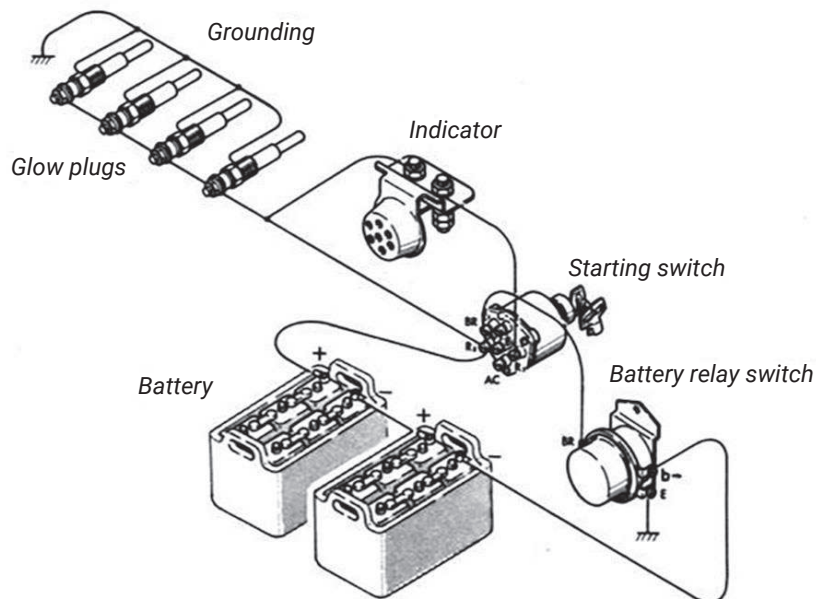


**Gambar 5.34** Jenis regulator (tipe pemisahan dan tipe integrasi)

Sumber: Training Aid, Unit Instruction Manual Komatsu Electrical System

## H. Sistem Pemanasan Awal (*Preheating*)

Sistem *preheating* pada alat berat bertujuan untuk memanaskan komponen *engine*, terutama *engine diesel*, sebelum dihidupkan pada suhu dingin. Oli pelumasan *engine* dan bahan bakar lebih kental pada suhu rendah sehingga menyebabkan proses pembakaran menjadi lambat. Selain itu, juga dapat mengurangi efisiensi mesin. Oleh karena itu, diperlukan *preheating* agar bahan bakar lebih mudah terbakar, oli pelumasan *engine* mencapai viskositas yang optimal, dan komponen-komponen bergerak dalam kondisi yang lebih siap. Dengan demikian, sistem pemanasan awal ini dapat mengurangi keausan awal komponen-komponen yang bergerak pada *engine* dan memperpanjang umur *engine*. Proses *preheating* pada *engine* yang menggunakan *precombustion chamber* dijabarkan dalam diagram berikut.



**Gambar 5.35** Rangkaian *preheating* menggunakan *glow plug sheath type* (paralel)

Sumber: Training Aid and User's Text Komatsu, 1997

Apa saja cakupan yang berhubungan dengan sistem pemanasan awal (*preheating*)? Penjelasan tentang hal-hal yang berhubungan dengan sistem pemanasan awal dirangkum dalam tabel berikut ini.



**Tabel 5.5** Cakupan yang Berhubungan dengan Sistem Pemanasan Awal

No.	Cakupan	Keterangan
1.	Indikator <i>Preheating</i>	Indikator pemanasan awal dapat menggunakan <i>glow plug</i> dan lampu yang terpasang pada monitor panel di depan kursi operator. Tujuannya untuk menunjukkan <i>glow plug</i> yang terpasang pada <i>pre-combution chamber</i> atau <i>ribbon heater</i> pada <i>intake manifold</i> berada dalam kondisi panas membara.
2.	<i>Glow Plug</i>	<i>Glow plug</i> merupakan pemanas listrik yang terpasang pada <i>pre-combution chamber</i> . Saat <i>engine</i> dihidupkan, <i>starting switch</i> akan memberikannya arus listrik dengan pembatasan arus oleh <i>circuit breaker</i> . Dengan demikian, ujung <i>glow plug</i> ini akan menyala dan memanaskan bagian dalam dari <i>pre-combution chamber</i> sehingga memudahkan penghidupan <i>engine</i> pada kondisi lingkungan yang dingin.
	<i>Tipe Glow Plug</i>	
	a. <i>Glow plug tipe coil</i>	<i>Coil</i> atau kumparan yang dililitkan dengan kawat nikrom tebal menjadi merah panas dan memanaskan <i>pre-combution chamber</i> .
	b. <i>Glow plug tipe sheath</i>	Sebuah lilitan kumparan dengan kawat baja <i>chrome</i> tipis dimasukkan ke dalam tabung baja tahan panas.
	c. <i>Glow plug resistor</i>	<i>Glow plug resistor</i> memiliki dua resistansi kumparan yang dihubungkan secara seri satu sama lain.
	d. <i>Ribbon Heater</i>	<i>Ribbon heater</i> digunakan saat kebanyakan <i>diesel engine</i> melakukan penyemprotan bahan bakar langsung ke ruang bakar utama ( <i>direct injection</i> ) tanpa lagi menggunakan <i>pre-combustion chamber</i> .
	e. <i>Heater Relay</i>	<i>Heater relay</i> merupakan sebuah sakelar pengendali arus untuk mengoperasikan sistem pemanas ( <i>heater</i> ) dalam <i>preheating system</i> .

### Rangkaian *Preheating* pada *Bulldozer Komatsu D85SS-2A*

Pada rangkaian listrik pemanasan awal unit *bulldozer* tidak menggunakan lagi *glow plug*. Hal itu karena penyemprotan bahan bakar *direct injection* yang tidak terdapat *pre-combution chamber*, tetapi menggunakan *ribbon heater (air intake heater)* dan *heater relay*. Penjelasan tentang *preheating*, rangkaian *preheating* pada *bulldozer*, cara menggunakan *preheating* dijelaskan dalam kode QR di samping.

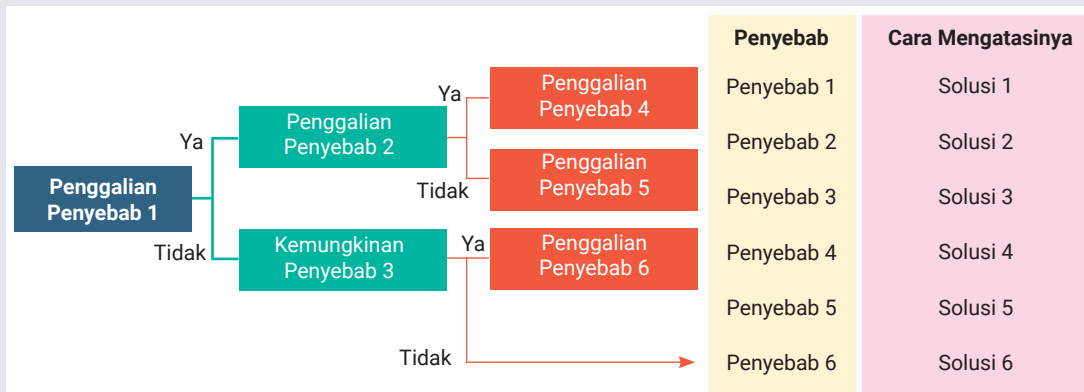




## Kasus Industri

Beberapa permasalahan dapat terjadi pada sistem kelistrikan *starting*, *charging*, dan *preheating*. Contoh, kalian dihadapkan dengan permasalahan pada sistem *starting*, seperti **engine tidak dapat crank atau berputar saat starting switch pada posisi start**. Buatlah kelompok yang berisikan tiga atau empat siswa, lalu lakukan mitigasi kemungkinan-kemungkinan penyebab permasalahan. Selanjutnya, buatlah diagram alir seperti pada gambar 5.36 untuk menentukan penyebab utama dan penyelesaiannya.

Berikut contoh diagram alir yang dapat kalian gunakan sebagai acuan.



Gambar 5.36 Diagram alir penyelesaian masalah



## Aktivitas 5.3

### Aktivitas Kelompok: Melakukan Inspeksi dan Pengukuran dari Bagain-Bagian Alternator

#### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian bekerja sama melakukan inspeksi dan pengukuran dari bagian-bagian alternator.

#### Langkah-Langkah

1. Buatlah kelompok dengan anggota dua atau tiga siswa!
2. Bongkarlah alternator dengan mengacu pada *manual book*!
3. Lakukanlah inspeksi dan pengukuran pada bagian-bagian alternator bersama teman satu kelompok!
4. Lakukan aktivitas berdasarkan tabel di lembar inspeksi dalam QR yang diberikan!





## Aktivitas 5.4

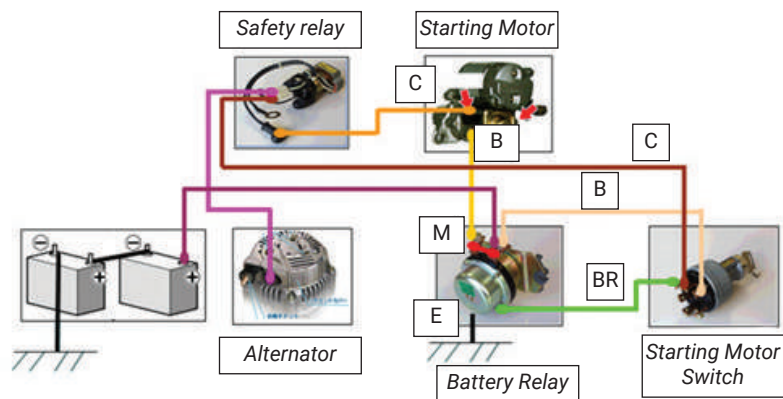
## Aktivitas Mandiri: Perangkaian Starter dan Pengisian

### Tujuan

Pada aktivitas ini, secara mandiri membuat rangkaian pada simulator elektrik dan menguji rangkaian tersebut.

### Langkah-Langkah

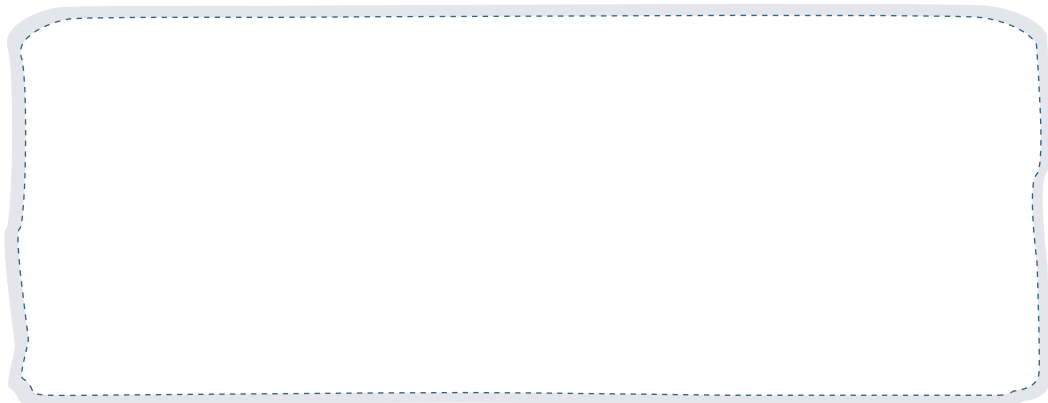
1. Gunakanlah simulator yang tersedia di *workshop* teknik alat berat yang ada di sekolah!
2. Lakukanlah perangkaian starter dan pengisian dengan didampingi guru atau teknisi!
3. Lakukanlah pengujian sistem dengan didampingi guru atau teknisi!
4. Gunakan gambar berikut sebagai panduan!



**Gambar 5.37** Rangkaian starter dan pengisian

**Sumber:** Basic of Electrical Component, 2018

5. Hasil rangkaian difoto, lalu kalian cetak dan tempelkan di buku tugas.





## A. Pilihan Ganda

Pilihlah salah satu jawaban yang benar dari pertanyaan berikut!

1. Terminal dari *safety relay* yang berhubungan dengan pencegahan *pinion motor starter* saat mesin sedang berjalan adalah ....
  - a. terminal B
  - b. terminal R
  - c. terminal S
  - d. terminal C
  - e. terminal E
2. Pada *battery relay*, antara terminal satu dan lainnya yang terdapat kumparan adalah ....
  - a. terminal M dan terminal B
  - b. terminal BR dan terminal E
  - c. terminal B dan terminal BR
  - d. terminal M dan terminal E
  - e. terminal B dan terminal E
3. Terminal dari *safety relay* yang menerima *signal start (C)* dari *starting switch* adalah ....
  - a. terminal B
  - b. terminal C
  - c. terminal S
  - d. terminal R
  - e. terminal E
4. Terminal dari *safety relay* yang terhubung ke *motor starter* dan pada posisi *starting switch START* adalah ....
  - a. terminal B
  - b. terminal C
  - c. terminal S
  - d. terminal R
  - e. terminal E



5. Terminal yang selalu terhubung ke terminal M dari relai baterai adalah ....
  - a. isi positif baterai
  - b. terminal B dari *relay* baterai
  - c. terminal BR dari *relay* baterai
  - d. terminal B dari *relay* pengaman, terminal B dari alternator, dan terminal B dari *motor starter*
  - e. terminal *ground*
  
6. Terminal yang tidak diaplikasikan atau terhubung dengan tegangan baterai ketika *starting switch* pada posisi ON adalah ....
  - a. terminal B dari alternator
  - b. terminal C dari *safety relay*
  - c. terminal M dari *battery relay*
  - d. terminal B dari *motor starter*
  - e. terminal E dari *body*
  
7. Untuk menentukan *start* gagal karena kegagalan *internal motor starter*, tegangan *safety relay* perlu diukur pada terminal ....
  - a. terminal B
  - b. terminal S
  - c. terminal R
  - d. terminal C
  - e. terminal E

## B. Uraian

Dalam diagram rangkaian pada gambar, tentukan perilaku lampu indikator PL1 dan PL2, *buzzer*, dan *relay electromagnetic* RL1 ketika sakelar tekan PS (*push down*), sakelar batas (*limit switch*) LS1, dan LS2 dioperasikan sesuai dengan langkah-langkah pada tabel yang diberikan.

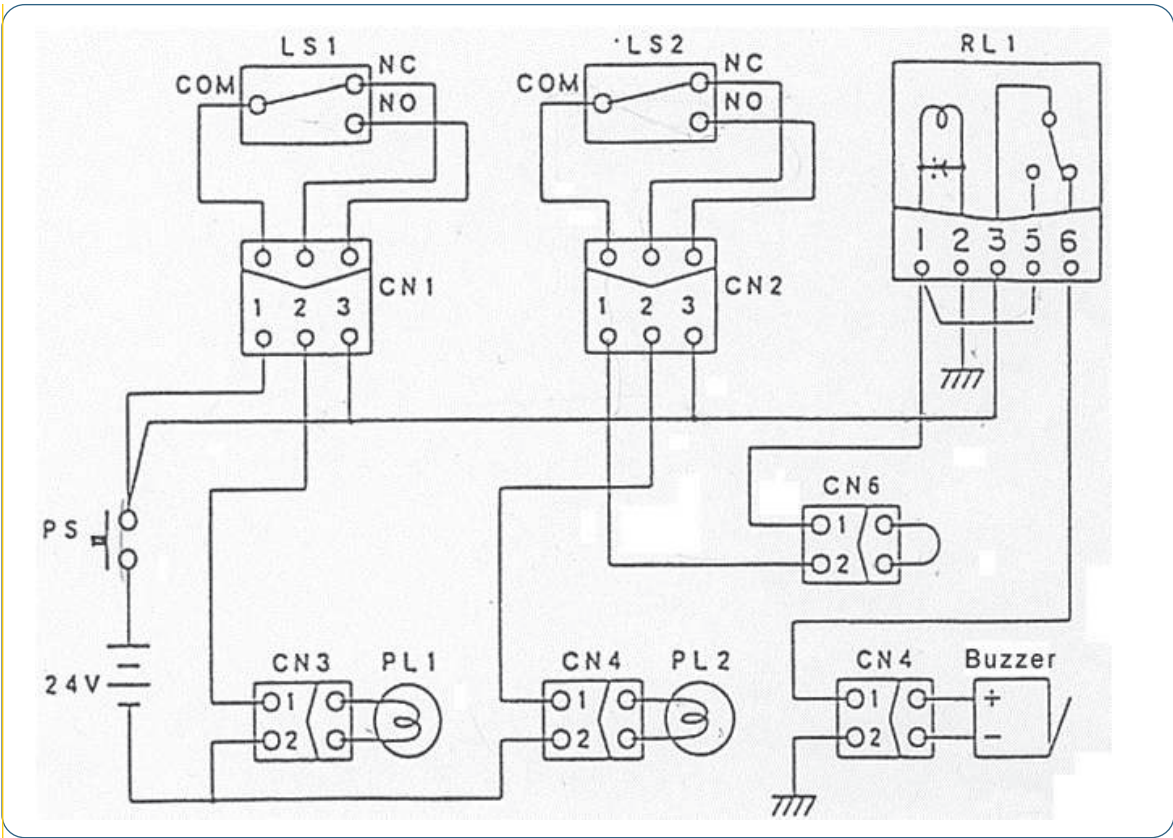
### Catatan:

Untuk PL1 dan PL2, beri tanda “O” jika menyala, dan “X” jika tidak.

Beri tanda “O” jika *buzzer* berbunyi, dan “X” jika tidak.

Untuk *relay electromagnetic* RL1, beri tanda “O” jika beroperasi dan “X” jika tidak.





Sumber: Yoshihiko-sirasaka: Starter motor and alternator inspection sheet-2022

### Lembar Kerja Siswa

Step	PS	LS 1	LS 2	PL 1	PL 2	RL 1	Buzzer
Step 1	Press	NC side	NC side				
Step 2	Held on	NO side	NC side				
Step 3	Held on	NO side	NO side				
Step 4	Held on	NC side	NO side				
Step 5	Held on	NC side	NC side				





## Refleksi

Pada Bab 5 ini dijelaskan tentang sistem kelistrikan alat berat dan telah dibahas bersama. Pembahasan materi dalam bab ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman kalian tentang konsep dasar listrik. Selain itu, kalian dapat mengidentifikasi tipe dan struktur penghantar listrik dan baterai, komponen-komponen *starting*, *charging*, dan *preheating system* pada alat berat serta merangkainya sehingga dapat berfungsi dengan baik. Dari semua materi pada Bab 5 yang telah dijelaskan, tentukan beberapa hal berikut ini.

1. Materi pembelajaran atau topik apakah yang menurut kalian sulit dipahami? Jelaskan!
2. Materi pembelajaran atau topik apakah yang mudah kalian pahami? Sebutkan alasannya!
3. Diskusikan dengan teman maupun guru kalian tentang hal tersebut!

### Lembar Refleksi (Kerjakan di Buku Tugas Kalian)

Materi pembelajaran atau topik apakah yang menurut kalian sulit dipahami? Jelaskan!

1. ....
2. ....
3. ....
4. ....
5. ....

Materi pembelajaran atau topik apakah yang mudah kalian pahami? Sebutkan alasannya!

1. ....
2. ....
3. ....
4. ....
5. ....





## Pengayaan

Lakukanlah penelusuran informasi tentang topik berikut untuk menambah wawasan kalian.

1. Konsep dasar listrik (tegangan, arus, hambatan, satuan besaran listrik).
2. Tipe dan struktur penghantar listrik (*wire*, konektor, *fuse*).
3. Pengetahuan tentang baterai.
4. Komponen-komponen *starting* dan *charging system* pada alat berat.
5. Merangkai sistem *starting* dan *charging* dengan benar.

Kalian dapat memindai informasi pada kode QR atau membuka tautan berikut ini.

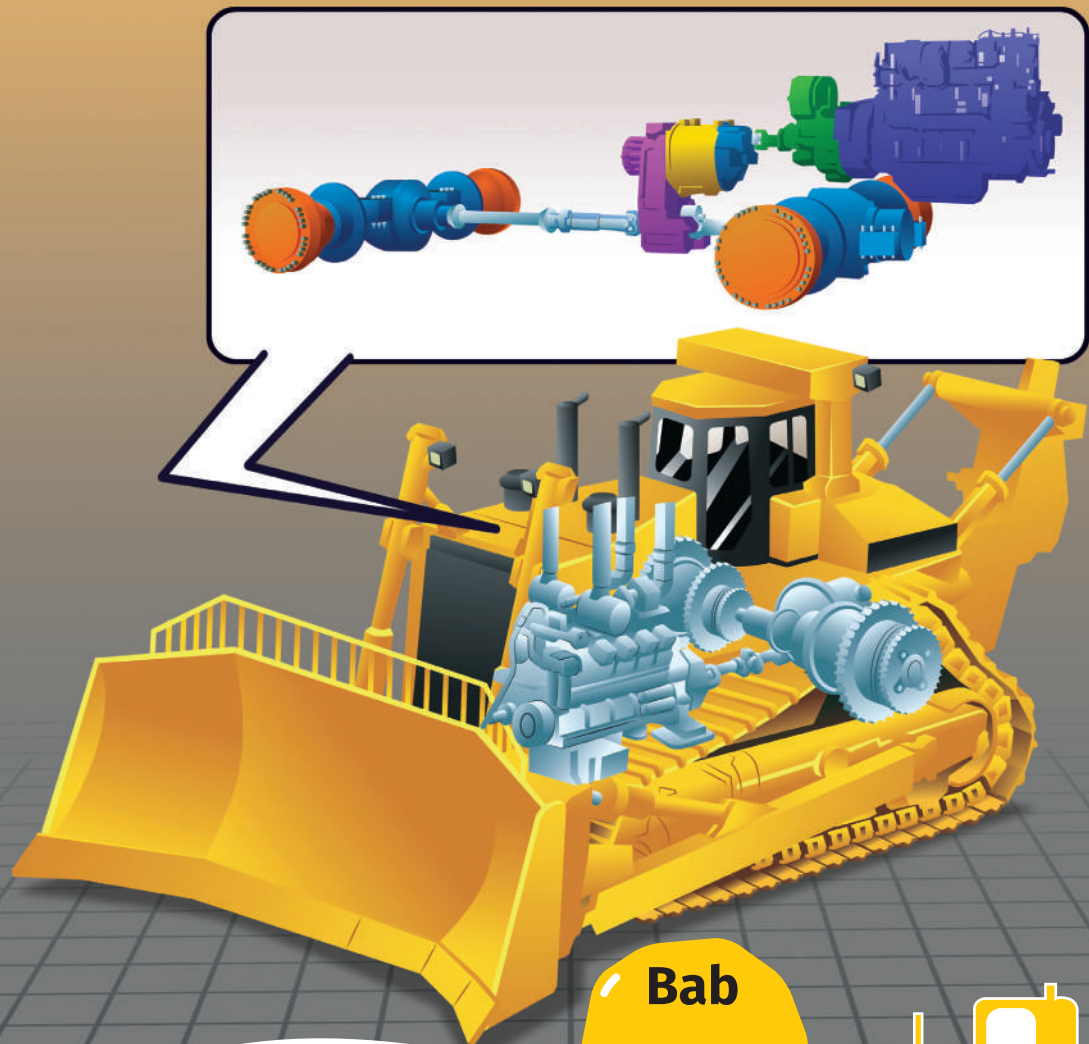


KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2024

Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XI

Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin

ISBN: 978-634-00-0174-7



Bab

6



# Power Train dan Undercarriage



Menurut kalian seberapa penting keberadaan sistem pemindah tenaga (*power train*) pada *machine* atau unit alat berat?

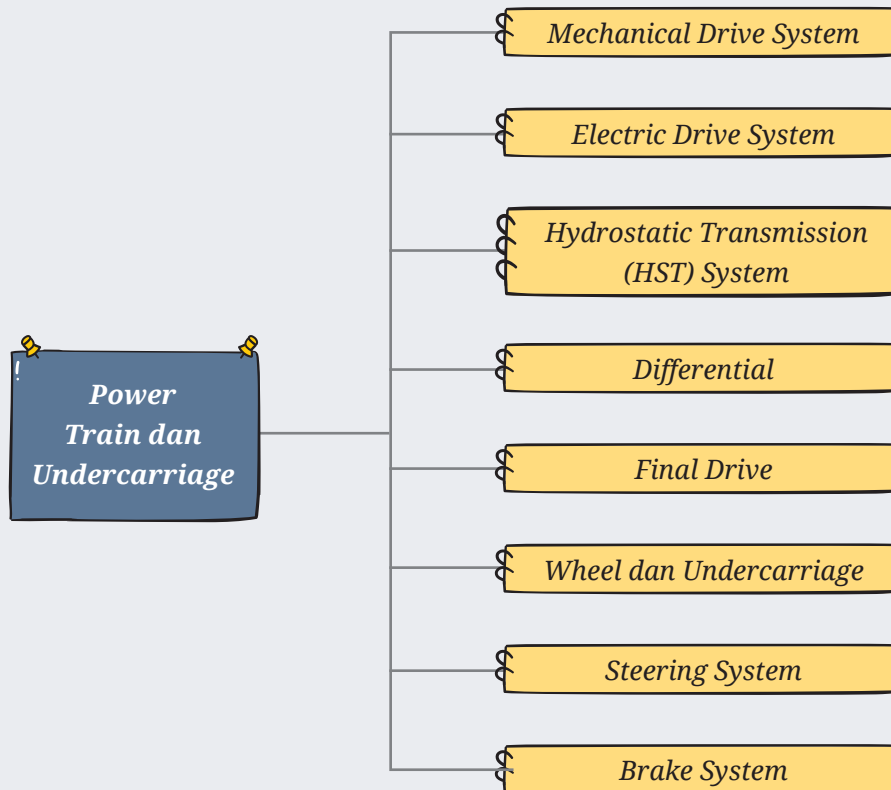


## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, kalian diharapkan dapat mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja sistem pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*).



## Peta Materi



## Kata Kunci

↔ *electric drive system*

↔ *HST system*

↔ *mechanical drive system*

↔ *power train*

↔ *undercarriage*





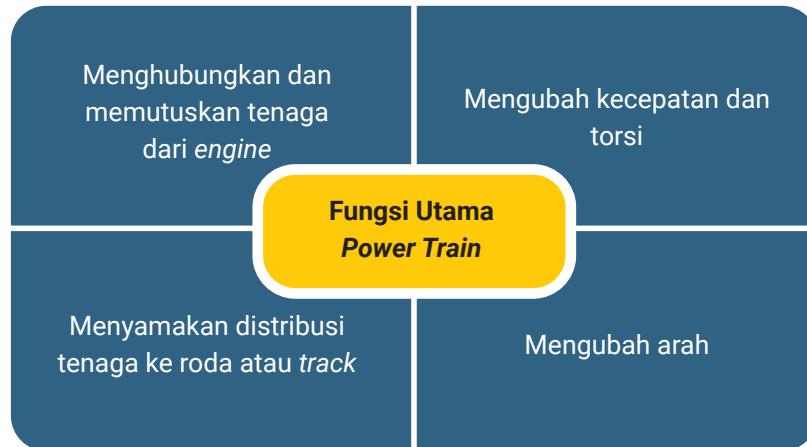
**Gambar 6.1** Alat berat dapat bergerak dalam berbagai kegiatan, seperti pertambangan karena adanya sistem pemindah tenaga atau *power train*.

Sumber: brgfx/freepik.com/2021

Berbagai jenis alat berat digunakan dalam kegiatan pertambangan, seperti *excavator*, *dump truck*, dan *crane*. Alat berat tersebut mengangkat dan memindahkan material-material tambang. Alat berat berpindah dari satu tempat ke tempat lain. Tahukah kalian apakah yang menyebabkan roda alat berat dapat bergerak? Hal itu ada hubungannya dengan sistem pemindah tenaga yang dikenal dengan istilah *power train*. Bagaimanakah sistem *power train* tersebut bekerja? Marilah ikuti penjelasannya dalam bab ini.

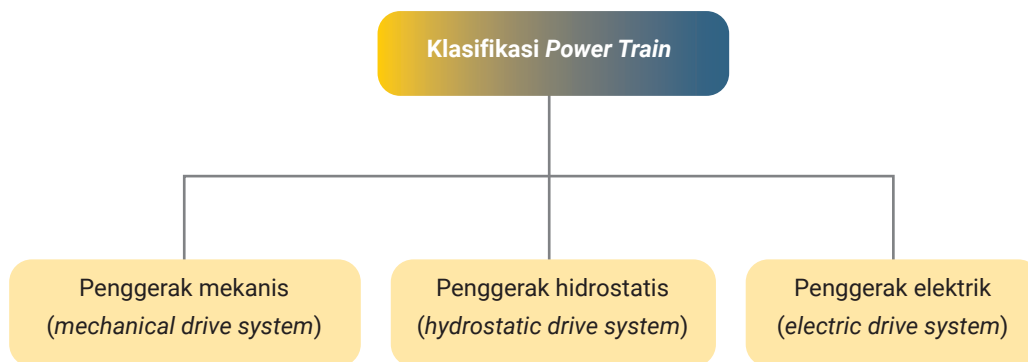


Pada bab ini kalian akan mempelajari sistem *power train* dan *undercarriage*. *Power train* adalah suatu rangkaian komponen yang memindahkan tenaga (*horse power*) yang dihasilkan oleh *engine* menuju roda atau *track*. Fungsi utama *power train* dijelaskan dalam infografik berikut ini.



Gambar 6.2 Fungsi utama *power train*

*Machine* atau unit alat berat pada umumnya menggunakan *power train* yang digolongkan ke dalam tiga klasifikasi. Klasifikasi tersebut disajikan dalam diagram berikut.



Gambar 6.3 Klasifikasi *power train* pada unit alat berat

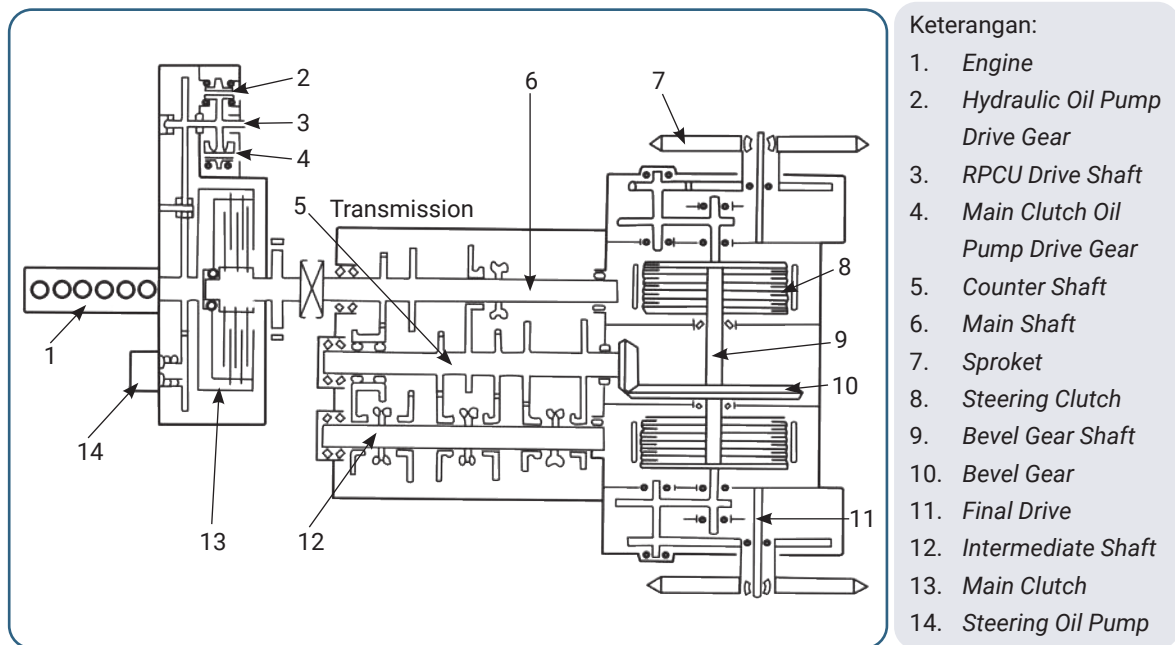
Penggerak mekanis, hidrostatis, dan elektrik memiliki fungsi yang berbeda. Simaklah uraian berikut ini agar kalian lebih memahami tentang klasifikasi *power train*.

## A. Penggerak Mekanis atau *Mechanical Drive System*

Pada subbab ini kalian akan mempelajari tentang *direct drive system*, *torqueflow drive system*, dan *hydroshift drive system*.

### 1. *Direct Drive System*

*Direct drive system* adalah *machine* atau unit alat berat yang menggunakan *main clutch* untuk meneruskan tenaga dari *engine* melalui *flywheel*. Selanjutnya, diteruskan ke transmisi. Pada gambar di bawah ini, beberapa contoh *direct drive system* yang digunakan pada *machine* atau unit alat berat.



Gambar 6.4 Bagian-bagian *direct drive system*

Sumber: Basic Mechanic Course Torqflow System/PT United Tractors Tbk/Training Center Dept, 2007

Setelah kalian memahami konstruksi umum *direct drive system*. Selanjutnya, secara detail satu per satu komponennya akan dijelaskan sebagai berikut.

#### a. *Mechanical Clutch* atau *Flywheel Clutch*

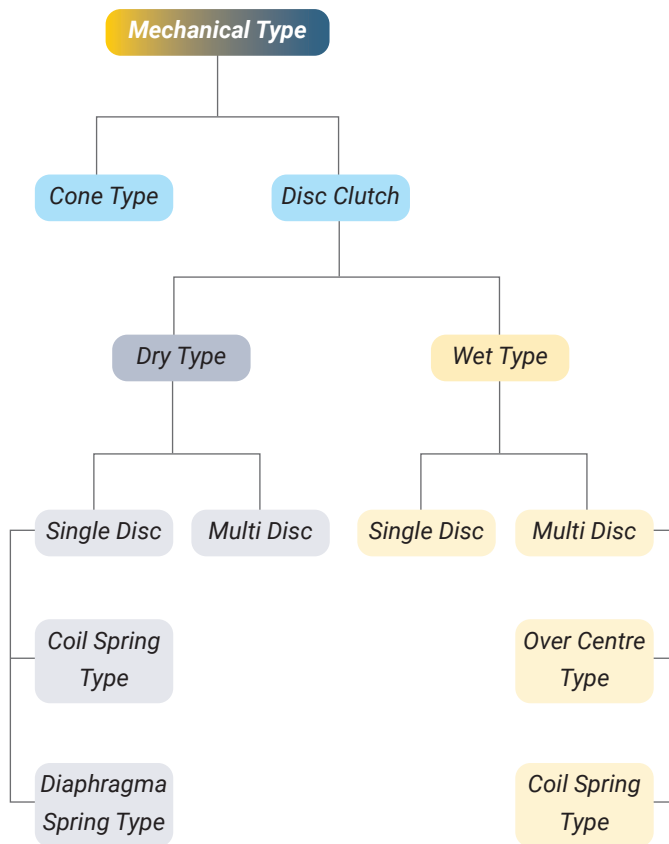
Tahukah kalian fungsi dari *mechanical clutch*? Fungsi *mechanical clutch* atau *flywheel clutch*, sebagai berikut.

1. *Mechanical clutch* berfungsi untuk meneruskan atau memutuskan tenaga dari *engine* ke transmisi sehingga memungkinkan kendaraan untuk bergerak, berjalan, atau berhenti.



2. *Mechanical clutch* berfungsi untuk mempermudah ketika melakukan perpindahan kecepatan (*shifting* transmisi) dan juga ketika perlambatan atau pengereman.
3. *Mechanical clutch* berfungsi untuk memungkinkan kendaraan berhenti tanpa mematikan *engine*. Sementara itu, gigi transmisi tetap terpasang atau masuk.

*Mechanical clutch* atau *flywheel clutch* dapat diklasifikasi menjadi beberapa bagian, seperti diagram berikut ini.



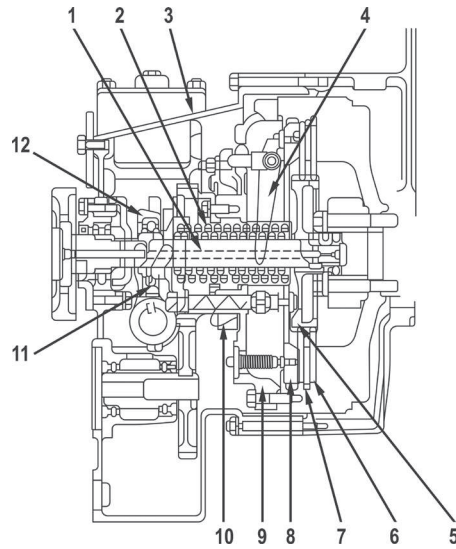
**Gambar 6.5** Klasifikasi *mechanical clutch* atau *flywheel clutch*

*Mechanical clutch* atau *flywheel clutch* sebagaimana bagan yang kalian lihat terbagi menjadi dua, yaitu *cone type* dan *disc clutch*. Untuk tipe *disc clutch* terbagi menjadi dua, yaitu *dry type* dan *wet type*. *Dry type* didinginkan oleh udara dan digunakan untuk *machine* atau unit alat berat dengan *horse power* rendah. Sementara itu, *wet type* didinginkan oleh oli. Dengan demikian, dapat mengurangi panas akibat gesekan dan meredam beban kejut dan digunakan pada *machine* atau unit alat berat dengan *horse power* yang lebih tinggi. Masing-masing juga terdiri dari berbagai macam *type* yang dapat kalian lihat pada bagan di samping.

Untuk pembahasan berikutnya difokuskan pada *coil spring type* dan *over centre type*. Penjelasan masing-masingnya diuraikan sebagai berikut.



1) *Coil Spring Type*

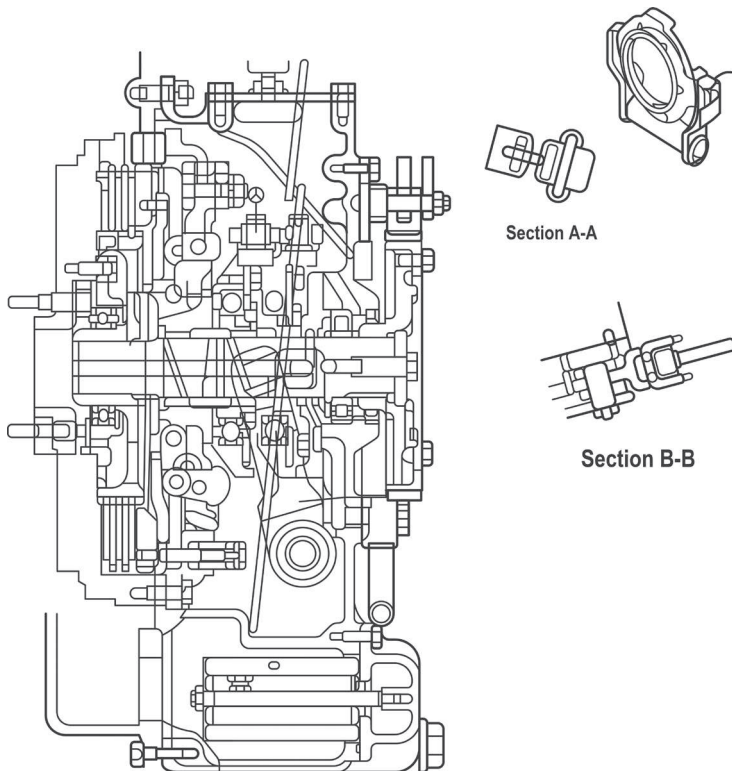


Gambar 6.6 Coil spring type

Keterangan:

1. Shaft
2. Spring
3. Main clutch housing
4. Release lever
5. Gear
6. Driven plate (disc)
7. Drive plate
8. Pressure plate
9. Clutch cover
10. Adjusting screw
11. Release bearing
12. Shifter block

2) *Over Center Type*



Gambar 6.7 Over center type

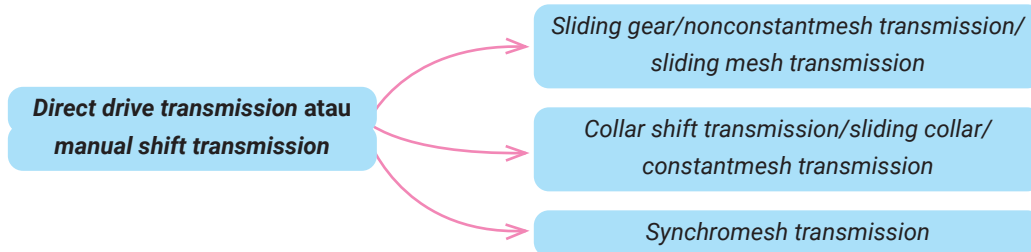
Keterangan:

1. Disc
2. Plate
3. Pressure plate
4. Clutch cover
5. Lock
6. Plate
7. Collar
8. Spring
9. Shaft
10. Plate
11. Inertia brake drum
12. Retainer
13. Clutch housing
14. Flange
15. Retainer
16. Return spring
17. Weight link
18. Hub
19. Retainer
20. Adjustment ring



## b. Direct Drive Transmission atau Manual Shift Transmission

Transmisi pada *machine* atau unit alat berat yang menggunakan *main clutch* adalah *direct drive transmission* atau *manual shift transmission*. Secara umum *direct drive transmission* atau *manual shift transmission* terbagi menjadi tiga macam, seperti tertera pada diagram berikut.

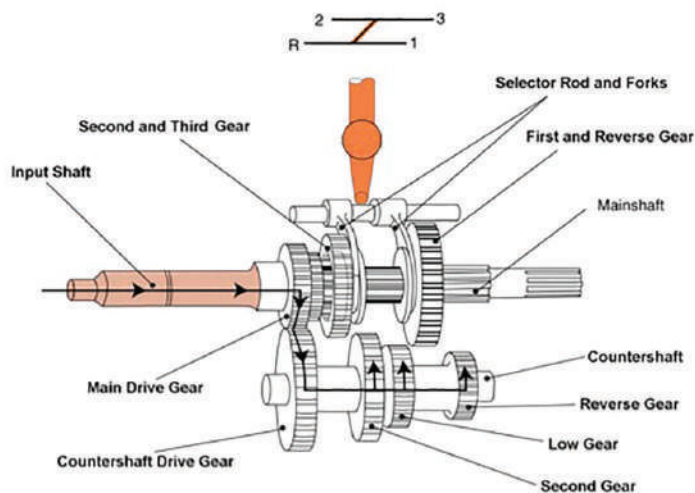


Gambar 6.8 Jenis *direct drive transmission* atau *manual shift transmission*

Apakah perbedaan dari masing-masing jenis *direct drive transmission* atau *manual shift transmission* tersebut? Hal tersebut akan dijelaskan pada uraian berikut ini.

### 1) Sliding Gear/Nonconstant Mesh Transmission/Sliding Mesh Transmission

Struktur *nonconstant mesh transmission* terdiri dari *gear* yang *spline* pada *shaft*-nya dan berputar bersama. *Yoke* terpasang pada *groove* yang terdapat pada *gear* untuk menggerakkannya. *Gear* tersebut dapat digerakkan sepanjang *shaft* untuk berhubungan (*mesh*) dengan gigi pada *shaft* yang lainnya. Transmisi ini terdiri dari tiga *shaft*, yaitu *main shaft*, *countershaft*, dan *intermediate shaft* yang dilengkapi dengan gigi-gigi di tiap *shaft*-nya.



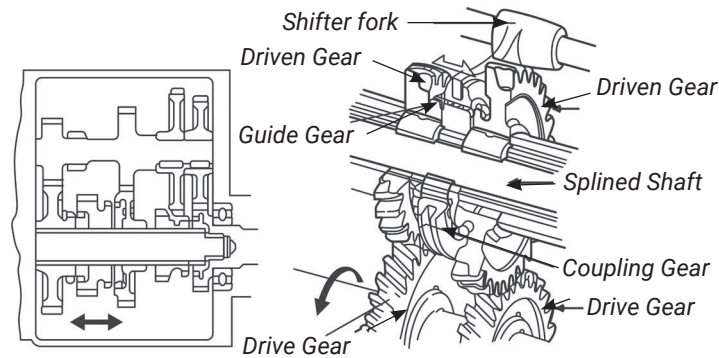
Gambar 6.9 Sliding mesh transmission

Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, *Fundamental Power Train/2005*



## 2) Collar Shift Transmission/Sliding Collar/Constant Mesh Transmission

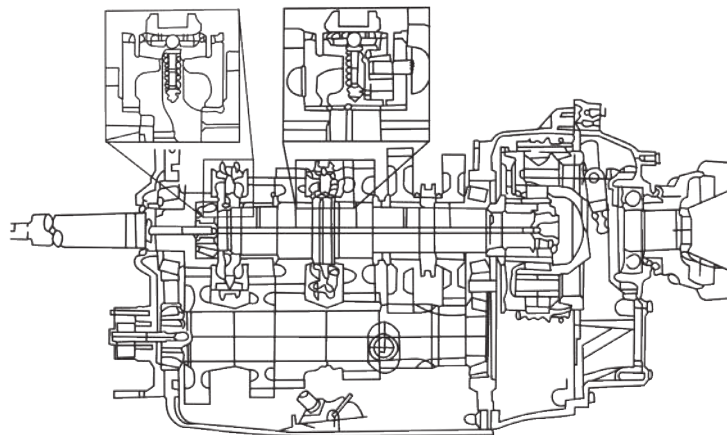
Transmisi tipe *constant mesh driven gear* pada *splined shaft* selalu berhubungan dengan *drive gear*-nya sehingga selalu berputar. Perputaran *driven gear* tidak memutarkan *shaft*-nya. Perputaran *driven gear* akan diteruskan ke *shaft* apabila *coupling* sudah dipindahkan dengan sempurna sampai *clutch hub* terhubung dengan *shaft*-nya. Dengan demikian, *driven gear* dapat memutarkan *shaft*.



Gambar 6.10 Collar shift transmission

## 3) Synchronesh Transmission

Pada dasarnya, *synchronesh transmission* sama dengan *constant mesh* transmisi. *Synchronesh* merupakan komponen dalam *gearbox transmission* yang berfungsi untuk membantu dalam melakukan proses perpindahan kecepatan (*gear shifting*). Apabila dibandingkan dengan transmisi *sliding* dan *constant mesh*, *synchronesh transmission* mempunyai keuntungan yaitu dapat memindahkan kecepatan tanpa harus berhenti terlebih dahulu. Sebuah *synchronizer* digunakan agar pada saat *gear shifting* lebih lembut dan tidak berisik.



Gambar 6.11 Synchronesh transmission

Sumber: Modul Direct Drive System UT School 2009





#### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara bekerja sama menelusuri dan mencari tahu informasi tambahan tentang *direct drive system*.

#### Langkah-Langkah

1. Buatlah kelompok dengan anggota tiga atau empat siswa!
2. Lakukan penelusuran menggunakan *service manual* yang ada di sekolah kalian! Selain itu, kalian juga dapat mengakses media daring yang tepercaya tentang *machine* atau unit alat berat yang menggunakan jenis pemindah tenaga *direct drive system*!
3. Catatlah hasil penelusuran informasi di buku kerja masing-masing!
4. Presentasikan hasil penelusuran di depan kelas secara bergantian!

## 2. *Torqueflow Drive System*

*Torqueflow drive system* adalah sistem pemindah tenaga dari *engine* ke *power train* dengan perantara oli. *Machine* atau unit alat berat yang memakai sistem ini mempunyai daya dorong yang lebih besar dibandingkan dengan yang memakai *direct drive system*. Selain itu, apabila mendapat beban yang berlebihan, *engine* tidak mati. Keuntungan dari *torqflow drive system* dibandingkan dengan *direct drive system*, di antaranya

1. dapat meredam getaran dari *engine* pada saat akselerasi dan melindungi *engine* apabila terjadi perubahan beban,
2. daya dorong dan putaran *engine* diatur secara otomatis sesuai dengan beban, dan
3. perpindahan gigi dari transmisi halus, mudah, dan dapat dilakukan dengan cepat tanpa *machine* atau unit alat berat berhenti.

*Torqueflow drive system* juga memiliki kelemahan, di antaranya

1. tidak bisa memindahkan tenaga *engine* secara penuh karena mengalami slip di *torque converter*nya,
2. konstruksinya yang rumit, dan
3. harganya yang lebih mahal.

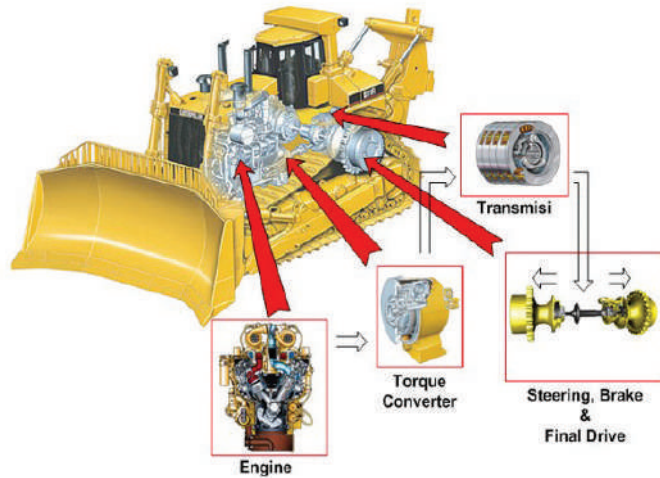


Selanjutnya akan dibahas contoh penerapan *Torqflow drive system pada machine* dan komponennya.

**a. Contoh *Torqflow Drive System* yang Digunakan pada *Machine***

Beberapa contoh *torqflow drive system* yang digunakan pada *machine* atau unit alat berat Caterpillar, sebagai berikut.

1) *Track Type Tractor/Bulldozer*

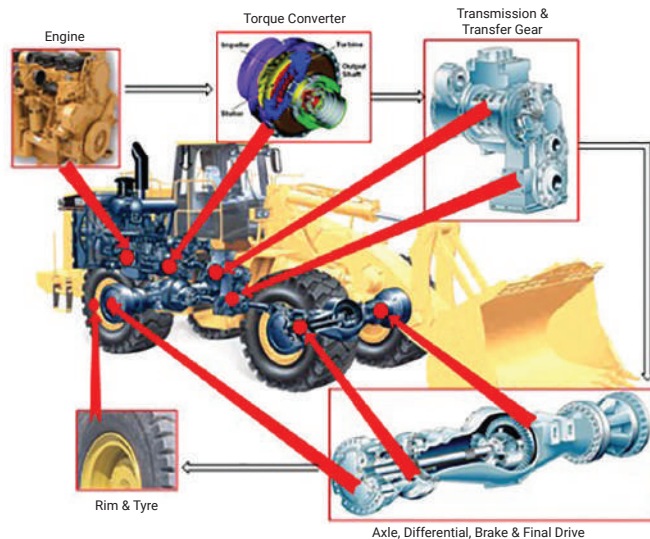


Komponen *mechanical drive/direct drive* terdiri dari *engine, torque converter, transmisi, steering, brake* dan *final drive*. Tenaga yang dihasilkan *engine* diteruskan ke *torque converter*. Dari *torque converter* tenaga diteruskan ke transmisi. Dari transmisi tenaga diteruskan menuju *bevel gear*. Dari *bevel gear* tenaga diteruskan ke *final drive*.

**Gambar 6.12** *Torqflow drive system pada track type tractor/bulldozer*

Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, *Caterpillar Machine & Engine Designation/2005*

2) *Wheel Loader*



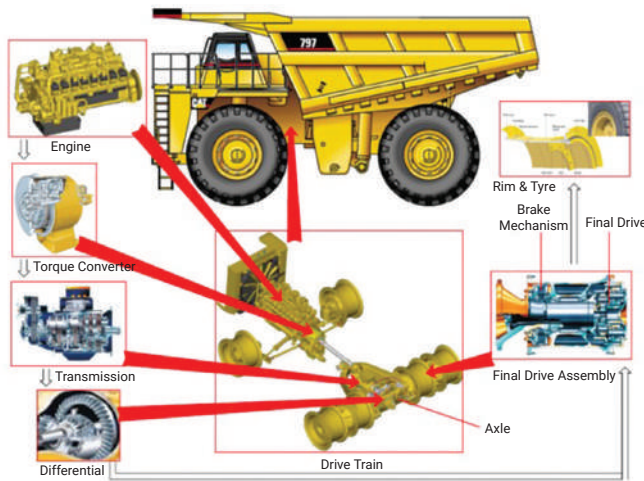
Komponen *mechanical drive* atau *direct drive* terdiri dari *engine, torque converter, transmisi, axle, brake, final drive, rim, dan tyre*. Tenaga yang dihasilkan oleh *engine* diteruskan ke *torque converter*. Tenaga dari *torque converter* diteruskan ke transmisi. Tenaga dari transmisi dipindahkan dan dikontrol menuju masing-masing roda menggunakan mekanisme *bevel gear, differential, brake, dan final drive* yang terdapat dalam satu komponen yang disebut *axle*.

**Gambar 6.13** *Torqflow drive system pada wheel loader*

Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, *Caterpillar Machine & Engine Designation/2005*



### 3) Off Highway Truck

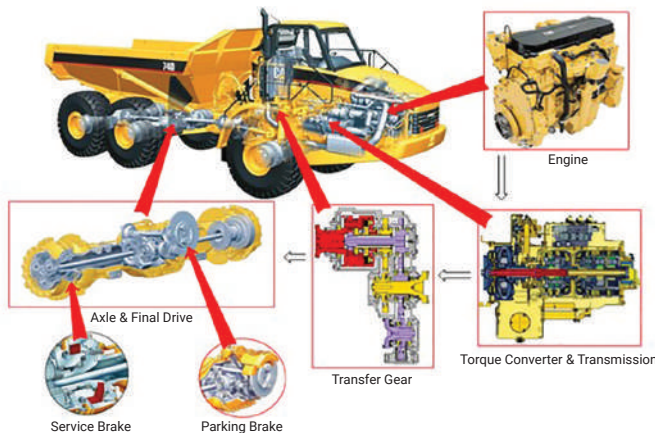


**Gambar 6.14** Torqflow drive system pada off highway truck.

Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, *Caterpillar Machine & Engine Designation/2005*

Komponen *mechanical drive* atau *direct drive* terdiri dari *engine*, *torque converter*, transmisi, *axle*, *brake*, *final drive*, *rim*, dan *tyre*. Tenaga yang dihasilkan *engine* diteruskan ke *torque converter*. Tenaga dari *torque converter* diteruskan ke transmisi. Tenaga dari transmisi dipindahkan dan dikontrol menuju masing-masing roda menggunakan mekanisme *bevel gear*, *differential*, *brake*, dan *final drive* yang terdapat dalam satu komponen yang disebut *axle*.

### 4) Articulated Dump Truck



**Gambar 6.15** Torqflow drive system pada articulated dump truck.

Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, *Caterpillar Machine & Engine Designation/2005*

Komponen *mechanical drive* atau *direct drive* terdiri dari *engine*, *torque converter*, transmisi, *axle*, *brake*, *final drive*, *rim*, dan *tyre*. Tenaga yang dihasilkan *engine* diteruskan ke *torque converter*. Tenaga dari *torque converter* diteruskan ke transmisi. Tenaga dari transmisi diteruskan ke transfer gear. Tenaga dari *transfer gear* dipindahkan dan dikontrol menuju masing-masing roda menggunakan mekanisme *bevel gear*, *differential*, *brake*, dan *final drive* yang terdapat dalam satu komponen yang disebut *axle*.



Pada unit Komatsu *torqflow system* dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

- 1) *Damper + Torque Converter + Torqflow Transmission*  
Digunakan pada *machine/unit* alat berat: D45, D53, D57, WA500, WA800.
- 2) *Torque Converter + Torqflow Transmission*  
Digunakan pada *machine/unit* alat berat: D55, D65, D85, D155, D355, GD705, WA180, WA300, WA400
- 3) *Torque Converter with up clutch + Torqflow*  
Digunakan pada *machine/unit* alat berat: WS16, HD200
- 4) *Damper + Torque Converter With Up Clutch + Torqflow Transmission*  
Digunakan pada *machine/unit* alat berat: D275, D375, D475, WS23, HD325, HD465, HD785

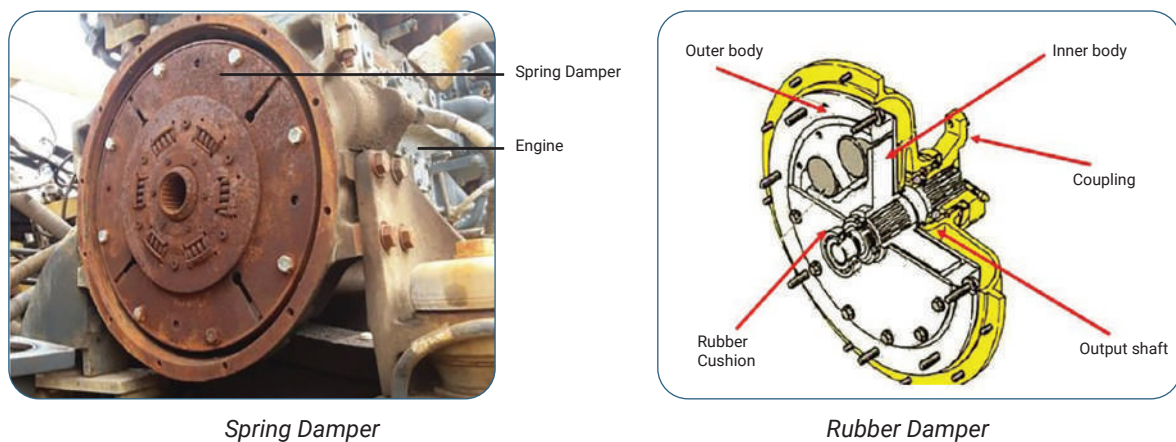
## b. Komponen *Torqflow Drive System*

Setelah kalian memahami konstruksi umum *torqflow drive system*, selanjutnya kita akan mendetailkan satu per satu komponennya.

### 1) *Damper*

*Damper* dipasang pada *flywheel engine* untuk menaikkan keandalan dan ketahanan (*reliability* dan *durability*) dari komponen-komponen *power train*. Keandalan dan ketahanan tersebut, yaitu dengan menyerap getaran-getaran puntir yang disebabkan karena adanya perubahan torsi *engine* pada saat akselerasi/deselerasi atau pada saat operasi dengan beban berat. Getaran tersebut harus dihilangkan atau setidaknya dikurangi sehingga getaran tidak diteruskan ke *power train*. Dengan demikian, umur komponen *power train* bisa lebih lama.

Ada dua macam *damper* yang umum digunakan, yaitu *spring damper* dan *rubber damper*. Kalian dapat membedakan keduanya dengan mengamati gambar berikut ini.



**Gambar 6.16** Dua jenis *damper*

**Sumber:** Torqflow Drive System, Upskilling and Reskilling Guru Kejuruan SMK, UT School, 2020.



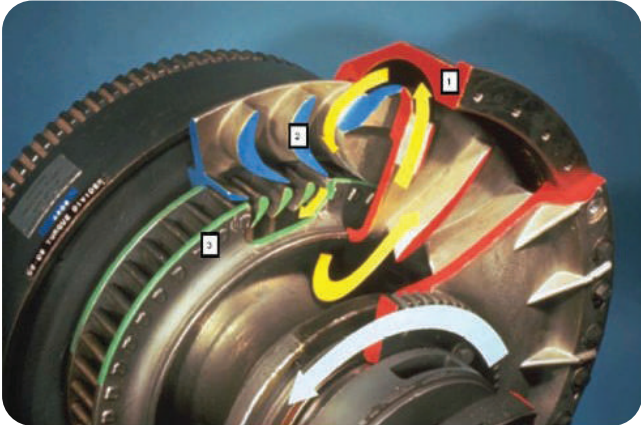
## 2) Torque Converter

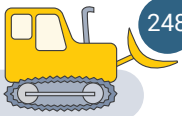
*Torque converter* adalah salah satu komponen *power train* yang bekerja secara *hydraulic*. *Torque converter* sering disebut juga *fluid clutch*. Fungsi utamanya tidak jauh berbeda dengan *main clutch*. Fungsi utama *torque converter*, sebagai berikut:

1. meningkatkan torsi saat *output*-nya mendapatkan beban,
2. meredam kejutan (memindahkan tenaga secara halus),
3. mencegah *engine stall (lug)* saat beban tinggi, dan
4. sebagai media penghubung antara *engine* dan transmisi secara *hydraulic*.

*Torque converter* meliputi tiga komponen, yaitu *impeller/pump*, *turbine/runner*, dan *stator/reactor*. Masing-masing komponen dan cara kerja *torque converter* akan dijelaskan dalam tabel berikut.

**Tabel 6.1** Komponen dan Cara Kerja *Torque Converter*

Gambar	
Komponen	<ol style="list-style-type: none"><li>1. <i>Impeller/pump</i> adalah komponen yang berfungsi sebagai penggerak (<i>driving member</i>) diikat dengan <i>flywheel</i> melalui <i>rotating housing</i> menggunakan <i>bolt</i>. Komponen ini menghasilkan energi kinetis pada oli di dalam <i>torque converter</i> dengan digerakkan secara langsung oleh <i>engine</i>.</li><li>2. <i>Turbine/runner</i> adalah komponen yang digerakkan (<i>driven member</i>) dan dihubungkan dengan <i>output shaft torque converter</i> berfungsi sebagian penerus tenaga yang dihasilkan <i>engine</i> ke transmisi.</li><li>3. <i>Stator/reactor</i> adalah komponen yang diam karena ditahan oleh <i>torque converter housing</i> yang berfungsi untuk meningkatkan torsi.</li></ol>

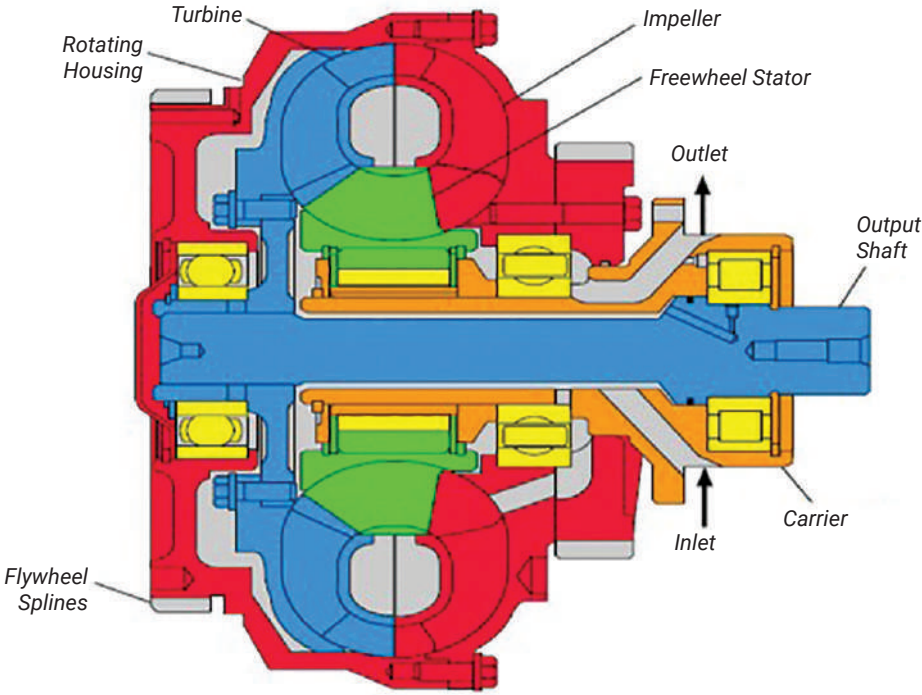


**Cara kerja torque converter**

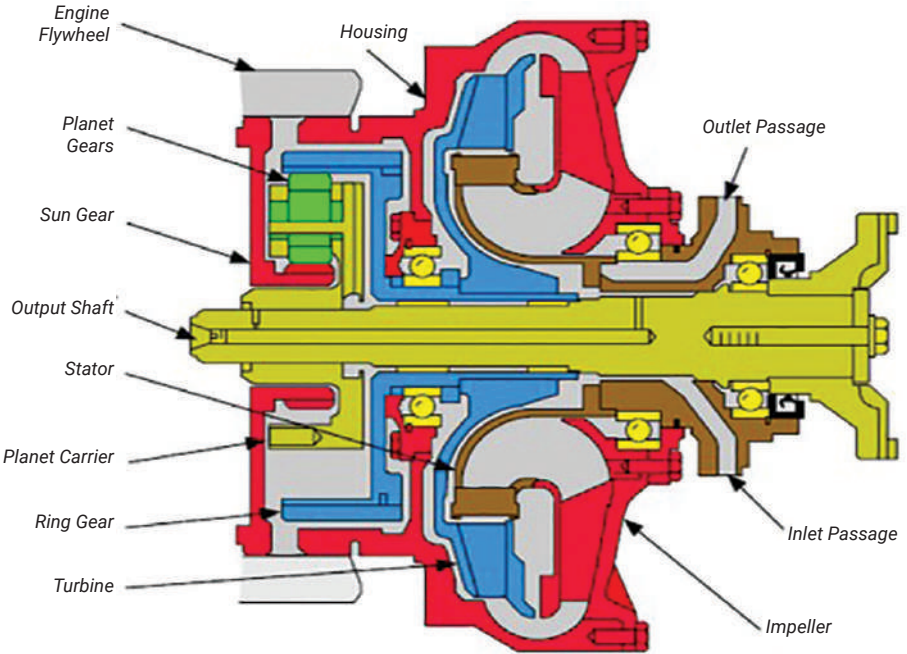
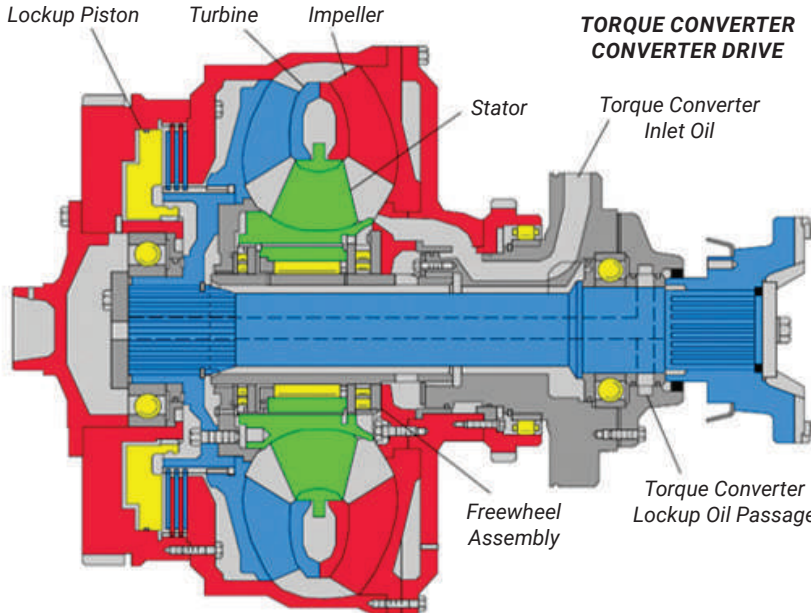
Pada saat *engine running*, maka tenaga yang dihasilkan akan menggerakkan *flywheel*. *Impeller* yang dihubungkan dengan *flywheel* akan ikut berputar. *Blade* (sudu-sudu) yang terdapat pada *impeller* akan mendorong oli menuju *blade* (sudu-sudu) *turbine* yang mengakibatkan *output shaft* ikut berputar. Selanjutnya, akan meneruskan tenaga yang dihasilkan *engine* ke transmisi. Oli yang dari *turbine* akan diarahkan kembali menuju *impeller* melalui *stator* sehingga dapat meningkatkan torsi.

Ada beberapa jenis *torque converter* yang digunakan pada *machine* berdasarkan aplikasinya. Jenis *torque converter* tersebut diinformasikan dalam tabel berikut ini.

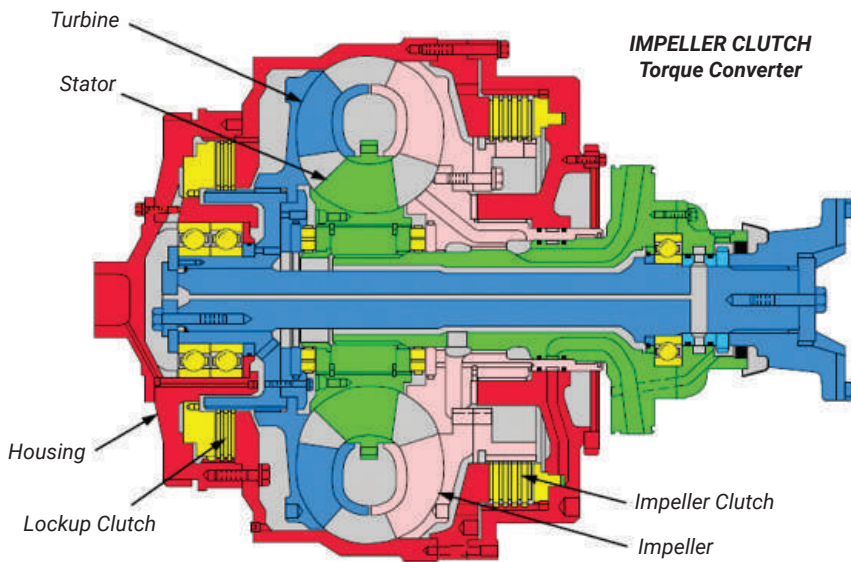
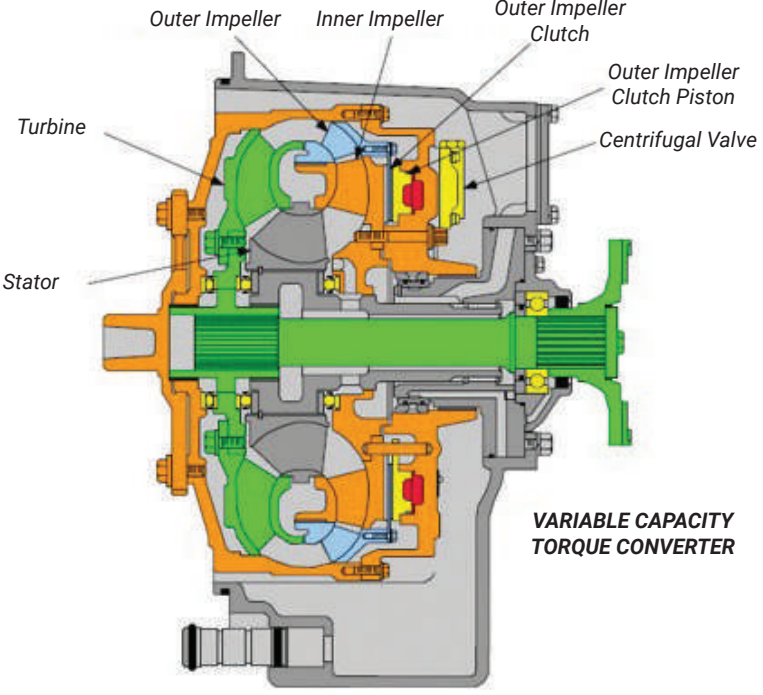
**Tabel 6.2** Beberapa Jenis *Torque Converter* pada *Machine*

Jenis Converter	Gambar
Conventional Torque Converter	 <p>The diagram illustrates the internal components of a conventional torque converter. It shows a cross-section with a central shaft (Output Shaft) and various housing parts. Key components labeled include the Turbine (top), Rotating Housing (left), Impeller (right), Freewheel Stator (right), Outlet (right), Output Shaft (right), Inlet (right), Carrier (right), and Flywheel Splines (left). The diagram is color-coded to distinguish different parts: red for the housing, blue for the turbine and impeller, green for the stator, and yellow for the carrier and splines.</p> <p>Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, <i>Fundamental Power Train/2005</i></p>



Jenis Converter	Gambar
Torque Divider	 <p data-bbox="571 991 1197 1017">Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Fundamental Power Train/2005</p>
Lockup Clutch Torque Converter	 <p data-bbox="571 1727 1197 1753">Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Fundamental Power Train/2005</p>



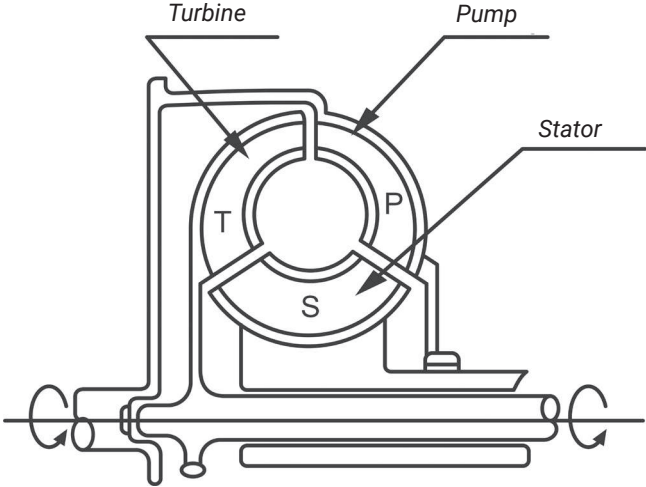
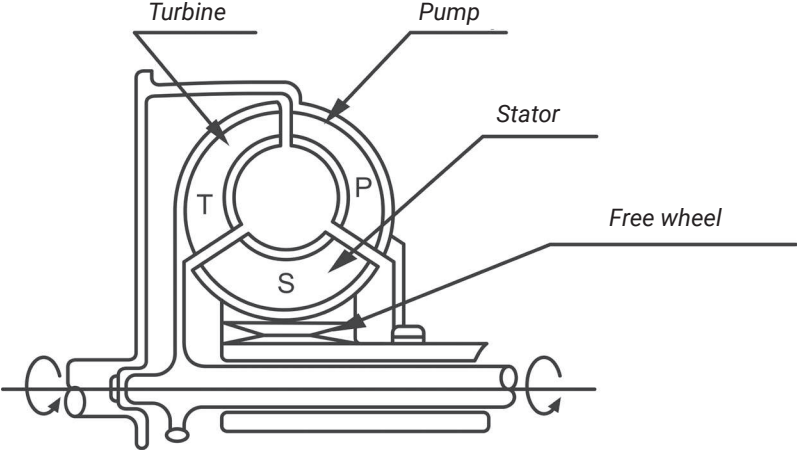
Jenis Converter	Gambar
<p><i>Impeller Clutch Torque Converter</i></p>	 <p><b>IMPELLER CLUTCH Torque Converter</b></p> <p>Turbine</p> <p>Stator</p> <p>Housing</p> <p>Lockup Clutch</p> <p>Impeller Clutch</p> <p>Impeller</p> <p>Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Fundamental Power Train/2005</p>
<p><i>Variable Capacity Torque Converter</i></p>	 <p><b>VARIABLE CAPACITY TORQUE CONVERTER</b></p> <p>Outer Impeller</p> <p>Inner Impeller</p> <p>Outer Impeller Clutch</p> <p>Outer Impeller Clutch Piston</p> <p>Centrifugal Valve</p> <p>Turbine</p> <p>Stator</p> <p>Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Fundamental Power Train/2005</p>



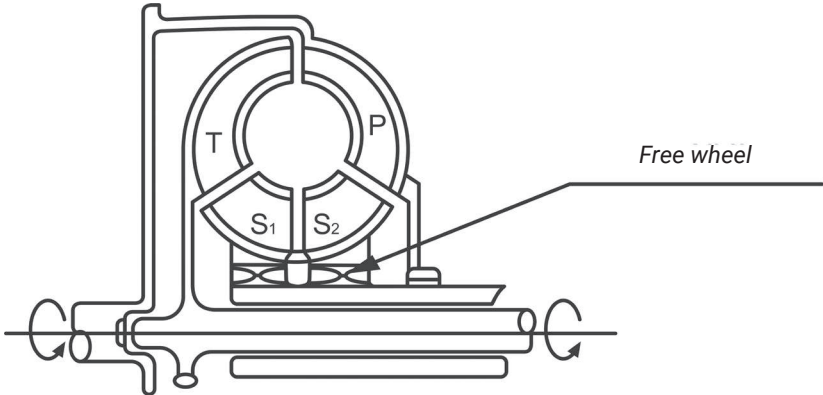
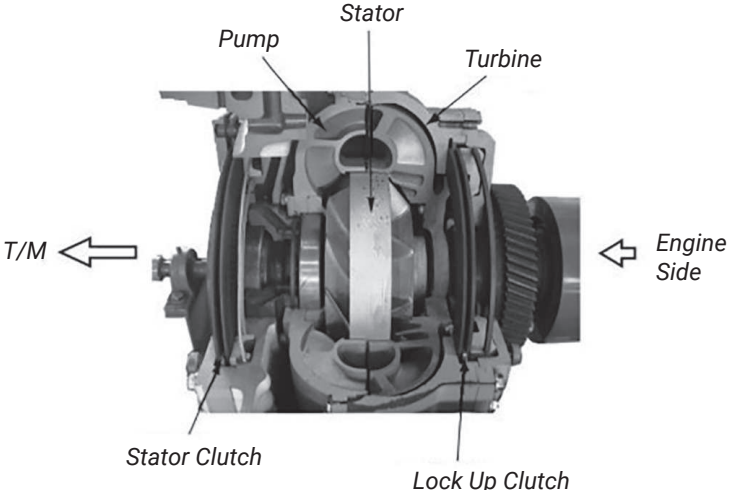
Selain yang telah dijelaskan, *torque converter* pada *Komatsu machine* diklasifikasikan berdasarkan *element*, *stage*, dan *phase*. Masing-masingnya dijelaskan sebagai berikut.

1. *Element* adalah jumlah komponen utama *torque converter* yang berhubungan dengan aliran oli yaitu *impeller*, *turbin*, dan *stator*.
2. *Stage* adalah sesuatu yang berhubungan langsung dengan *output shaft*. Dalam hal ini adalah jumlah *turbin*.
3. *Phase* adalah perubahan kenaikan efisiensi dari *torque converter* (perubahan fungsi dari *stator*) yang berhubungan dengan konstruksi *stator*.

**Tabel 6.3** Beberapa Jenis *Torque Converter* pada *Komatsu Machine*

Jenis	Gambar
<p><i>Single phase</i>, satu <i>stator fix</i> (tidak dapat berputar)</p>	
<p><i>Double phase</i>, satu <i>stator</i> dapat berputar satu arah (menggunakan <i>freewheel</i>)</p>	



Jenis	Gambar
<p><i>Triple phase, dua stator dapat berputar satu arah (menggunakan freewheel)</i></p>	
<p><i>Torque converter with lock up clutch</i></p>	

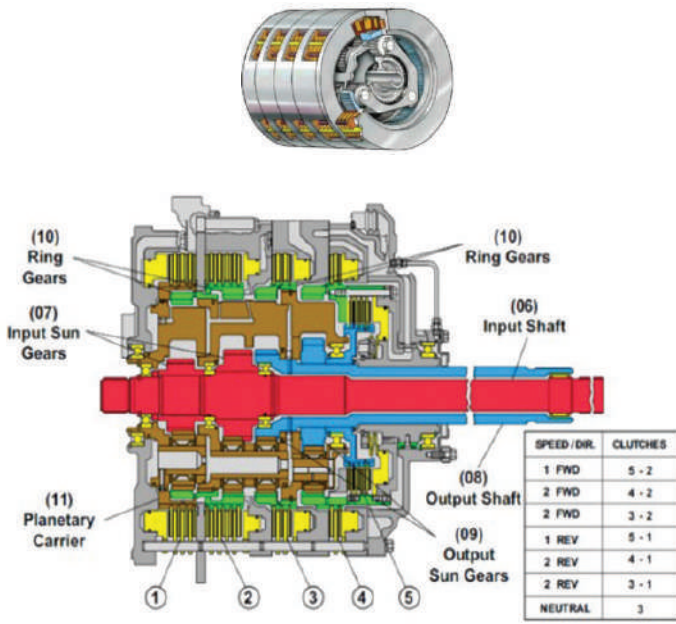
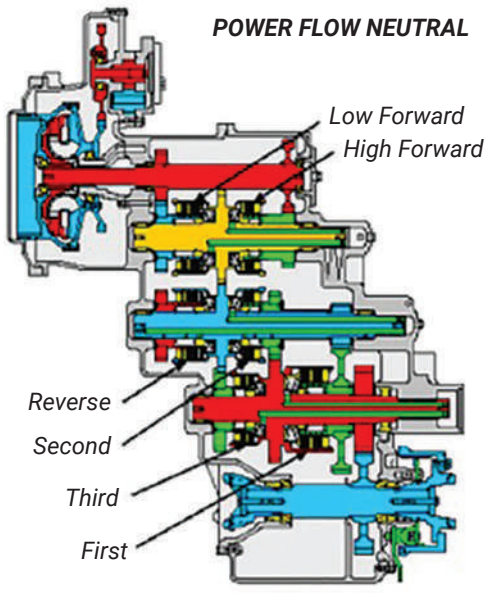
### 3) **Torqueflow Transmission/Power Shift Transmission**

*Torqueflow transmission/power shift transmission* merupakan alat pemindah tenaga yang menggunakan fluida dan oli sebagai pengontrolnya. *Torqueflow transmission* menggunakan *clutch* yang diaktifkan secara hidrolis untuk mengatur aliran tenaga. Proses perpindahan giginya berlangsung tanpa harus memutuskan hubungan antara *engine* dan *transmission*. Pemasangan *torqflow transmission* biasanya dipasang bersama *torque converter* apabila tanpa *torque converter* biasanya disebut *hydroshift transmission*.

Pada umumnya digunakan dua tipe *power shift transmission*, yaitu *planetary gear system* dan *counter shaft system*.



**Tabel 6.4** Dua Tipe Power Shift Transmission

Jenis	Gambar																
<p><i>Planetary gear system</i></p>	 <p>(10) Ring Gears (07) Input Sun Gears (11) Planetary Carrier (06) Input Shaft (08) Output Shaft (09) Output Sun Gears</p> <table border="1" data-bbox="1093 746 1252 930"> <thead> <tr> <th>SPEED / DIR.</th> <th>CLUTCHES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 FWD</td> <td>5 - 2</td> </tr> <tr> <td>2 FWD</td> <td>4 - 2</td> </tr> <tr> <td>2 FWD</td> <td>3 - 2</td> </tr> <tr> <td>1 REV</td> <td>5 - 1</td> </tr> <tr> <td>2 REV</td> <td>4 - 1</td> </tr> <tr> <td>2 REV</td> <td>3 - 1</td> </tr> <tr> <td>NEUTRAL</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table> <p>Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, <i>Fundamental Power Train/2005</i></p>	SPEED / DIR.	CLUTCHES	1 FWD	5 - 2	2 FWD	4 - 2	2 FWD	3 - 2	1 REV	5 - 1	2 REV	4 - 1	2 REV	3 - 1	NEUTRAL	3
SPEED / DIR.	CLUTCHES																
1 FWD	5 - 2																
2 FWD	4 - 2																
2 FWD	3 - 2																
1 REV	5 - 1																
2 REV	4 - 1																
2 REV	3 - 1																
NEUTRAL	3																
<p><i>Counter shaft system</i></p>	<p><b>POWER FLOW NEUTRAL</b></p>  <p>Low Forward High Forward Reverse Second Third First</p> <p>Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, <i>Fundamental Power Train/2005</i></p>																





## Aktivitas 6.2

### Aktivitas Kelompok: Penelusuran Informasi tentang Torqflow Drive System

#### Tujuan

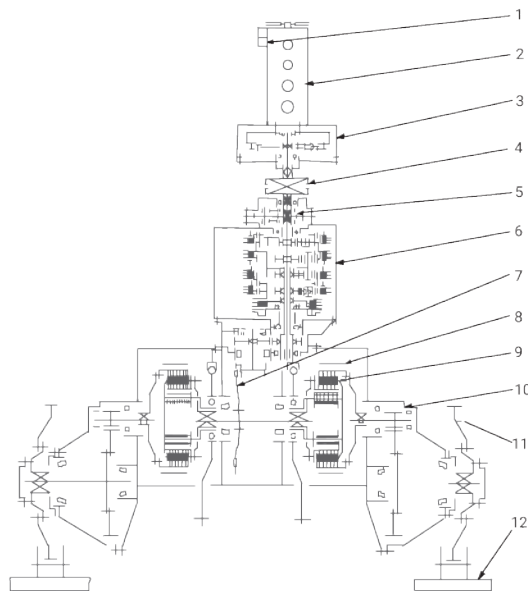
Pada aktivitas ini, kalian secara bekerja sama menelusuri dan mencari tahu informasi tambahan tentang *torqflow drive system*.

#### Langkah-Langkah

1. Buatlah kelompok dengan anggota empat siswa!
2. Lakukan penelusuran menggunakan *service manual* yang ada di sekolah kalian! Selain itu, kalian juga dapat mengakses media daring yang tepercaya tentang *machine* atau unit alat berat yang menggunakan jenis pemindah tenaga *torqflow drive system*!
3. Catatlah hasil penelusuran informasi di buku kerja masing-masing!
4. Presentasikan hasil penelusuran di depan kelas secara bergantian!

### 3. Hydrosift Drive System

*Hydrosift drive system* tidak menggunakan *torque converter*, tetapi menggunakan *planetary gear system*. Tenaga yang dihasilkan oleh *engine* diteruskan ke transmisi melalui *damper*. *Machine* atau unit alat berat yang menggunakannya, antara lain, D31, D41, D45, GD505, GD605, dan GD655.



#### Keterangan:

1. Hydraulic Pump
2. Engine
3. Damper
4. Universal joint
5. Transmission Pump
6. Hydroshift Transmission
7. Bevel Gear
8. Steering Brake
9. Steering Clutch
10. Final Drive
11. Sprocket
12. Track shoe

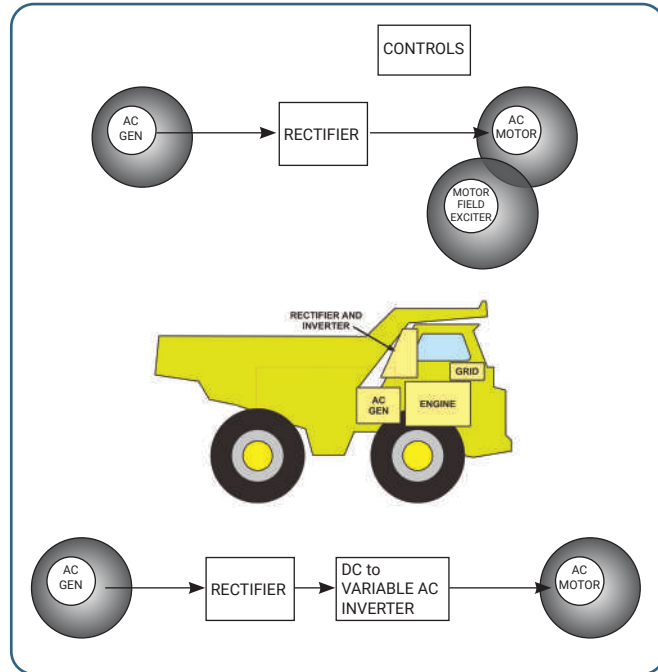
Gambar 6.17 Hydrosift drive system

Sumber: Basic Mechanic Course Torqflow System, PT United Tractors Tbk, Training Center Dept./2007



## B. Electric Drive

Arus listrik digunakan untuk meneruskan tenaga dari *engine* ke *final drive machine* di dalam penggerak listrik. *Engine* dihubungkan ke sebuah AC *alternator* dan *engine power* diubah menjadi *electric power*. *Electric power* dari AC generator digunakan untuk menggerakkan roda motor yang dipasang pada *final drive*. Kebanyakan roda motor kendaraan bekerja dengan arus searah (DC) hingga saat ini dan roda motor yang digerakkan dengan arus bolak-balik (AC) masih digunakan. Di dalam sistem penggerak arus searah (DC), *power* arus bolak-balik (AC) yang dibangkitkan oleh alternator diubah menjadi DC dengan menggunakan *rectifier*.



Gambar 6.18 Electric drive

Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, *Fundamental Power Train/2005*



### Aktivitas 6.3

### Aktivitas Mandiri: Penelusuran Informasi tentang Electric Drive

#### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara mandiri menelusuri dan mencari tahu informasi tambahan tentang *electric drive*.

#### Langkah-Langkah

1. Lakukan penelusuran secara mandiri menggunakan *service manual* yang ada di sekolah kalian! Selain itu, kalian juga dapat mengakses media daring yang tepercaya tentang *machine* atau unit alat berat yang menggunakan jenis pemindah tenaga *electric drive*!
2. Catatlah hasil penelusuran informasi di buku kerja masing-masing!
3. Presentasikan hasil penelusuran di depan kelas secara bergantian!

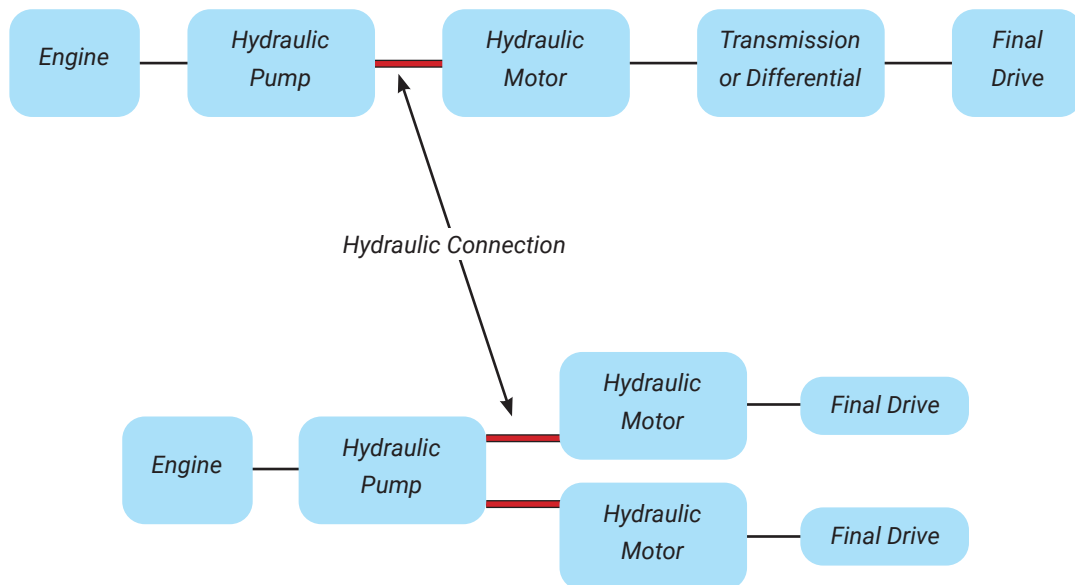


### C. Hydrostatic Transmission (HST)

*Hydrostatic drive system* adalah suatu *hydraulic system* rangkaian tertutup (*closed loop hydraulic system*) yang menyediakan variasi kecepatan *machine* yang tidak terbatas. *Hydrostatic drive system* terdiri dari pompa, motor, *control valve*, *reservoir tank*, dan saluran yang menghubungkan komponen-komponen tersebut. *Hydrostatic drive system* mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga *hydraulic* dan mengubah kembali tenaga *hydraulic* menjadi tenaga mekanis menggunakan *hydraulic system* rangkaian tertutup. Oli *hydraulic* mengalir dari pompa menuju motor dan kembali menuju pompa. *Control valve* mengarahkan kerja pompa dan aliran oli. Kelebihan oli yang tidak digunakan oleh sistem mengalir melalui *oil cooler* dan kembali ke tangki.

Perbedaan utama antara *hydraulic drive system* dan *hydrostatic drive system* sebagai berikut.

1. Pada *hydrostatic drive system*, arah aliran oli dari pompa menentukan arah gerak *machine* (maju/mundur).
2. Pada *hydrostatic drive system*, oli dari motor mengalir menuju pompa (*closed loop*). Sementara itu, pada *hydraulic drive system* kembali menuju tangki melalui *control valve*.



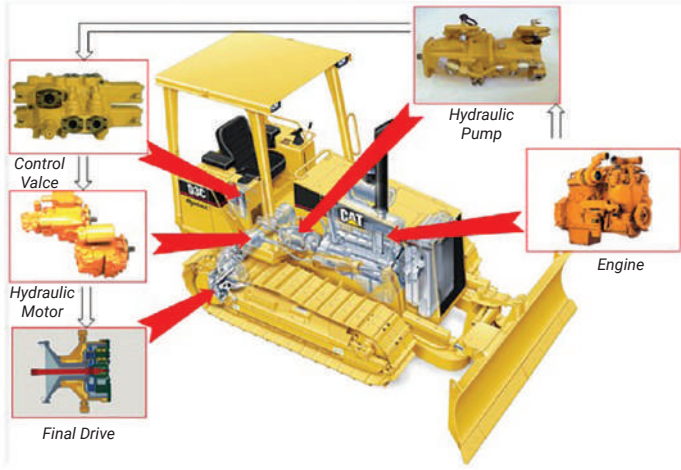
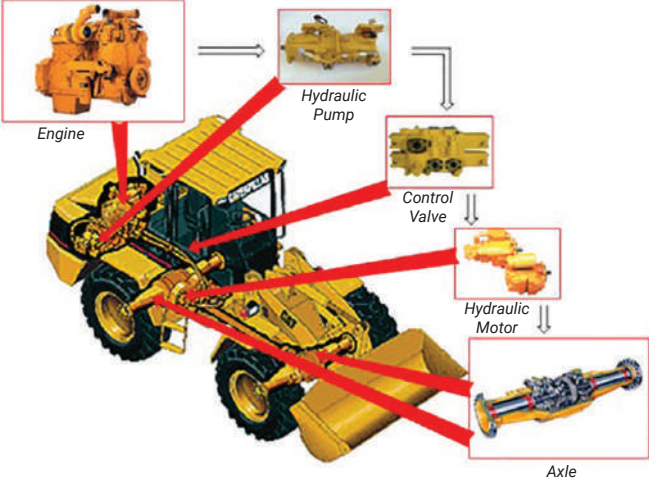
Gambar 6.19 Hydrostatic drive system

Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Fundamental Power Train/2005



Ada beberapa contoh *hydrostatic drive system* yang digunakan pada *machine* atau unit alat berat. Hal tersebut dapat kalian pahami dari uraian dalam tabel berikut.

**Tabel 6.5** Contoh *Hydrostatic Drive System* pada Unit Alat Berat

Jenis Alat Berat	Keterangan
 <p style="text-align: center;"><b>Track Type Tractor/Bulldozer</b></p> <p><b>Sumber:</b> Modul Teknisi Layanan Caterpillar, <i>Caterpillar Machine &amp; Engine Designation/2005</i></p>	<p>Komponen <i>hydrostatic drive system</i> terdiri dari <i>engine</i>, <i>hydraulic pump</i>, <i>control valve</i>, <i>hydraulic motor</i>, dan <i>final drive</i>.</p> <p>Pada sistem <i>hydrostatic</i>, terdapat <i>hydraulic pump</i> yang mengubah energi gerak dari <i>engine</i> menjadi energi fluida. Selanjutnya, fluida tersebut dialirkan menuju <i>control valve</i>. <i>Control valve</i> berfungsi untuk mengatur arah dan kecepatan <i>machine</i>. Selanjutnya, fluida diteruskan menuju <i>hydraulic motor</i> untuk mengubah kembali energi fluida menjadi energi gerak mekanis dan diteruskan ke <i>final drive</i>.</p>
 <p style="text-align: center;"><b>Wheel Loader</b></p> <p><b>Sumber:</b> Modul Teknisi Layanan Caterpillar, <i>Caterpillar Machine &amp; Engine Designation/2005</i></p>	





## Aktivitas 6.4

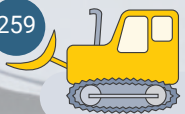
### Aktivitas Mandiri: Penelusuran Informasi tentang *Hydrostatic Transmission*

#### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara mandiri menelusuri dan mencari tahu informasi tambahan tentang *hydrostatic transmission*.

#### Langkah-Langkah

1. Lakukan penelusuran secara mandiri menggunakan *service manual* yang ada di sekolah kalian! Selain itu, kalian juga dapat mengakses media daring yang terpercaya tentang *machine* atau unit alat berat yang menggunakan jenis pemindah tenaga *hydrostatic transmission*!
2. Catatlah hasil penelusuran informasi di buku kerja masing-masing!
3. Presentasikan hasil penelusuran di depan kelas secara bergantian!



## D. Differential

Komponen pemindah tenaga berikutnya pada *machine* atau unit alat berat adalah *differential*. Tahukah kalian apa fungsi dari *differential* pada alat berat? Fungsi *differential* pada alat berat, yaitu

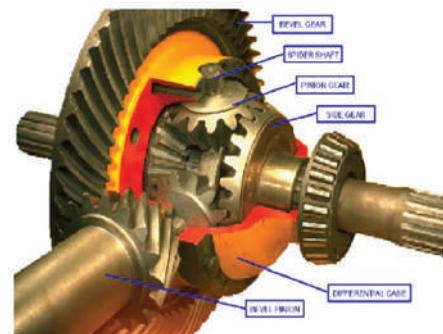
1. memindahkan dan membagi tenaga dari transmisi ke *final drive* kiri dan kanan,
2. membagi putaran roda kiri dan kanan saat *machine* berbelok, dan
3. memindahkan dan membagi torsi dari transmisi ke *final drive kiri* dan *final drive kanan*.

*Differential* memiliki jenis yang beragam. Jenis-jenis *differential* yang digunakan pada *machine* atau unit alat berat, antara lain sebagai berikut.

### 1. Standar Differential

Komponen *standar differential* sebagai berikut.

- a. *Differential case* berfungsi menempatkan komponen-komponen *differential group*. *Bevel ring gear* diikat pada *case assembly* menggunakan *bolt*. *Spider shaft* dan *pinion gear* yang bersilangan dengan *side gear* akan diputar oleh *case assembly* yang kemudian akan memutar *final drive sun shaft*.
- b. *Pinion gear*, berfungsi sebagai pemindah tenaga dari *differential case* ke *side gear*, kemudian ke *sun shaft* yang berputar mengikuti putaran *spider shaft*. *Pinion gear* membedakan putaran roda kiri dan kanan pada saat *machine/unit* berbelok atau slip.
- c. *Spider shaft*, berfungsi sebagaiudukan *pinion gear*, bekerja dengan digerakkan oleh *differential case*.
- d. *Side gear*, berfungsi memindahkan tenaga ke roda/*final drive* melalui *axle shaft*.



Gambar 6.20 Komponen standar differential

Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Fundamental Power Train, 2005

### 2. No-Spin Differential

Pada *type no-spin differential*, *spider shaft* dihubungkan dengan *jaw clutch* yang di *spline* pada *side gear*. Pada saat *machine* bergerak lurus, *jaw clutch* akan terhubung dan *spider shaft* memutar *axle shaft* dengan kecepatan sama. Ketika *machine* berbelok, *spider*



Gambar 6.21 No-spin differential

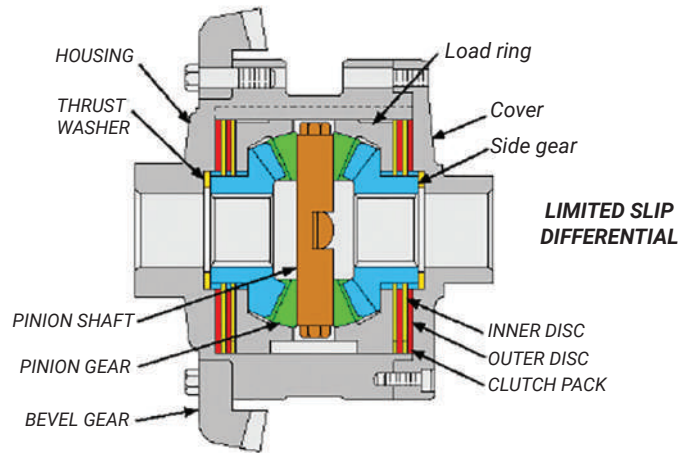
Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Fundamental Power Train, 2005



shaft akan diputuskan hubungannya dengan *jaw clutch*, maka *no-spin differential* akan memutuskan hubungan dengan roda yang berputar lebih cepat sehingga semua torsi dan kecepatan akan diteruskan ke roda yang berputar lebih lambat.

### 3. Limited Slip Differential

Pada *limited slip differential* memiliki dua *multidisc clutch* yang menghubungkan *side gear* dengan *rotating housing*.

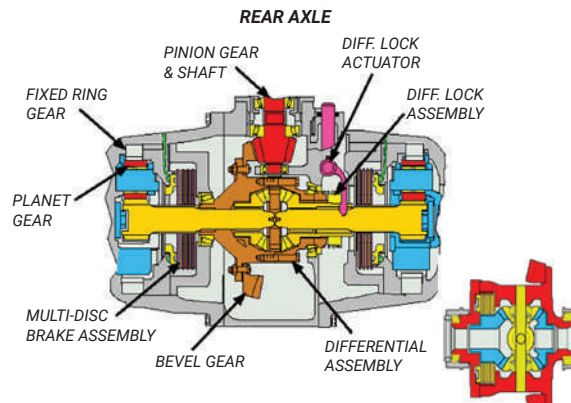


Gambar 6.22 Limited slip differential

Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Fundamental Power Train, 2005

### 4. Differential Lock

Pada jenis ini, memiliki *differential switch* yang terletak di kabin yang berfungsi untuk mengaktifkan dan mengunci *differential lock*. Jika *machine* bergerak lurus, *differential lock* dikunci.



Gambar 6.23 Differential lock

Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Fundamental Power Train, 2005



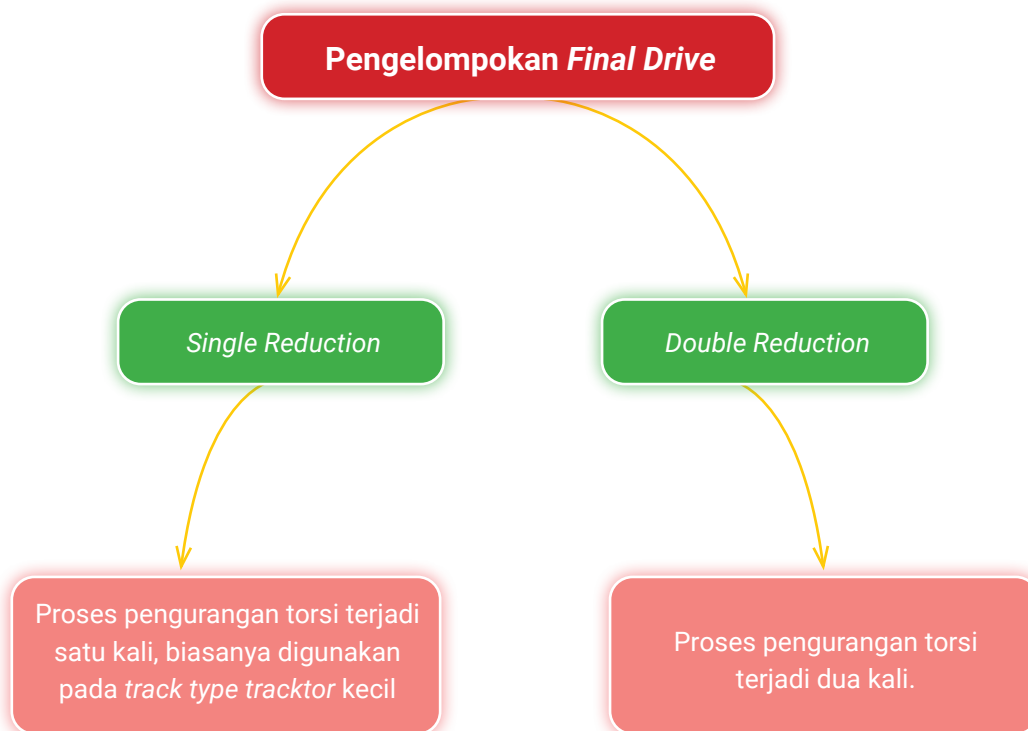
## E. Final Drive, Wheel, dan Undercarriage

Pada subbab ini, kalian akan mempelajari tentang *final drive*, *wheel*, dan *undercarriage*. Tahukah kalian perbedaan antara ketiga istilah tersebut? Untuk mengetahuinya, simaklah penjelasan dalam subbab ini.

### 1. Final Drive

*Final drive* adalah penggerak akhir yang menghubungkan tenaga ke roda atau trek dan membantu komponen pemindah tenaga/*power train* lainnya mengubah kecepatan *engine* menjadi torsi yang memungkinkan *machine* mendorong atau menarik beban yang sangat berat.

Apa sajakah jenis *final drive* itu? Jenis-jenis *final drive* yang digunakan pada alat berat, antara lain, *bull type final drive* dan *planetary final drive*. Selain itu, *final drive* dapat dikelompokkan menjadi dua bagian berdasarkan proses peningkatan torsi, yaitu seperti tertera pada diagram berikut.



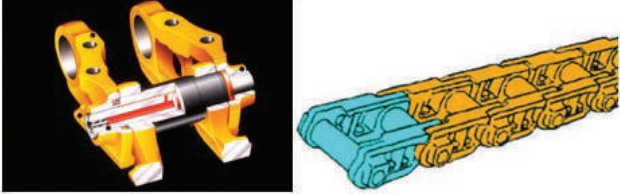
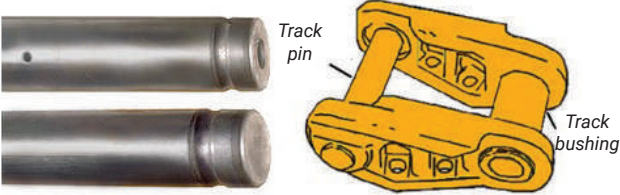

Gambar 6.24 Pengelompokan *final drive*



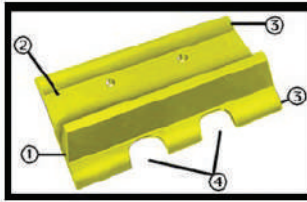
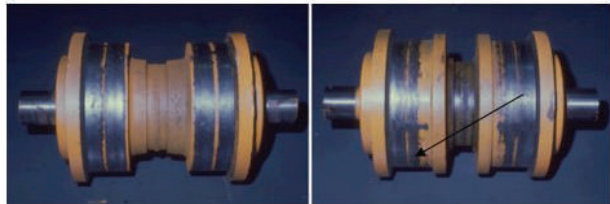

## 2. Undercarriage

Komponen utama *undercarriage* meliputi, *track link*, *track pin* dan *track bushing*, *track link joint*, *track shoe*, *track roller*, *carrier roller*, *sprocket* , serta *idler*. Uraian masing-masing komponen tersebut dapat kalian pahami dalam tabel berikut ini.


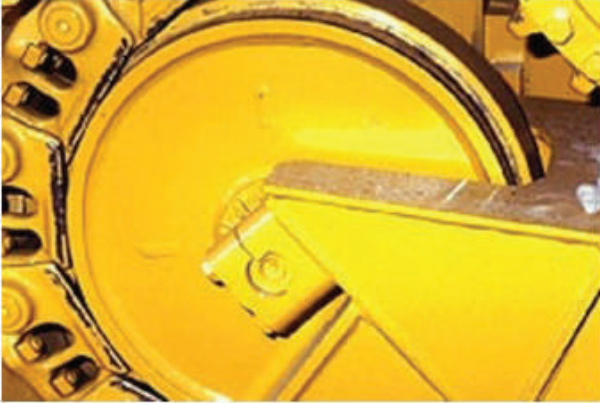
**Tabel 6.6** Komponen Utama *Undercarriage*

Komponen	Keterangan	Gambar
<i>Track Link</i>	<i>Track link</i> merupakan komponen yang berguna sebagai tempat pemasangan <i>track shoe</i> dan bantalan bagi <i>roller</i> .	 <p>Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Caterpillar Machine &amp; Engine Designation/2005</p>
<i>Track Pin dan Track Bushing</i>	<i>Track pin</i> bersama-sama dengan <i>bushing</i> berfungsi sebagai penahan dan penyambung antara <i>track link</i> yang satu dan yang lain.	 <p>Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Caterpillar Machine &amp; Engine Designation/2005</p>
<i>Track Link Joint</i>	Untuk memudahkan pemasangan dan pelepasan <i>track link</i> pada <i>machine</i> , diperlukan <i>track link joint</i> . <i>Track link joint</i> terdiri dari dua tipe, yaitu <i>master link</i> dan <i>master pin</i> .	 <p>Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Caterpillar Machine &amp; Engine Designation/2005</p>



Komponen	Keterangan	Gambar
<p><i>Track Shoe</i></p>	<p><i>Track shoe</i> berfungsi menahan berat <i>machine</i>. Selain itu, berfungsi untuk menyediakan <i>traksi</i> melalui tahanannya dengan permukaan tanah guna memungkinkan <i>track type machine</i> bergerak.</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Grouser</li> <li>2. Plate</li> <li>3. Leading Edge and Trailing Edge</li> <li>4. Reliefs</li> </ul> <p>Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Caterpillar Machine &amp; Engine Designation/2005</p>
<p><i>Track Roller</i></p>	<p><i>Track roller</i> menahan <i>machine</i> pada <i>track</i> dan memandu <i>machine</i> untuk tepat bergerak di atas <i>track</i>. <i>Track roller</i> terdiri dari dua jenis, yaitu <i>single flange</i> dan <i>double flange</i>.</p>	 <p>Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Caterpillar Machine &amp; Engine Designation/2005</p>
<p><i>Carrier Roller</i></p>	<p><i>Carrier roller</i> digunakan pada sistem <i>undercarriage</i> pada sejumlah <i>machine</i> untuk menahan berat <i>track</i> antara <i>idler</i> dan <i>sprocket</i>. <i>Carrier roller</i> juga menghaluskan gerakan <i>track</i> bagian atas dan meningkatkan jarak antara <i>track roller</i> dan <i>frame</i>.</p>	 <p>Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Caterpillar Machine &amp; Engine Designation/2005</p>



Komponen	Keterangan	Gambar
<i>Sprocket</i>	Fungsi dari <i>sprocket assembly</i> adalah untuk meneruskan tenaga dari <i>final drive</i> menuju <i>bushing track link</i> . Gigi-gigi <i>sprocket</i> bekerja dengan menarik <i>track bushing</i> dan menggerakkan <i>track group</i> sehingga <i>machine</i> bergerak.	 <p data-bbox="882 660 1273 707">Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Caterpillar Machine &amp; Engine Designation/2005</p>
<i>Idler</i>	<i>Idler</i> berfungsi memandu <i>track</i> keluar dan masuk ke <i>track roller</i> , menahan sebagian beban <i>machine</i> dan komponen yang memungkinkan kekencangan <i>track</i> dikontrol.	 <p data-bbox="882 1263 1273 1310">Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Caterpillar Machine &amp; Engine Designation/2005</p>



## F. Steering System dan Brake System

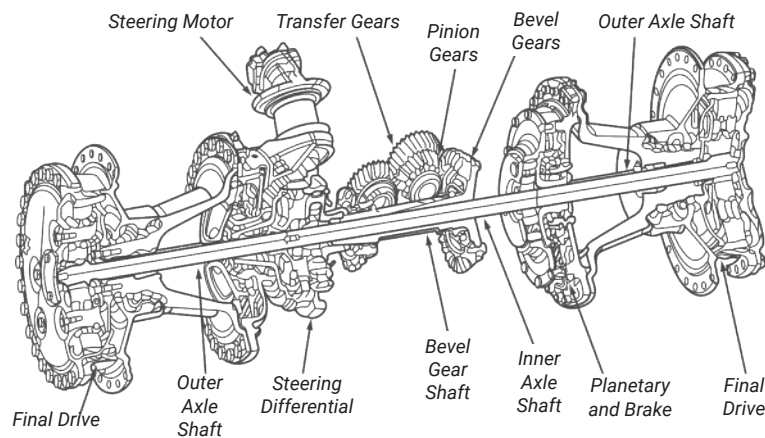
Pada subbab ini, secara umum akan dibahas jenis-jenis *steering* dan *brake system* pada *track type machine*. Jenis-jenis *steering system* dan *brake system* tersebut secara detail akan diuraikan sebagai berikut.

### 1. Steering System

*Steering system* pada *machine* atau unit alat berat yang menggunakan *track*, ada tiga macam, yaitu *differential steering system*, *steering clutch* dan *brake*, serta *steering* dengan *track motor*. Masing-masing jenis *steering system* tersebut diuraikan sebagai berikut.

#### a. Differential Steering System

*Differential steering* berfungsi untuk menyamakan distribusi tenaga menuju *drive wheel*. *Differential steering* membagi tenaga secara merata ke kedua *axle* saat *machine* bergerak maju (lurus). Saat berbelok, *steering motor* akan bekerja sehingga kecepatan salah satu *track* akan meningkat dan *track* yang lainnya akan melambat secara proporsional (sebanding). Terdapat tiga *planetary gear set*, yaitu *steering planetary set*, *drive planetary set*, dan *equalizing planetary set*.



Gambar 6.25 Differential steering system

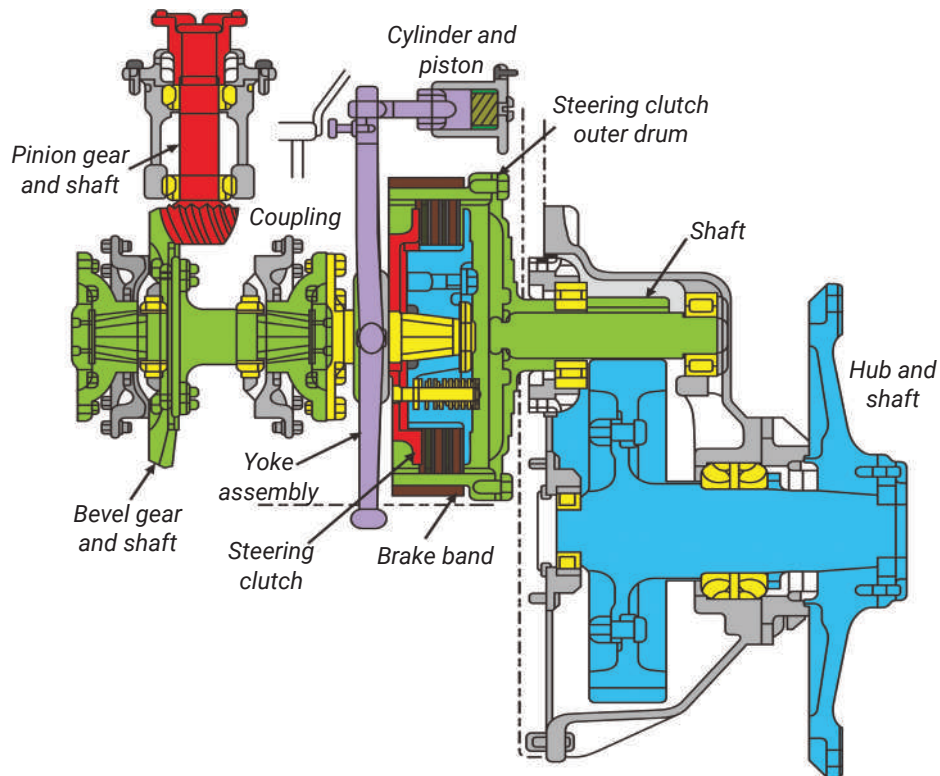
Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Fundamental Power Train/2005

*Steering motor* merupakan bagian dari *closed loop hydraulic system* dan tidak akan berputar, kecuali apabila *steering control* digerakkan. *Sun gear* pada ketiga *planetary set* terhubung dengan *center shaft* dan ketiganya berputar dengan kecepatan yang sama. *Ring gear* pada *equalizing planetary set* selalu diam karena diikatkan pada *brake housing* sebelah kanan. *Axle shaft* sebelah kiri di-spline ke *carrier equalizing planetary set*.



### a. *Steering Clutch dan Brake*

*Steering clutch* dan *brake* berfungsi untuk membelokkan *machine*. Apabila operator menginginkan berbelok secara bertahap, *steering clutch* akan *disengage* (terputus). Apabila berbelok tajam, *steering clutch* akan terputus sama sekali dan *brake* akan bekerja sebagian atau seluruhnya. *Steering clutch engage* (terhubung) oleh tekanan spring dan *release* (terlepas) oleh tekanan *hydraulic*.

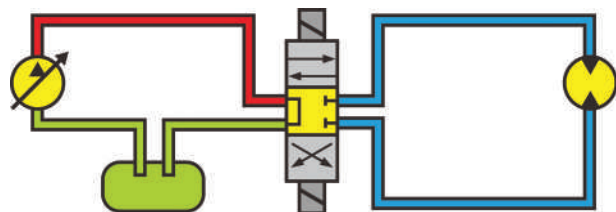


Gambar 6.26 *Steering clutch dan brake*

Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Fundamental Power Train, 2005

### b. *Steering dengan Track motor*

*Steering* yang dilengkapi *track motor* digunakan pada *machine* yang menggunakan *hydrostatic transmission*. Kecepatan berbelok *machine* ditentukan oleh jumlah aliran oli dari pompa menuju *track motor*. Pengaturan jumlah oli menuju *track motor* dilakukan oleh *travel control valve*.



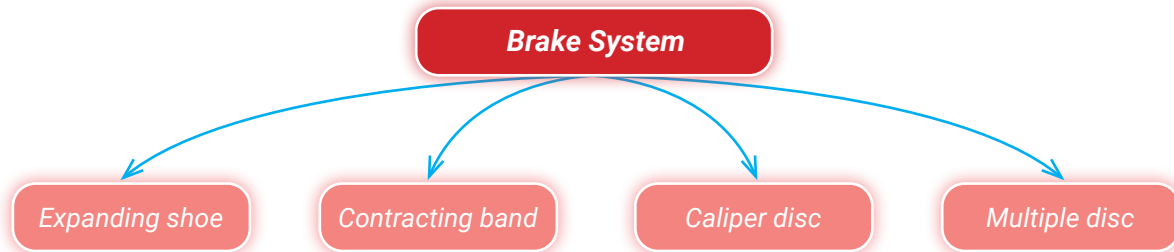
Gambar 6.27 *Steering dengan track motor*

Sumber: Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Fundamental Power Train/2005



## 2. Brake System

Pada *machine*/unit alat berat fungsi *brake system* adalah untuk memperlambat dan menghentikan atau menahan *machine* agar diam. Mekanisme pengereman menggunakan gaya gesekan untuk melakukan fungsi tersebut. *Brake system* terdapat beberapa jenis berdasarkan konstruksinya, yaitu seperti tertera dalam diagram berikut.



Gambar 6.28 Jenis-jenis *brake system*

*Brake system* dapat dibedakan berdasarkan kegunaannya, yaitu sebagai berikut.

1. *Service brake* berguna untuk menghentikan atau memperlambat laju *machine*.
2. *Parking brake* berguna untuk mencegah agar *machine* tidak bergerak pada saat *machine* sudah berhenti atau tidak bergerak lagi
3. *Emergency/secondary brake* berguna untuk menghentikan *machine* dalam keadaan darurat. Sistem dan komponen yang digunakan *emergency/secondary* sama dengan sistem dan komponen *parking brake*. Namun, pengaturannya dilakukan oleh tangan atau kaki sehingga mudah terjangkau saat terjadi keadaan darurat.



### Aktivitas 6.5

### Aktivitas Kelompok: Penelusuran Informasi tentang *Steering System* dan *Brake System*

#### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian mampu bekerja sama menelusuri dan mencari tahu informasi tambahan tentang *steering system* dan *brake system*.

#### Langkah-Langkah

1. Buatlah kelompok yang beranggotakan empat siswa!
2. Lakukan penelusuran menggunakan *service manual* yang ada di sekolah kalian! Selain itu, kalian juga dapat mengakses media daring yang tepercaya tentang *machine* atau unit alat berat yang menggunakan jenis pemindah tenaga *steering system* dan *brake system*!
3. Catatlah hasil penelusuran informasi di buku kerja masing-masing!
4. Presentasikan hasil penelusuran di depan kelas secara bergantian!





## Kasus Industri

1. Suatu unit *grader* yang menggunakan *torque converter*, terjadi *overheat* ketika melaksanakan kerja (*cutting*) saat musim panas. Namun, saat musim penghujan kondisi ini tidak terjadi. Lakukan analisis mengapa hal itu terjadi? Apa saja yang memengaruhi kondisi *overheat* pada unit tersebut?
2. *Final drive* pada *hydraulic excavator* sangat terbatas atas waktu dan jarak dalam pemakaiannya. Bagaimana cara menanggulangnya, jika harus dilakukan *travel* cukup panjang dan lama (saat mobilisasi)?

## Asesmen



### Kerjakan soal berikut ini!

1. Sebutkan dan jelaskan cara kerja *direct drive system* serta berikan tiga contoh *machine* yang menggunakan tipe ini!
2. Sebutkan dan jelaskan cara kerja *torqflow drive system* serta berikan tiga contoh *machine* yang menggunakan tipe ini!
3. Sebutkan dan jelaskan cara kerja *electric drive system* serta berikan tiga contoh *machine* yang menggunakan tipe ini!
4. Sebutkan dan jelaskan cara kerja *hydrostatic drive system* serta berikan tiga contoh *machine* yang menggunakan tipe ini!
5. Sebutkan dan jelaskan komponen *steering* dan *brake system*!
6. Sebutkan dan jelaskan komponen *undercarriage*!





## Refleksi

Setelah mempelajari bab enam ini, kalian tentu lebih memahami tentang *power train* dan *undercarriage machine* atau unit alat berat dan cakupan pemeliharaan berkala pada alat berat. Dari semua materi yang sudah dijelaskan pada bab ini tentukan beberapa hal berikut ini.

1. Materi pembelajaran atau topik apakah yang menurut kalian sulit dipahami? Jelaskan!
2. Materi pembelajaran atau topik apakah yang mudah kalian pahami? Jelaskan alasan kalian!

Diskusikan dengan teman maupun guru kalian!

### Lembar Refleksi (Kerjakan di Buku Tugas Kalian)

Materi pembelajaran atau topik apakah yang menurut kalian sulit dipahami?  
Jelaskan!

1. ....
2. ....
3. ....
4. ....

Materi pembelajaran atau topik apakah yang menurut kalian mudah dipahami?  
Tuliskan alasan kalian!

1. ....
2. ....
3. ....
4. ....



## Pengayaan

Untuk menambah wawasan dan pengalaman kalian dalam Bab 6, disarankan mencari berbagai referensi terkait dengan *system operation power train* dan *undercarriage* pada *machine*/unit alat berat dengan berbagai macam merek. Kalian juga dapat belajar pada mekanik alat berat atau narasumber yang berpengalaman dalam teknik alat berat. Jika kalian mencari sumber dari internet, pastikan laman yang kalian gunakan merupakan laman resmi dan dapat dipercaya.

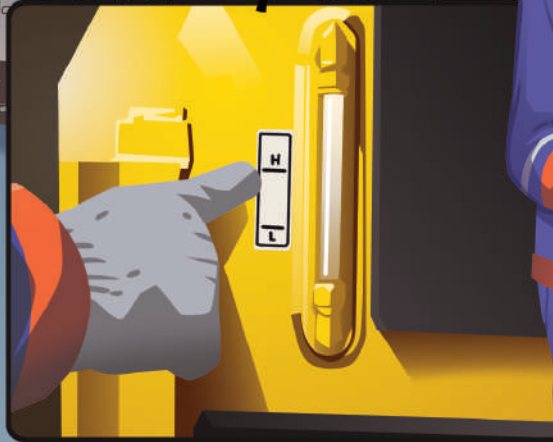


KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2024

Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XI

Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin

ISBN: 978-634-00-0174-7



Bab  
**7**



# Perawatan Berkala Unit Alat Berat



Menurut kalian, apa manfaat perawatan unit alat berat dan apa dampaknya jika tidak dilakukan perawatan?

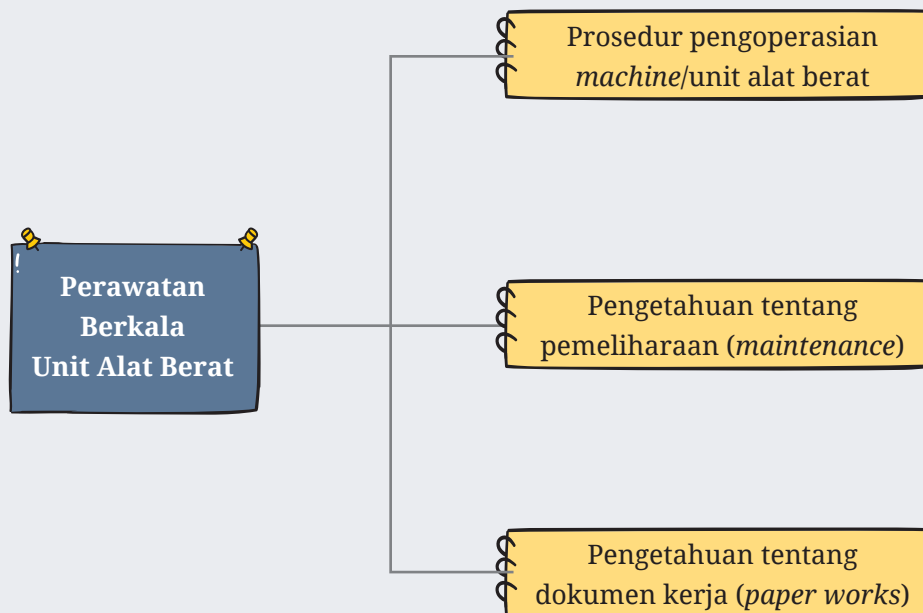


## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, kalian dapat memahami prosedur pengoperasian alat berat, melakukan perawatan harian (*periodic inspection*), perawatan berkala (*periodic service*), dan membuat dokumen kerja (*paper work*).



## Peta Materi



## Kata Kunci

↺ *periodic inspection*

↺ *periodic service*

↺ *preventive maintenance*

↺ pengoperasian

↺ *paper works*





**Gambar 7.1** Perawatan berkala pada unit alat berat penting dilakukan.

**Sumber:** United Tractors/2023

Tiap unit alat berat membutuhkan perawatan secara berkala. Perawatan secara berkala alat berat perlu dilakukan bertujuan agar kondisi unit selalu dalam keadaan baik dan prima. Dengan demikian, unit alat berat selalau siap, jika akan digunakan. Teknisi yang melaksanakan perawatan dan pemeliharaan hendaknya memahami tentang prosedur pengoperasian *machine* atau unit alat berat, pengetahuan tentang pemeliharaan, dan pengetahuan tentang dokumen kerja. Masing-masing hal tersebut akan dijelaskan secara rinci dalam bab ini.



## A. Prosedur Pengoperasian *Machine* atau Unit Alat Berat

Setiap unit alat berat memiliki prosedur pengoperasian yang khusus. Lembar prosedur ada yang berisi simbol-simbol dan ada juga yang menerangkan tahap-tahap pengoperasian. Pada subbab ini, kalian akan mempelajari tentang ISO simbol pada *machine* atau unit alat berat. Selain itu, kalian juga akan mempelajari tentang dasar struktur alat berat, dan mengoperasikan *machine* atau unit alat berat. Simaklah uraian berikut agar kalian memahami materi tersebut.

### 1. ISO Simbol pada *Machine* atau Unit Alat Berat





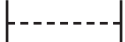

Hal penting yang diketahui sebelum mengoperasikan *machine* dan melakukan perawatan berkala (*preventive maintenance*) adalah mengenal simbol-simbol yang ada pada *machine* atau unit alat berat. Simbol-simbol tersebut diperhatikan ketika melakukan perawatan berkala. Hal itu akan membantu kalian untuk mengidentifikasi tanda bahaya saat mengoperasikan *machine* atau unit alat berat.

ISO simbol ini diklasifikasikan menjadi lima macam, yaitu *basic symbols*, *system symbols*, *advanced symbols*, *additional symbols*, dan *safety symbols*.




#### a. *Basic Symbol*

*Basic symbols* adalah simbol-simbol dasar yang digunakan pada *machine*. Kalian dapat memahami simbol-simbol tersebut dengan memahami informasi dalam tabel berikut.

Tabel 7.1 *Basic Symbol*

 <i>Level Indicator</i>	Sebagai penunjuk ketinggian dari suatu sistem	 Oli	Simbol oli dari suatu sistem
 <i>Pressure</i>	Simbol tekanan	 <i>Temperatur</i>	Simbol suhu dalam suatu sistem
 <i>Filter</i>	Simbol <i>filter</i> dari suatu sistem	 <i>Water atau Coolant</i>	Simbol cairan pendingin




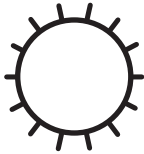



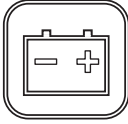
 <i>Intake Air</i>	Simbol udara masuk	 <i>Exhaust Gas</i>	Simbol gas buang
 <i>System State Monitor</i>	Monitor untuk memperingatkan kelainan pada sistem <i>machine</i>		

Sumber: Buku Panduan Siswa, Basic Maintenance, Training Center PT Trakindo Utama, 2009.

## b. System Symbols

*System symbols* adalah simbol-simbol yang digunakan untuk mengidentifikasi sistem pada suatu *machine*.

**Tabel 7.2** System Symbol

 <i>Engine</i>	Simbol sistem <i>engine</i>	 <i>Transmission</i>	Simbol sistem transmisi
 <i>Hydraulic</i>	Simbol sistem <i>hydraulic</i>	 <i>Fuel</i>	Simbol kondisi bahan bakar
 <i>Brake</i>	Simbol sistem rem	 Charge Level Monitor	Simbol ini muncul jika terjadi tidak normal pada sistem <i>charging</i> ketika <i>engine</i> hidup ( <i>running</i> )





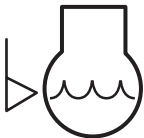


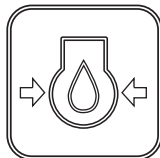


Sumber: Buku Panduan Siswa, Basic Maintenance, Training Center PT Trakindo Utama, 2009.





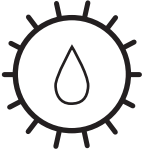




### c. Advance Symbols

Advanced symbols adalah gabungan dari *basic symbols* dengan *system symbols*.

**Tabel 7.3** Advanced Symbol

 <p><i>Engine Coolant</i></p>	<p>Simbol dari cairan pendingin <i>engine</i></p>	 <p><i>Engine Oil</i></p>	<p>Simbol dari oli <i>engine</i></p>
 <p><i>Hydraulic Oil</i></p>	<p>Simbol dari oli <i>hydraulic</i></p>	 <p><i>Brake Oil/Fluid</i></p>	<p>Simbol dari oli rem</p>
 <p><i>Engine Coolant Level</i></p>	<p>Simbol dari ketinggian cairan pendingin <i>engine</i></p>	 <p><i>Engine Coolant Temperature</i></p>	<p>Simbol dan indikator untuk suhu air pendingin pada <i>engine</i></p>
 <p><i>Engine Oil Temperature</i></p>	<p>Simbol dari suhu oli <i>engine</i></p>	 <p><i>Engine Oil Pressure</i></p>	<p>Simbol ini muncul jika terjadi tidak normal pada tekanan oli <i>engine</i></p>
 <p><i>Engine Oil Level</i></p>	<p>Simbol ini mengidentifikasi level oli <i>engine</i> rendah</p>	 <p><i>Air Cleaner Clogging</i></p>	<p>Simbol ini muncul jika terjadi <i>air cleaner</i> buntu</p>



 <p><i>Hydraulic Oil Filter</i></p>	<p>Simbol dari <i>filter hydraulic</i></p>	 <p><i>Hydraulic Oil Temperature</i></p>	<p>Simbol dan indikator untuk suhu oli <i>hydraulic</i></p>
 <p><i>Transmission Oil</i></p>	<p>Simbol dari oli transmisi</p>	 <p>Fuel Level Monitor</p>	<p>Simbol dan indikator untuk level bahan bakar</p>
 <p><i>Hydraulic System State Monitor</i></p>	<p>Simbol ini akan muncul bila terjadi tidak normal pada tekanan oli <i>engine</i></p>	 <p>Engine System State Monitor</p>	<p>Simbol ini akan muncul bila terjadi tidak normal pada <i>engine</i></p>
 <p><i>Air Conditioner System State Monitor</i></p>	<p>Simbol ini akan muncul jika terjadi tidak normal pada <i>air conditioner system</i></p>		


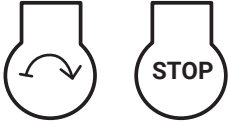


Sumber: Buku Panduan Siswa, Basic Maintenance, Training Center PT Trakindo Utama, 2009.



#### d. Additional Symbols

*Additional symbol* adalah simbol-simbol panduan bagi *service* berkala, berisi petunjuk yang harus dilakukan sebelum melakukan pekerjaan tertentu atau simbol yang digunakan untuk menunjukkan tempat atau informasi tambahan.

**Tabel 7.4** *Additional Symbol*


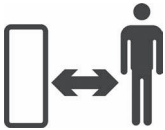


 <i>Grease Lubrication Point</i>	Titik melakukan pelumasan/gresing	 <i>Engine Start and Engine Stop</i>	Tombol untuk <i>starting</i> dan <i>stopping</i> engine
 <i>Read Operator's Manual</i>	Baca OMM	 <i>Service Indicator/Read Technical Manual</i>	Indikator yang menampilkan pemberitahuan dan alarm mengenai waktu pemeliharaan

Sumber: Buku Panduan Siswa, Basic Maintenance, Training Center PT Trakindo Utama, 2009.

#### e. Basic Safety Symbols

*Basic safety symbols* adalah simbol-simbol panduan *safety* bagi *service* berkala, berisi petunjuk *safety* yang harus diikuti. Kalian dapat memahami *basic safety symbols* yang tertera dalam tabel berikut.

**Tabel 7.5** *Basic Safety Symbols*

 No Step	Larangan berjalan/melintas	 <i>Stay Safe Distance From Machine</i>	Menjaga jarak dari <i>machine</i>
 Crushing	Hati-hati potensi tertimpa	 <i>Shield Eyes</i>	Menggunakan pelindung mata



 <i>Shock Hazard</i>	Hati-hati potensi tersengat listrik	 <i>High Voltage</i>	Tegangan Tinggi
 <i>Safety Alert</i>	Peringatan keselamatan	 <i>Hot Surface-Burns to fingers or Hands</i>	Permukaan yang panas berpotensi membakar tangan atau jari
 <i>Keep Hands Away</i>	Jauhkan tangan potensi terjepit	 <i>No Hands-Keep Hands Away</i>	Larangan memasukkan atau meletakkan tangan
 <i>Flammable</i>	Bahan mudah terbakar	 <i>Read Operator's Manual</i>	Baca OMM

Sumber: Buku Panduan Siswa, Basic Maintenance, Training Center PT Trakindo Utama, 2009.

## 2. Dasar Struktur Pengoperasian Alat Berat

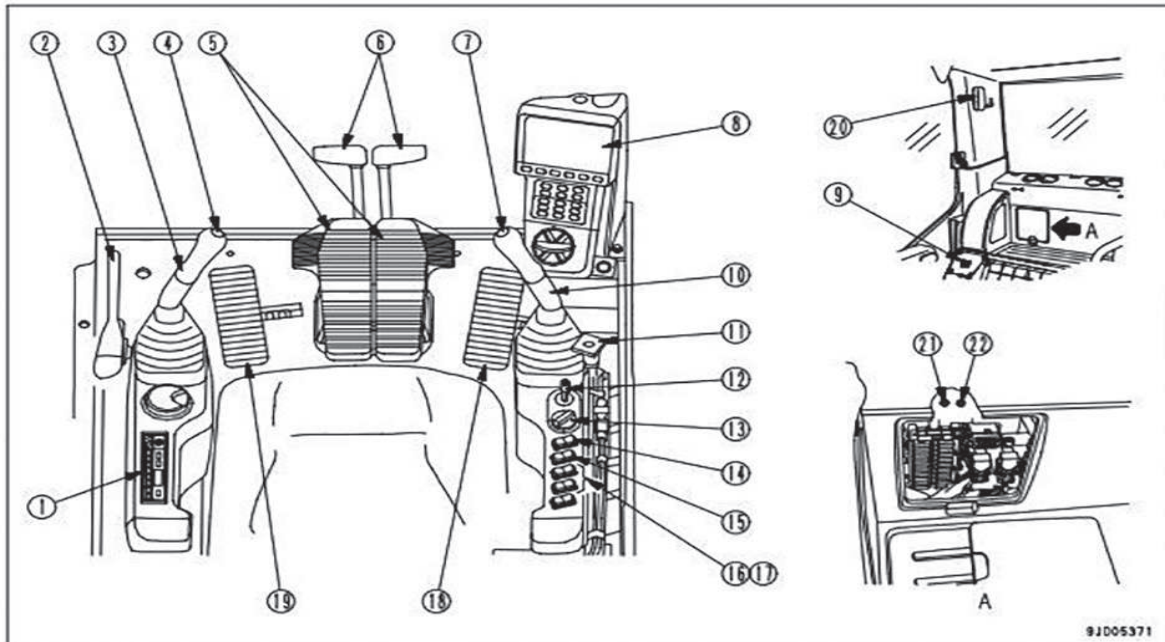
Pada subbab ini dipaparkan informasi yang berkaitan dengan dasar pengoperasian alat berat. Kalian akan lebih mudah memahaminya dengan menampilkan satu contoh, yaitu pada PC200-8M0. Kalian dapat menyesuaikan dengan *machine* atau *Operation Maintenance Manual* (OMM) yang dimiliki di sekolah masing-masing.

Gambar berikut menampilkan beberapa bagian yang ada pada *machine* yaitu, *controls and gauge*, *machine monitor*, *control lever* dan *pedals*, *lock lever*, *travel levers* dan *work equipment control lever* yang ada pada *machine*. Bagian-bagian tersebut akan dijelaskan dalam pembahasan berikut ini.



### a. Komponen pada *Controls and Gauge Names* pada *Machine Alat Berat*

Tahukah kalian apa saja komponen yang ada pada *controls and gauge names* pada *machine* alat berat? Kalian dapat mengamati dan mempelajari gambar berikut ini untuk mengetahuinya.

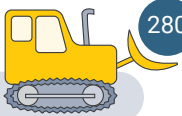


**Gambar 7.2** Komponen pada *controls and gauge names* pada *machine* alat berat

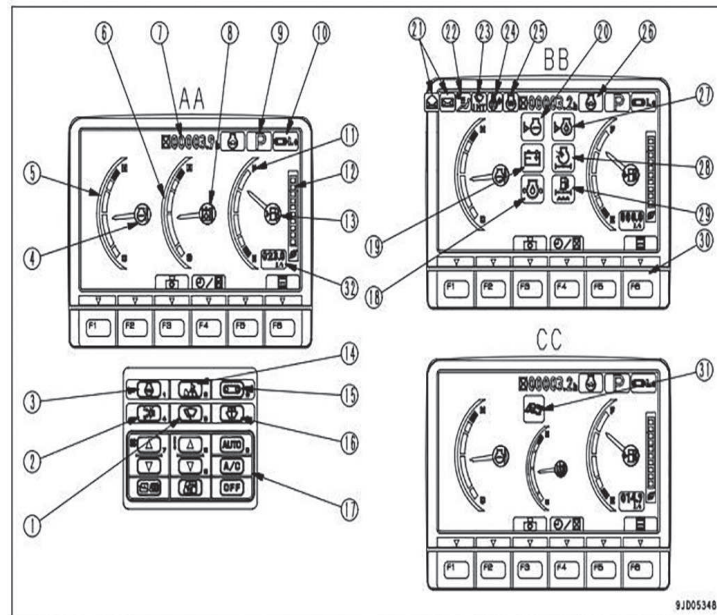
Sumber: OMM PC 200-8M0

#### Keterangan gambar:

- |  |  |
|--|--|
| 1. Radio                               | 12. Starting switch  |
| 2. Lock Lever                          | 13. Fuel control dial  |
| 3. Left work equipment control lever   | 14. Lamp switch  |
| 4. One-touch power max.switch          | 15. Swing lock switch  |
| 5. Travel pedals                       | 16. Revolving warning lamp switch (if equipped)                        |
| 6. Travel levers                       | 17. Large capacity airflow air conditioner blower switch (if equipped) |
| 7. Horn switch                         | 18. Attachment control pedal (if equipped)                             |
| 8. Machine monitor                     | 19. Attachment control pedal (if equipped)                             |
| 9. Cigarette lighter                   | 20. Room lamp switch   |
| 10. Right work equipment control lever | 21. Emergency pump drive switch  |
| 11. Blade control lever (if equipped)  | 22. Swing brake cancel switch  |



## b. Machine Monitor



**Gambar 7.3** Bagian-bagian machine monitor

Sumber: OMM PC 200-8M0

### Keterangan gambar:

AA Standard screen

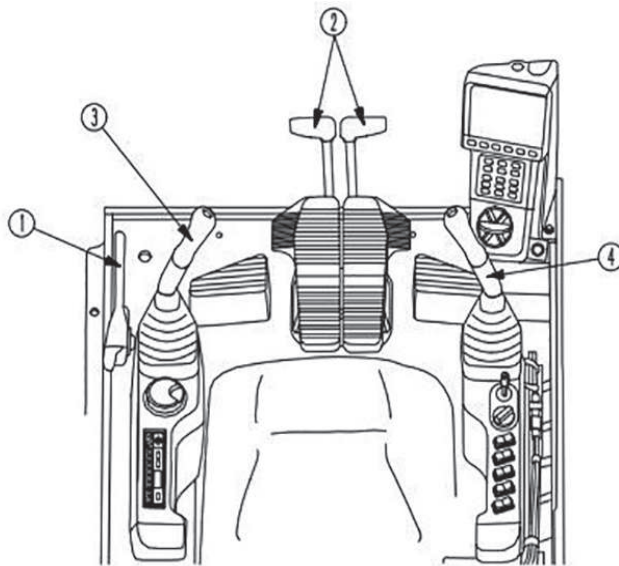
BB Check before starting screen

CC Maintenance interval warning screen

- |                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| 1. Wiper switch                       | 17. Air conditioner control switch                             |
| 2. Buzzer cancel switch               | 18. Engine oil pressure monitor                                |
| 3. Auto-deceleration switch           | 19. Charge level monitor                                       |
| 4. Engine coolant temperature monitor | 20. Radiator coolant level monitor                             |
| 5. Engine coolant temperature gauge   | 21. Message monitor  |
| 6. Hydraulic oil temperature gauge    | 22. Air conditioner monitor                                    |
| 7. Service meter, Clock               | 23. Wiper monitor  |
| 8. Hydraulic oil temperature monitor  | 24. Swing lock monitor   |
| 9. Working mode monitor               | 25. Engine pre-heating monitor or One-touch power max. monitor |
| 10. Travel speed monitor              | 26. Auto-deceleration monitor                                  |
| 11. Fuel gauge                        | 27. Engine oil level monitor                                   |
| 12. ECO gauge                         | 28. Air cleaner clogging monitor                               |
| 13. Fuel level monitor                | 29. Water separator monitor                                    |
| 14. Working mode selector switch      | 30. Function switches (F1 to F6)                               |
| 15. Travel speed selector switch      | 31. Maintenance interval monitor                               |
| 16. Window washer switch              | 32. Fuel consumption gauge                                     |



### c. Control Levers dan Pedals



#### Keterangan gambar:

1. Lock lever
2. Travel levers (with pedal dan auto-deceleration system)
3. Left work equipment control lever (with auto-deceleration system)
4. Right work equipment control lever (with auto-deceleration system)

Gambar 7.4 Bagian-bagian control levers dan pedals

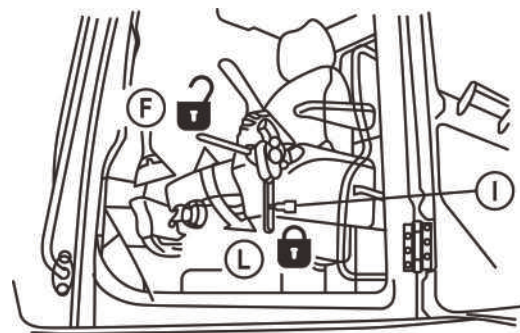
Sumber: OMM PC 200-8M0

### d. Lock Lever

Lock lever (1) pada excavator berfungsi untuk mengunci atau menonaktifkan peralatan kerja, swing, travel dan fungsi semua lever dan pedal pengontrol pada unit. Hal ini berguna sebagai pengaman ketika machine tidak dioperasikan tetapi engine masih hidup.

(L) Posisi Lock: Machine tidak akan bergerak walaupun lever/pedal dioperasikan ketika engine hidup.

(F) Posisi Free: Machine akan bergerak sesuai arah dan kecepatan pergerakan lever/pedal. Pada posisi lock lever seperti ini engine tidak bisa di start.



Gambar 7.5 Lock lever berfungsi untuk mengunci peralatan kerja.

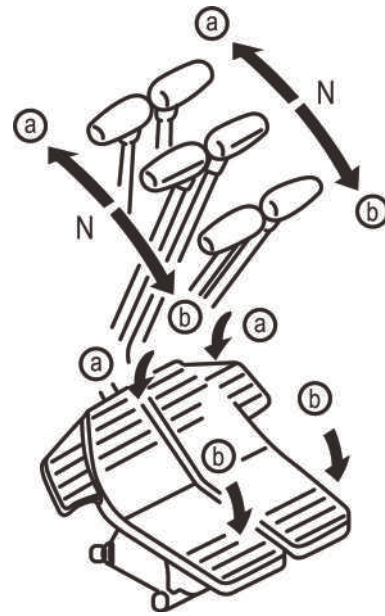


### e. Travel Levers

*Travel levers* digunakan untuk mengontrol arah *track*, maju atau mundur. Masing-masing *lever*/pedal mengontrol sisi *track* kiri atau kanan ketika *track* menghadap kedepan (*idler* pada posisi di depan). Jika salah satu *lever*/pedal saja yang digerakkan, hanya salah satu *track* saja yang akan bergerak.

- 1) **FORWARD:** *lever* di dorong maju atau pedal diinjak ke arah depan.
- 2) **REVERSE:** *lever* ditarik ke belakang atau pedal diinjak ke arah belakang.

Ketika bergerak maju atau mundur, suara alarm akan berbunyi sebagai informasi ke lingkungan kerja.

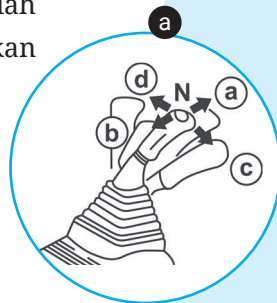


**Gambar 7.6** *Travel levers* digunakan untuk mengontrol arah *track*, maju atau mundur.

Sumber: OMM PC 200-8M0

### f. Work Equipment Control Lever

*Work equipment control lever* sebelah kiri digunakan untuk menggerakkan *arm* dan *swing upper structure*.



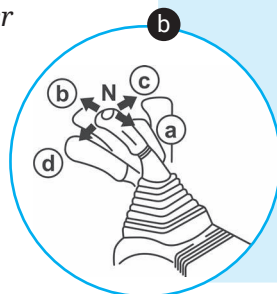
#### Pergerakan Arm

- (a) *Arm Out*
- (b) *Arm In*

#### Pergerakan Swing

- (c) *Swing ke kanan*
- (d) *Swing ke kiri*

*Work equipment control lever* sebelah kanan digunakan untuk menggerakkan *boom* dan *bucket*.



#### Pergerakan Boom

- (a) *Raise* (naik)
- (b) *Lower* (turun)

#### Pergerakan Bucket

- (c) *Dump* (membuka ke arah depan)
- (d) *Curl* (ke arah dalam)

**Gambar 7.7** *Work equipment control lever* sebelah kiri (a) dan sebelah kanan (b)



### 3. Mengoperasikan *Machine/Unit* Alat Berat

Setelah kalian memahami dasar struktur pengoperasian *machine/unit* alat berat, pembahasan dilanjutkan pada pengoperasian *machine/unit* alat berat. Sebelum kalian mengoperasikan terlebih dahulu kalian *me-running engine*. Ada beberapa pekerjaan yang harus kalian lakukan. Pekerjaan tersebut, sebagai berikut:

- a. melakukan pengecekan sebelum *men-starting engine*,
- b. *men-starting engine*,
- c. melakukan pengecekan setelah *starting engine*, dan
- d. mematikan *engine*.

Rincian dari empat pekerjaan tersebut dapat kalian lihat pada *Operation Maintenance Manual* (OMM) *machine/unit* alat berat yang kalian miliki. Pada materi *periodic inspection* akan diberikan contoh pekerjaan yang harus dikerjakan.

Setelah *engine* di-*running*, maka kalian dapat mengoperasikan *machine* dengan langkah-langkah sebagai berikut (sekadar contoh pada PC 200-8M0) sebagai berikut.

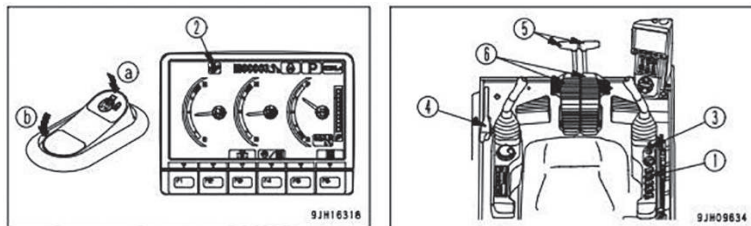
#### WARNING

- 1) Sebelum mengoperasikan *travel levers* atau *travel pedals*, pastikan arah dari *track frame*.
- 2) Sebelum *starting machine*, pastikan area sekitar *machine* aman dan bunyikan klakson.
- 3) Jangan ada orang yang memasuki area kerja *machine*.
- 4) Bersihkan jalur perjalanan dari hambatan.
- 5) Berhati-hatilah ketika berjalan mundur karena ada beberapa titik area yang tidak terlihat.
- 6) Berhati-hatilah ketika mengoperasikan *travel levers* atau *travel pedals* ketika *auto deceleration* diaktifkan.
- 7) Pastikan suara alarm normal ketika *machine* berjalan.

Berikut langkah-langkah mengoperasikan *machine*.

#### a. Persiapan Sebelum Menggerakkan *Machine*

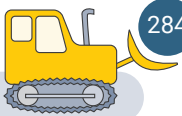
- 1) Mengatur *swing lock switch* (1) pada posisi ON (*actuated*) dan pastikan lampu indikator *swing lock* pada monitor menyala.



Gambar 7.8 Mengatur *swing lock switch*

Sumber: OMM PC 200-8M0

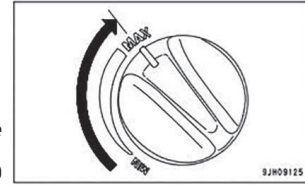
- (a) Posisi ON
- (b) Posisi OFF



- 2) Untuk menaikkan kecepatan *engine*, putar *fuel control dial* (3) ke arah posisi *full speed* (MAX)

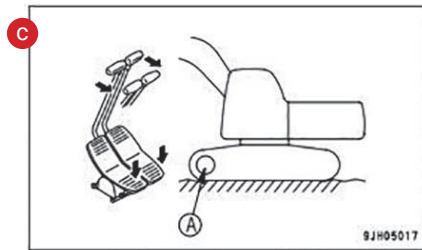
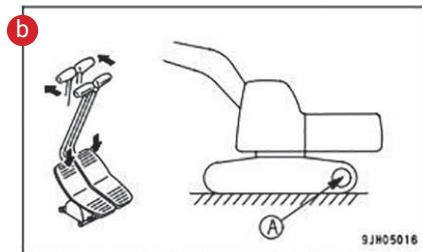
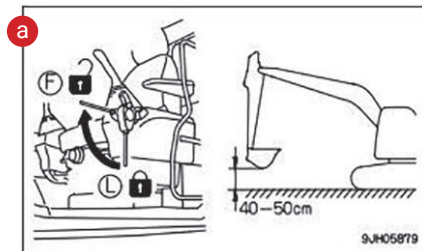
**Gambar 7.9** Menaikkan kecepatan *engine*

Sumber: OMM PC 200-8M0



### b. Menggerakkan *Machine* ke Depan

- 1) Gerakkan *lock lever* (4) pada posisi *FREE* (F), lipat *work equipment* dan angkat setinggi 40 sampai 50 cm (16 sampai 20 inchi) dari tanah. Jika *work equipment* menghalangi pandangan dan menyulitkan perjalanan dengan aman, naikkan *work equipment* lebih tinggi lagi.
- 2) Operasikan *travel levers* sebelah kanan dan kiri (5), atau *travel pedals* sebelah kanan dan kiri (6) sebagai berikut.
  - (a) Ketika *sprocket* (A) terletak di bagian belakang *machine* untuk menggerakkan *machine* ke depan dorong *travel lever* (5) secara perlahan atau menginjak bagian depan *travel pedal* (6) secara perlahan.
  - (b) Ketika *sprocket* (A) terletak di bagian depan *machine*, untuk menggerakkan *machine* ke depan tarik *travel lever* (5) ke belakang secara perlahan atau menginjak bagian belakang *travel pedal* (6) secara perlahan.
- 3) Periksa apakah *travel alarm* berbunyi dengan benar. Jika *travel alarm* tidak berbunyi lakukan perbaikan.

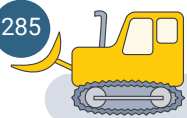
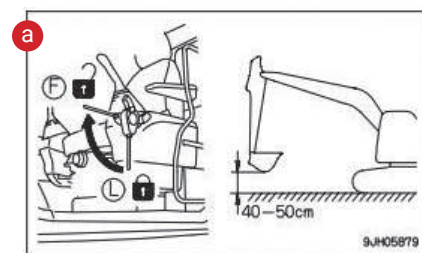


**Gambar 7.10** Langkah (a), (b), (c), menggerakkan *machine* ke depan

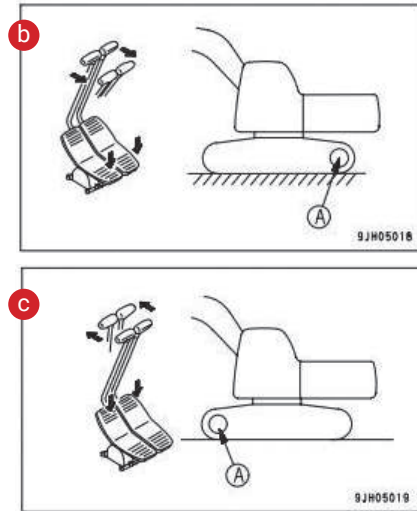
Sumber: OMM PC 200-8M0

### c. Menggerakkan *Machine* ke Belakang

- 1) Gerakkan *lock lever* (4) pada posisi *FREE* (F), lipat *work equipment* dan angkat setinggi 40 sampai 50 cm (16 sampai 20 inchi) dari tanah. Jika *work equipment* menghalangi pandangan dan menyulitkan perjalanan dengan aman, naikkan *work equipment* lebih tinggi lagi.



- 2) Operasikan *travel levers* sebelah kanan dan kiri (5), atau *travel pedals* sebelah kanan dan kiri (6) sebagai berikut.
- (a) Ketika *sprocket* (A) terletak di bagian belakang *machine* untuk menggerakkan *machine* ke belakang tarik *travel lever* (5) secara perlahan atau menekan bagian belakang *travel pedal* (6) secara perlahan.
- (b) Ketika *sprocket* (A) terletak di bagian depan *machine* untuk menggerakkan *machine* ke belakang dorong *travel lever* (5) ke depan secara perlahan atau menekan bagian depan *travel pedal* (6) secara perlahan.
- 3) Periksa apakah *travel alarm* berbunyi dengan benar. Jika *travel alarm* tidak berbunyi lakukan perbaikan.

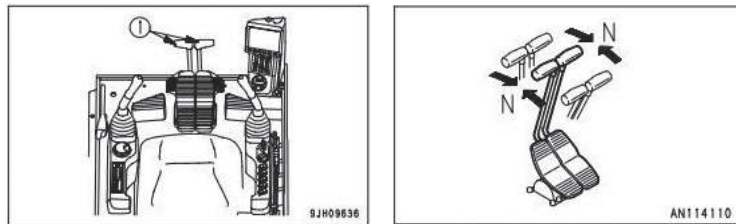


**Gambar 7.11** Langkah (a), (b), (c) menggerakkan *machine* ke belakang

Sumber: OMM PC 200-8M0

#### d. Menghentikan *Machine*

Hindari berhenti tiba-tiba. Beri diri kalian ruang yang cukup saat berhenti. Letakkan *travel levers* sebelah kiri dan kanan pada posisi netral, kemudian hentikan *machine*.



**Gambar 7.12** Menghentikan *machine*

Sumber: OMM PC 200-8M0



### Aktivitas 7.1

#### Aktivitas Mandiri: Identifikasi Simbol-Symbol pada *Machine* atau OMM

##### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara mandiri mengidentifikasi simbol-simbol pada *machine* atau OMM.

##### Langkah-Langkah

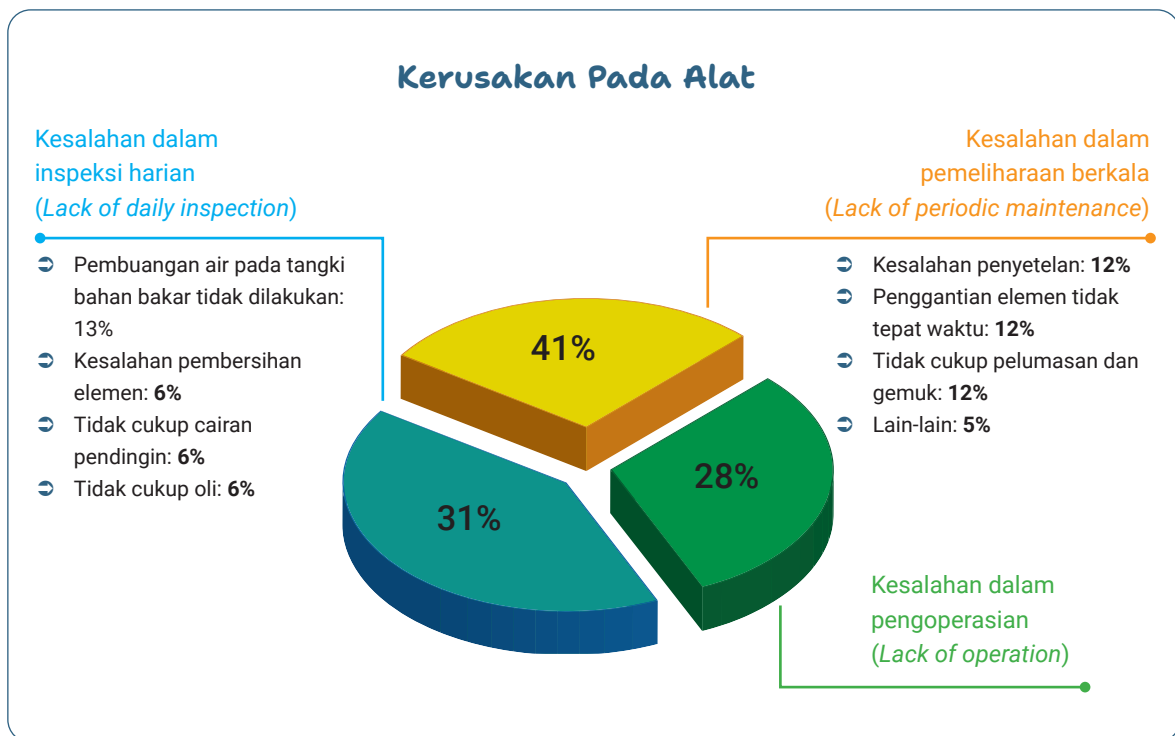
1. Identifikasi simbol-simbol yang ada pada *machine* atau OMM yang ada di sekolah kalian!
2. Tuliskan hasil identifikasi simbol-simbol yang kalian temukan pada *machine* atau OMM!
3. Kerjakan di buku tugas kalian!



## B. Pengetahuan tentang Pemeliharaan (*Maintenance*)

Pemeliharaan atau perawatan (*maintenance*) secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu kegiatan yang diarahkan pada tujuan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas alat berat agar tetap berfungsi dengan baik sesuai dengan spesifikasi pabrik. *Machine* layaknya diperlakukan sebaik mungkin agar selalu dalam kondisi yang prima dan dapat bekerja secara terus-menerus dengan *down time* yang seminimum mungkin. Hal tersebut dapat tercapai dengan perawatan atau pemeliharaan yang baik. Perawatan dinilai baik, jika menghasilkan *down time* yang seminimum mungkin dengan biaya yang serendah mungkin. Jika dilihat dari persentase pada gambar, maka kerusakan yang memberikan kontribusi terbesar diakibatkan oleh *maintenance*, yaitu

1. 41%, kesalahan pelaksanaan dalam *periodic maintenance*,
2. 31%, kesalahan pelaksanaan dalam *periodic inspection*, dan
3. 28% kesalahan dalam pengoperasian.



**Gambar 7.13** Kerusakan yang memberikan kontribusi terbesar diakibatkan oleh *maintenance*

**Sumber:** Diilustrasikan ulang dari *Basic Maintenance*, Pendidikan Dasar Alat Berat/UT School/2020



## 1. Tujuan Dilaksanakan Perawatan

Perawatan dan pemeliharaan alat berat perlu dilakukan dengan tujuan berikut:

- alat berat selalu dalam keadaan siap pakai (*high availability*),
- menjaga agar kondisi alat berat selalu dalam keadaan prima (*best performance*), dan
- mengurangi biaya perbaikan alat berat yang disebabkan oleh buruknya proses pemeliharaan alat (*reduce repair cost*).

## 2. Manfaat Melakukan Perawatan dengan Baik

Perawatan dan pemeliharaan alat berat dilakukan dengan baik. Manfaat melakukan perawatan, sebagai berikut.



**Gambar 7.14** Manfaat dilakukan perawatan dengan baik



### 3. Kegiatan Maintenance Meliputi

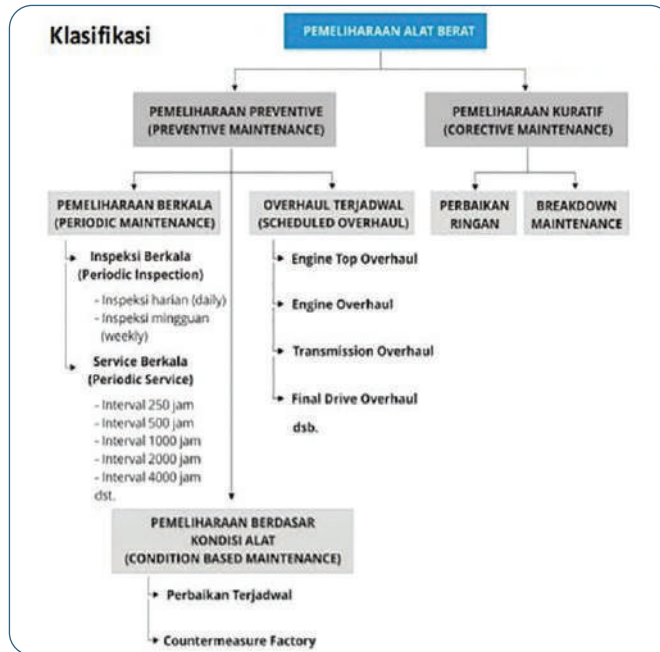
Kegiatan *maintenance*, meliputi pengecekan (*inspection*), penggantian (*replace*), penyetelan (*adjusting*), dan perbaikan (*repair*), pengetesan (*testing*), pelumasan (*lubrication*).



Gambar 7.15 Kegiatan *maintenance*

Sumber: Diilustrasikan ulang dari *Basic Maintenance*, Pendidikan Dasar Alat Berat/UT School/2020

### 4. Jenis-Jenis Perawatan



Gambar 7.16 Klasifikasi pemeliharaan alat berat

Sumber: *Basic Maintenance*, Pendidikan Dasar Alat Berat/UT School/2020



Pada salah satu referensi, pemeliharaan alat berat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. Kalian dapat mengembangkan dan mencari referensi lain yang dimungkinkan akan berbeda di dalam mengklasifikasikannya. Penjelasan masing-masing adalah sebagai berikut.

### **a. Pemeliharaan Preventif (*Preventive Maintenance*)**

Pemeliharaan preventif dapat dilakukan dalam jangka waktu tertentu. Beberapa cara pemeliharaan preventif, sebagai berikut.

#### 1) Pemeliharaan Berkala (*Periodic Maintenance*)

Pemeliharaan berkala adalah salah satu kegiatan pemeliharaan preventif yang dilakukan berdasarkan jangka waktu atau jarak tertentu. Jangka waktu yang dimaksud adalah berupa lamanya alat dioperasikan (jam operasi alat) dan biasanya dalam hitungan jam. Pemeliharaan berkala (*periodic maintenance*) dibagi menjadi dua, sebagai berikut.

##### (a) Inspeksi Berkala (*Periodic Inspection*)

Kegiatan inspeksi atau pemeriksaan yang dilakukan secara berkala, lebih ditekankan pada kegiatan pemeriksaan komponen yang bersifat ringan. Berdasarkan pada ketentuan jam operasi alat atau pengaturan waktu yang telah distandarkan untuk melihat kondisi aktual unit supaya dapat dipersiapkan dalam jangka waktu tertentu untuk melakukan aktivitas perbaikan. Kegiatan inspeksi berkala ini dilakukan dalam interval 10 jam operasi atau disebut dengan pemeliharaan harian (*daily inspection*) dan dalam interval 50 jam operasi atau disebut dengan pemeliharaan mingguan (*weekly inspection*). Kegiatan inspeksi ini berlangsung dalam konteks *preventive maintenance*. Namun, dalam pelaksanaannya juga akan menyangkut dengan aktivitas *corrective maintenance*. Hal itu akan terjadi ketika pelaksanaan inspeksi ditemukan deviasi. Selanjutnya, diperlukan perbaikan (*repair*) dan penyetelan (*adjustment*) saat ditemui kondisi yang kurang standar. Hal itu harus segera ditangani karena berhubungan dengan keamanan maupun daya guna unit.

Secara umum, ada tiga kegiatan yang dikerjakan pada inspeksi berkala (*periodic inspection*) untuk rincian masing-masing kegiatan tersebut dapat kalian lihat pada *Operation Maintenance Manual (OMM) machine/unit* alat berat yang kalian miliki di sekolah. Adapun secara garis besar rincian dari tiga kegiatan tersebut adalah sebagai berikut.



**Tabel 7.6** Rincian Inspeksi Berkala

Rincian Inspeksi Berkala	Kegiatan
Sebelum Pengoperasian	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemeriksaan keliling (<i>walk around check</i>)</li> <li>2. Pemeriksaan sebelum <i>engine</i> dihidupkan (<i>check before starting</i>)</li> <li>3. Pemeriksaan setelah <i>engine</i> dihidupkan (<i>check after starting</i>)</li> </ol>
Saat Pengoperasian	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemeriksaan <i>machine</i>/unit alat berat sambil dioperasikan</li> <li>2. Mengoperasikan dan memarkir <i>machine</i>/unit alat berat</li> </ol>
Setelah Pengoperasian	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemeriksaan keliling (<i>walk around check</i>)</li> <li>2. Pembersihan</li> <li>3. Pengisian bahan bakar</li> </ol>

Dalam suatu kegiatan inspeksi kemungkinan besar akan banyak ditemui kondisi-kondisi yang tidak normal jika dalam operasional ataupun perawatan unit kurang bagus. Kondisi tidak normal tersebut di antaranya adalah kerusakan mekanis (*mechanical failure*). Kerusakan mekanis dapat terjadi pada suatu unit alat berat akibat salah pengoperasian atau salah penanganan terhadap unit. Kerusakan tersebut dapat berupa *bend, dent, crack, broken, worn, scratch, loosen, missing, weep, wear, dan leak*.

a) Bengkok (*bending*)

Kerusakan ini terjadi karena *external force* atau beban yang terjadi dalam kurun waktu yang lama. Akan tetapi, pembebanannya tidak merata atau tidak seimbang.

b) Penyok (*dent*)

Kerusakan ini terjadi karena eksternal.

c) Retak (*crack*)

Kerusakan ini terjadi karena *external force* atau *internal force*. Faktor yang memengaruhi kondisi ini, yaitu getaran tinggi, panas yang tinggi, umur, dan benturan.

d) Rusak (*broken*)

Kerusakan tipe ini dapat disebabkan akibat instalasi yang kurang tepat, kesalahan operasi, dan lain-lain.



e) Aus (*worn*)

Kerusakan tipe ini biasanya disebabkan oleh bergesekannya antara material metal dengan metal atau dengan material lainnya. Keausan adalah wajar kecuali melebihi standar ataupun berada diluar dari umur yang telah ditentukan.

f) Gores (*scratch*)

Kerusakan tipe ini biasanya disebabkan oleh bergesekannya antara material metal dan metal atau metal dengan benda asing keras lainnya. Goresan yang terjadi bisa saja dalam skala besar atau hanya kecil tergantung dengan beban ketika bergesekan.

g) Kendor (*loosen*)

Kondisi ini terjadi karena pengencangan *fastener* yang kurang standar, seperti *poor torque*, *over torque*, dan lain-lain.

h) Hilang (*missing*)

Sering sekali dijumpai bahwa kondisi komponen tidak terpasang dengan benar karena tidak ada atau kurangnya pengikat (*fastener*) yang disebabkan hilang pada saat operasi maupun pada saat melakukan pekerjaan pada komponen yang bersangkutan

i) Rembes (*weep*)

Kerusakan tipe ini dapat disebabkan akibat pengencangan komponen yang kurang dari standar (jika merupakan *component assembly*), keausan dalam skala kecil, kerusakan komponen penyekat, dan lain-lain.

j) Bocor (*leak*)

Kerusakan tipe ini dapat disebabkan akibat pengencangan komponen yang kurang dari standar (jika merupakan *component assembly*), keausan dalam skala kecil, kerusakan komponen penyekat, dan lain-lain.

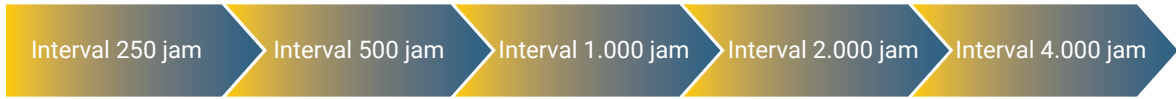
(b) Servis Berkala (*Periodic Service*)

Kegiatan servis berkala biasanya dilakukan dalam interval 250 jam operasi. Kegiatan servis berkala cakupan pekerjaan lebih luas dibandingkan dengan kegiatan inspeksi berkala. Kegiatan ini biasanya mencakup seluruh kegiatan pemeliharaan alat (inspeksi, penggantian, penyetulan, perbaikan, dan pengelasan komponen).

Kegiatan *initial service* merupakan kegiatan *service* yang dilakukan hanya satu kali ketika unit masih dalam kondisi baru. Pokok pekerjaan pada *initial service* jauh lebih banyak daripada *periodic service* pada jam operasi yang sama. *Initial service* bertujuan membuang



kotoran dan serpihan logam yang dihasilkan karena kondisi *sparepart* yang masih baru dan mengalami gesekan cukup besar karena penyesuaian dimensi. Beberapa interval jam operasi sebagai berikut.



Gambar 7.17 Interval jam operasi

Garis besar cakupan pekerjaan perawatan berkala pada Alat Berat, untuk rincian masing-masing kegiatan tersebut dapat kalian lihat pada *Operation Maintenance Manual (OMM) machine/unit* alat berat yang kalian miliki di sekolah.

Tabel 7.7 Rincian Servis Berkala

<i>Service Meter Reading (SMR)</i>	<b>Jadwal Pemeliharaan Berkala (Periodic Service)</b>	<b>Kegiatan Pemeliharaan</b>
250 pertama (initial service)	<i>Periodic Service 250 Jam</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemeliharaan harian</li> <li>2. Pemeliharaan mingguan</li> <li>3. Pemeliharaan 250 jam (initial service)</li> </ol>
250	<i>Periodic Service 250 Jam</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemeliharaan harian</li> <li>2. Pemeliharaan mingguan</li> <li>3. Pemeliharaan 250 jam</li> </ol>
500	<i>Periodic Service 500 Jam</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemeliharaan harian</li> <li>2. Pemeliharaan mingguan</li> <li>3. Pemeliharaan 250 jam</li> <li>4. Pemeliharaan 500 jam</li> </ol>
1.000	<i>Periodic Service 1.000 Jam</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemeliharaan harian</li> <li>2. Pemeliharaan mingguan</li> <li>3. Pemeliharaan 250 jam</li> <li>4. Pemeliharaan 500 jam</li> <li>5. Pemeliharaan 1.000 jam</li> </ol>

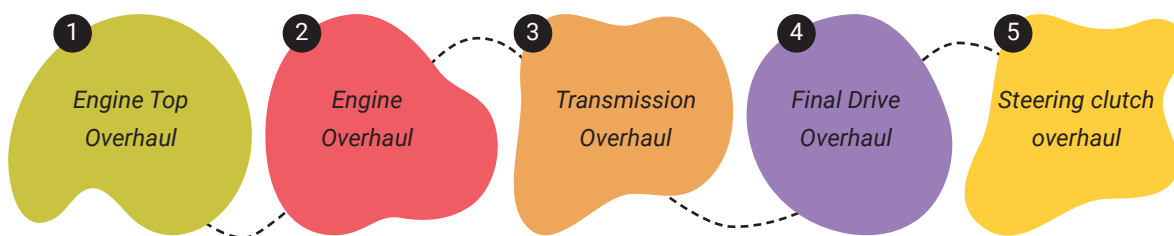


<i>Service Meter Reading (SMR)</i>	<b>Jadwal Pemeliharaan Berkala (Periodic Service)</b>	<b>Kegiatan Pemeliharaan</b>
2.000	<i>Periodic Service 2.000 Jam</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemeliharaan harian</li> <li>2. Pemeliharaan mingguan</li> <li>3. Pemeliharaan 250 jam</li> <li>4. Pemeliharaan 500 jam</li> <li>5. Pemeliharaan 1.000 jam</li> <li>6. Pemeliharaan 2.000 jam</li> </ol>
4.000	<i>Periodic Service 4.000 Jam</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemeliharaan harian</li> <li>2. Pemeliharaan mingguan</li> <li>3. Pemeliharaan 250 jam</li> <li>4. Pemeliharaan 500 jam</li> <li>5. Pemeliharaan 1.000 jam</li> <li>6. Pemeliharaan 2.000 jam</li> <li>7. Pemeliharaan 4.000 jam</li> </ol>

Sumber: *Basic Maintenance*, Pendidikan Dasar Alat Berat/UT School/2020

## 2) *Overhaul* Terjadwal (*Scheduled Overhaul*)

*Overhaul* terjadwal ini bertujuan untuk mengembalikan kinerja (*performance*) alat, seperti kondisi standar yang telah ditentukan oleh pabrik. Interval waktu *overhaul* alat yang satu dengan alat yang lain tidaklah sama. Hal itu tergantung dari beberapa faktor, antara lain, kondisi medan kerja yang dilalui, cara pengoperasian alat, dan cara perawatan yang dilakukan (*Basic Maintenance*, Pendidikan Dasar Alat Berat/UT School/2020). Beberapa jenis *overhaul* terjadwal, tertera dalam diagram berikut.



Gambar 7.18 Jenis *overhaul* terjadwal



3) Pemeliharaan Berdasarkan Kondisi (*Condition Based Maintenance*)

Pemeliharaan dapat dilakukan berdasarkan kondisi nyata alat berat yang diketahui dari program pemeriksaan sebelumnya yang terdiri dari kegiatan perbaikan terjadwal, *countermeasure factory*. Program pemeriksaan alat berat, antara lain seperti yang diuraikan dalam tabel berikut.

**Tabel 7.8** Program Pemeriksaan Alat Berat

Program Pemeriksaan	Keterangan	Gambar
<p>Program Analisis Pelumas (PAP)</p>	<p>PAP adalah suatu program untuk menganalisis kondisi unit dengan cara memeriksa kandungan material yang terdapat pada pelumas tiap komponen.</p>	<pre> graph TD     PAP[PAP] --&gt; TK1[Tahu Kondisi Alat (komponen-komponen)]     TK1 --&gt; Normal[Normal]     TK1 --&gt; KD[Keadaan Darurat]     TK1 --&gt; PSC[Pengadaan Suku Cadang]     PSC --&gt; Referensi[Referensi Pemeliharaan]     PSC --&gt; TD[Tindakan Darurat]     Referensi --&gt; PB[Persiapan Budget]     PB --&gt; PSC     </pre>
<p>Program Pemeriksaan Mesin (PPM)</p>	<p>Pemeliharaan ini dilakukan berdasarkan kondisi aktual alat berat yang didapatkan dari program pemeriksaan sebelumnya.</p>	<pre> graph TD     PPM[PPM (Up to Date)] --&gt; TK2[Tahu Kondisi Alat (komponen-komponen)]     TK2 --&gt; PV[Pemeriksaan Visual]     TK2 --&gt; SM[Sejarah Mesin]     TK2 --&gt; PPM2[PPM]     TK2 --&gt; LLP[Langkah-langkah Perbaikan]     LLP --&gt; PB[Persiapan Budget]     PB --&gt; PSC[Pengadaan Suku Cadang]     PSC --&gt; TK2     </pre>
<p>Program Pemeliharaan Undercarriage (P2U)</p>	<p>Pemeliharaan ini dilakukan berdasarkan kondisi aktual alat berat yang didapatkan dari program pemeriksaan sebelumnya.</p>	<pre> graph TD     PKK[Kondisi Komponen Undercarriage Dapat Diketahui] --&gt; HA[Dari Hasil Analisis]     HA --&gt; LP[Langkah Perbaikan]     LP --&gt; R[Rebuild]     LP --&gt; Re[Replace]     HA --&gt; BDP[Biaya yang diperlukan]     BDP --&gt; PSC[Persiapan Suku Cadang]     BDP --&gt; LP     </pre> <p>         Biaya perbaikan dan Perawatan Bulldozer: Undercarriage 45%-60%, Lainnya     </p> <p>         Biaya perbaikan dan Perawatan Undercarriage: Track 50%, Lainnya     </p>



## b. Pemeliharaan Korektif (*Corrective Maintenance*)

Pemeliharaan korektif umumnya disebut juga dengan istilah pemeliharaan kuratif. Pemeliharaan korektif adalah suatu kegiatan perbaikan pada alat yang bertujuan untuk mengembangkan kondisi alat. Misalnya, spesifikasi standarnya saat kegiatan perbaikan, meliputi penggantian komponen atau suku cadang, serta perbaikan komponen dengan jalan fabrikasi dan penyetelan. Perbaikan korektif dapat meliputi hal berikut.

1. Perbaikan ringan (*repair and adjustment*), kerusakan belum parah atau unit masih dapat beroperasi.
2. *Breakdown maintenance*, kerusakan unit parah (unit sudah tidak layak lagi untuk beroperasi).

## C. Pengetahuan tentang Dokumen Kerja (*Paper Works*)

Kalian telah mempelajari tentang prosedur pengoperasian *machine*/unit alat berat, berikutnya kalian akan mempraktikkan pengoperasian unit tersebut. Sebelum melanjutkan ke aktivitas praktik pengoperasian terlebih dahulu kalian memahami dokumen kerja (*paper works*). Dokumen ini menjadi hal yang wajib sebagai seorang teknisi/mekanik sebelum melakukan maupun setelah melakukan aktivitas pekerjaan untuk menyiapkan dan menyelesaikan laporan pekerjaan. Pada kesempatan ini, ada beberapa dokumen yang akan disampaikan sebagai contoh, di antaranya sebagai berikut.

### 1. Job Safety Analysis (JSA)

#### ANALISA KESELAMATAN PEKERJAAN JOB SAFETY ANALYSIS (JSA)

AKTIVITAS atau PEKERJAAN		Nomor JSA :	
		Revisi :	Tanggal :
Perusahaan/Divisi: PT. United Tractors/Service	Dept/Section : Service	Tanggal :	Halaman : ... dari ...
<i>Alat Pelindung Diri yang disyaratkan :</i>		Dibuat oleh :	Disetujui oleh :
<input type="checkbox"/> Safety Shoes	<input type="checkbox"/> Safety Glass	<input type="checkbox"/> Safety Helmet	
<input type="checkbox"/> Masker/Respirator	<input type="checkbox"/> Gloves	<input type="checkbox"/> Ear Plugs/Muff	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Safety Harness	
		(Alat Pelindung Diri Khusus)	

No	Urutan Pekerjaan	Bahaya yang Ada	Pengendalian dan Pencegahan yang Dilakukan

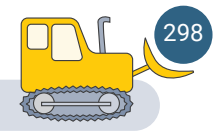




PEMAKAIAN SUKU CADANG					
No.	Nama Suku Cadang	Nomor Suku Cadang	Jumlah	Catatan	
PENGUNAAN TOOLS					
Common Tools			Special Tools		
No.	Jenis Tools	Jumlah	No.	Jenis Tools	Jumlah
Measurement Tools			Diagnostic Tools		
No.	Jenis Tools	Jumlah	No.	Jenis Tools	Jumlah
Kelainan yang terjadi					
No.	Jenis Kelainan				

Guru  
.....

(Nama Kota), ..... 202...  
Siswa  
.....



#### 4. Berita Acara Penyerahan Pekerjaan (BAPP)

##### BERITA ACARA PENYERAHAN PEKERJAAN (BAPP)

Pada hari ..... tanggal ...../...../....., telah dilakukan penyerahan pekerjaan dari ..... Kepada ..... area ..... sebagai berikut:

UNIT			ENGINE		SMR (HM/ KM)	LOCATION
MODEL	SERIAL NO.	CODE UNIT	MODEL	SERIAL NO.		

Pekerjaan yang telah dilakukan pada unit tersebut adalah:

No.	COMPONENT	JOB DESC	REMARKS

Siswa bersama guru telah melakukan uji coba terhadap unit tersebut di atas dengan kesimpulan unit dalam kondisi (**Baik/Tidak Baik**) dan (**Siap/Tidak Siap**) untuk operasi.

Demikian Berita Acara Penyerahan Pekerjaan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Catatan diisi Siswa:

Catatan diisi Guru

(Nama Kota), ..... 202...

Guru

.....

Siswa

.....



## 5. Berita Acara Penyerahan Pekerjaan (BAPP)

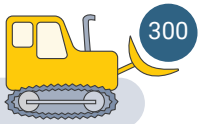
### P2H (PELAKSANAAN PERAWATAN HARIAN) KOMATSU HYDRAULIC EXCAVATOR

ISILAH TERLEBIH DAHULU		LINGKARILAH TANGGAL PELAKSANAAN						
NAMA PESERTA	:	<b>BULAN:</b>						
NISN	:	1	2	3	4	5	6	7
MODEL UNIT	:	8	9	10	11	12	13	14
NO. SERIE UNIT	:	15	16	17	18	19	20	21
JOB SITE	:	22	23	24	25	26	27	28
		29	30	31				

SEBELUM OPERASI	HOUR METER						
-----------------	------------	--	--	--	--	--	--

Berilah tanda "✓" bila normal/baik dan tanda "x" bila abnormal/rusak pada kolom pertama  
 Berilah tanda "OK" bila telah diperbaiki atau "Angka" bila telah diberi penambahan oli, air, dll. di kolom kedua  
 Berilah tanda "NA" bila tidak ada di kolom yang tersedia

A. SEBELUM PEMANASAN							
1. Dengan mengelilingi unit:							
a.							
b.							
c.							
2. Periksa jumlah oli:							
a.							
b.							
c.							
d.							
3. Periksa jumlah air:							
a.							
b.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							
11.							
12.							
13.							



**B. PEMANASAN**

INGAT!! Sebelum Anda menjalankan unit, perhatikan keadaan sekeliling dan bunyikan klakson.

Hidupkan Engine LOW IDLE selama 5 menit sambil mengisi form P2H

**BULAN:**

1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
a.							
b.							
10.							

**SELESAI OPERASI****HOUR METER**

1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
PARAF OPERATION							
MENGETAHUI FOREMAN/SUPERVISOR							
SARAN & TINDAKAN FOREMAN/SUPERVISOR							



## 6. Maintenance Sheet Periodical Service

		<b>PERIODICAL SERVICE KOMATSU PC 200-8M0</b>				PERIODIC SERVICE KHUSUS AREA TTD
TTD	MAINTENANCE SHEET					SMR

Machine Model	Serial Number	Date of service DD MM YY	Information	Every 250h	Every 500h	Every 1000h	Every 2000h	Every 4000h
			Code	1	2	3	4	5

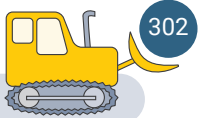
Filling Instruction: Below are the items related to the operation, maintenance and lubrication of this unit. To be serviced at periodic service and additional service. The Operation & Maintenance Manual detail all items to maximize machine availability

• : Item be serviced      Result Inspection      ✓ : Good Condition      ✗ : Bad Condition      ⊗ : Correction Made

No.	ITEM DESCRIPTION	INSPECTION GUIDELINES	1	2	3	4	5	RESULT	COMMENT
A. ZONA 1 ENGINE, PTO, HYDRAULIC & CABIN AREA									
1	Engine oil	Check engine oil level	•	•	•	•	•		
2	Engine oil	Replace engine oil 23.1 liter		•	•	•	•		
3	Engine oil filter	Replace engine oil filter 1 pcs		•	•	•	•		
4	Main fuel filter	Replace fuel filter 1 pcs		•	•	•	•		
5	Alternator & AC compressor belt	Inspect and adjustment alternator & AC compressor belt tension		•	•	•	•		
6	Alternator	Inspect alternator for burn, bolt loose, etc.				•	•		
7	Starting motor	Inspect starting motor for burn, bolt loose, etc.					•		
8	Engine valve	Check engine valve clearance & adjust				•	•		Jika Trouble
9	Pulley	Greasing pulley assembly of alternator and compressor drive belt					•	•	
10	Water pump	Check engine valve clearance & adjust					•		
11	High-pressure fuel pipping	Chek looseness of pressure piping clamp hardening of runner					•		
12	Cooler system	Clen and check radiator, oil cooler, aftercooler, fuel cooler fins		•	•	•	•		
13	Radiator fan	Check condition and fastening radiator fan 1 pcs				•	•		
14	Radiator coolant	Check coolant level		•	•	•	•		
15	Radiator coolant	AFNAC super coolant replace 21,5 liter					•	•	2 tahun sekali
16	Air cleaner	Clean outer element of air cleaner 2 pcs		•	•	•	•		Menunggu buntu
17	Air cleaner	Change inner outer element air cleaner 2 pcs*				•	•		Jika outer ganti, inner juga ganti
18	Waser tank	Check level AFNAC		•	•	•	•		
19	Prefule filter	Replace prefuel filter 1 pcs		•	•	•	•		
20	Water separator	Celan and inspect water sparator 1 pcs					•	•	
21	Hydraulic oil	Check oil level on hydraulic tank		•	•	•	•		
22	Hydraulic oil	Check oli hydraulic 135 liter at 5000 hrs							1 tahun sekali
23	Hydraulic tank breather	Replace breather element hydrolic tank 1 pcs		•	•	•	•		1 tahun sekali
24	Hydraulic oil filter	Replace return oil filter element 1 pcs					•	•	
25	Hydraulic oil filter return stainer	Clean hydraulic tank return stainer 1 pcs					•	•	
26	Fuel tank	Drain water and sediment condensation		•	•	•	•		
27	Fuel tank breather	Replace breather element fuel tank 1 pcs		•	•	•	•		1 tahun sekali
28	Battery fluid	Check fluid level battery #1 & #2		•	•	•	•		
29	Voltage	Check voltage each battery #1 & #2		•	•	•	•		
30	Battery pole	Clean and lubricate battery pole		•	•	•	•		
31	Outer area	Clean cabel and battery relay area		•	•	•	•		
32	Working Lamp	Check for operation head lamp 2 pcs		•	•	•	•		
		Check for operation boom lamp 1 pcs		•	•	•	•		
		Check for operation C/weight lamp 1pcs		•	•	•	•		
		Check for operation rottary lamp 1 pcs		•	•	•	•		
		Check for operation side lamp 1 pcs		•	•	•	•		
33	Horn	Check function horn		•	•	•	•		
34	Windshield water reservoir	Check fuile level and adding if decrease		•	•	•	•		
35	Wifer	Check for operation wifer and washer		•	•	•	•		
36	Swing lock	Check for operation swing lock function		•	•	•	•		

\* Replace when outer element has been cleaned 6 time

Leader	Head



		<b>PERIODICAL SERVICE KOMATSU PC 200-8M0</b>	PERIODICAL SERVICE KHUSUS AREA TTD
TTD	MAINTENANCE SHEET		SMR

Machine Model	Serial Number	Date of service DD MM YY	Information	Every 250h	Every 500h	Every 1000h	Every 2000h	Every 4000h
			Code	1	2	3	4	5

Filling Instruction: Below are the items related to the operation, maintenance and lubrication of this unit. To be serviced at periodic service and additional services. The Operation & Maintenance Manual detail all items to maximize machine availability

• : Item be serviced      Result Inspection      ✓ : Good Condition      X : Bad Condition      ⊗ : Correction Made

No.	ITEM DESCRIPTION	INSPECTION GUIDELINES	1	2	3	4	5	RESULT	COMMENT
1	Repeat Daily Check		•	•	•	•	•		
<b>B. ZONA 2 UNDERCARRIAGE, SWING &amp; ATTACHMENT AREA</b>									
1	Final drive	Check final drive oil level and add oil if decrease of level	•	•	•	•	•		
2	Final drive	Change final drive oil 3.6 liter masing-masing sisi				•	•		
3	Final drive	Inspect for crack, wear of sprocket & final drive	•	•	•	•	•		
4	Track roller	Inspect for leaking, crack, wear, missing 8 pcs masing-masing sisi	•	•	•	•	•		
5	Carrier roller	Inspect for leaking, crack, wear, missing 2 pcs masing-masing sisi	•	•	•	•	•		
6	Track link	Check and adjust track tension RH & LH	•	•	•	•	•		
7	Welded structure	Check welded condition the revolving frame, center frame, etc.			•	•	•		
8	Tooth bucket	Inspect for crack, wear, missing of tooth bucket 6 pcs	•	•	•	•	•		
9	Boom and attachment	Check for loose lock pin boom/attachment	•	•	•	•	•		
10	Swing machinery oil	Check swing machinery front oil level	•	•	•	•	•		
11	Swing machinery oil	Change swing machinery front oil 6.5 liter			•	•	•		
12	Breather swing machinery	Check & clean breather swing machinery front			•	•	•		
13	Swing pinion grease	Check swing pinion grease level	•	•	•	•	•		

Leader	Head



## Aktivitas 7.2

### Aktivitas Kelompok: Melakukan Pekerjaan *Periodic Inspection* dan *Periodic Service*

#### Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara bekerja sama melakukan pekerjaan *periodic inspection* dan *periodic service*.

#### Langkah-Langkah

1. Bentuklah empat kelompok di kelas kalian!
2. Susunlah JSA untuk pekerjaan *periodic inspection* dan *periodic service* pada *machine/unit/engine* alat berat.
3. Lakukanlah pekerjaan *periodic inspection* pada *machine/unit/engine* alat berat untuk kelompok satu dan dua!
4. Lakukan pekerjaan *periodic service* pada *machine/unit/engine* alat berat untuk kelompok tiga dan empat!
5. Buatlah laporan hasil pekerjaan!
6. Silakan kalian menggunakan formulir kerja yang sudah dibahas sebelumnya!





## Kasus Industri

Pekerjaan *periodic inspection* dan *periodic service* pada *machine/unit* alat berat merupakan hal yang sangat penting. Sering kali di industri ditemukan seorang mekanik mendapatkan keluhan operator terhadap unit yang mereka gunakan. Misal, *engine low power*, muncul suara berisik pada mekanisme pemindah tenaga, bahkan yang lebih parah lagi *engine* jebol sehingga *machine* berhenti beroperasi. Seorang mekanik dalam melakukan proses *adjusting valve* terlalu kencang, akan menyebabkan *smearing* (mengelupasnya bagian kontak). Kesalahan dalam mengganti spesifikasi oli *final drive* berdampak pada rontoknya komponen *final drive*. Kurang baiknya kualitas B35/biosolar yang digunakan juga mengakibatkan filter cepat buntu yang akhirnya berujung pada *engine low power*. Kasus lain yang ditemukan, buruknya *periodic inspection* dan *periodic service* akan menambah waktu *downtime* unit (waktu lamanya unit tidak dapat beroperasi karena perbaikan). Hal yang lebih parah lagi, sampai *breakdown unit* (kerusakan unit tidak dapat beroperasi dalam waktu yang panjang). Hal tersebut, pada akhirnya menimbulkan *high cost* (biaya yang tinggi).

## Asesmen



### Kerjakan soal berikut ini!

1. Sebelum mengoperasikan *machine/unit* alat berat, ada beberapa pekerjaan yang harus terlebih dahulu dilakukan agar *machine* bekerja dengan baik dan aman. Apa saja pekerjaan tersebut?
2. Sebelum *engine start* ada beberapa prosedur perawatan harian yang harus dikerjakan. Silakan merujuk pada OMM unit/*machine* yang kalian miliki, kemudian sebutkan apa saja pekerjaan tersebut!
3. Setelah *machine/unit* alat berat siap dioperasikan, berdasarkan OMM ada peringatan yang harus diperhatikan oleh seorang operator. Silakan merujuk OMM yang kalian miliki dan sebutkan apa saja peringatan tersebut!
4. Jelaskan perbedaan antara *basic symbols*, *system symbols*, *advanced symbols*, *additional symbols*, dan *safety symbols*!
5. Apa saja cakupan dari pekerjaan *maintenance*?
6. Jelaskan perbedaan *periodic inspection* dan *periodic service*!
7. Silakan kalian rujuk OMM yang kalian miliki! Temukan apa saja jenis oli *engine* dan berapa kapasitasnya, jika kita melakukan penggantian!



8. Jelaskan prosedur pemasangan *engine* oli filter yang baru berdasarkan OMM yang kalian miliki!
9. Jelaskan prosedur membersihkan *primary air filter* berdasarkan OMM yang kalian miliki!
10. Jelaskan perbedaan dari PAP, PPM, dan P2U!



## Refleksi

Setelah mempelajari Bab 7, kalian tentu lebih memahami tentang dasar struktur pengoperasian *machine/unit* alat berat dan cakupan pemeliharaan berkala pada alat berat. Dari semua materi yang sudah dijelaskan pada bab ini tentukan beberapa hal berikut ini.

1. Materi pembelajaran atau topik apakah yang menurut kalian sulit dipahami? Jelaskan!
2. Materi pembelajaran atau topik apakah yang mudah kalian pahami? Sebutkan alasannya!
3. Diskusikan dengan teman maupun guru kalian!

### Lembar Refleksi (Kerjakan di Buku Tugas Kalian)

Materi pembelajaran atau topik apakah yang menurut kalian sulit dipahami? Jelaskan!

1. ....
2. ....
3. ....
4. ....

Materi pembelajaran atau topik apakah yang menurut kalian mudah dipahami? Jelaskan!

1. ....
2. ....
3. ....
4. ....





## Pengayaan

Untuk menambah wawasan dan pengalaman kalian dalam Bab 7, disarankan mencari berbagai referensi *Operation Maintenance Manual (OMM) machine/unit* alat berat baik berkunjung ke dealer penjual *machine/unit* alat berat atau bisa mencari sendiri melalui *google search* dengan kata kunci *Operation Maintenance Manual (OMM) unit* alat berat. Jika kalian mencari sumber dari internet, pastikan laman yang kalian gunakan merupakan laman resmi dan dapat dipercaya. Kalian juga dapat belajar pada mekanik alat berat atau narasumber yang berpengalaman dalam teknik alat berat. Kalian dapat mengakses tautan atau memindai kode QR berikut untuk menambah informasi pelaksanaan beberapa hal pada pekerjaan *periodic maintenance*.

Pemeriksaan *engine oil level* pada *excavator*:

**Sumber:** United Tractors/Pemeriksaan *Engine Oil Level* pada *Excavator/2024*



<https://buku.kemdikbud.go.id/s/TAB57>



Pemeriksaan *fuel level* pada *excavator*

**Sumber:** United Tractors/Pemeriksaan *Fuel Level* pada *Excavator/2024*

<https://buku.kemdikbud.go.id/s/TAB58>



Pemeriksaan *hydraulic oil level* pada *excavator*

**Sumber:** United Tractors/Pemeriksaan *Hydraulic Oil Level* pada *Excavator/2024*

<https://buku.kemdikbud.go.id/s/TAB59>



# Glosarium

- accumulator** : komponen yang menyimpan energi *hydraulic* dalam bentuk tekanan cairan, sering digunakan untuk menghaluskan fluktuasi tekanan dalam sistem atau menyediakan tenaga cadangan.
- actuator** : komponen dalam sistem *hydraulic* yang mengubah energi *hydraulic* menjadi energi mekanis untuk menggerakkan atau mengendalikan beban, seperti silinder *hydraulic* atau motor *hydraulic*.
- alat berat** : mesin besar yang digunakan dalam proyek konstruksi, pertambangan, dan industri lainnya untuk memudahkan pekerjaan berat, seperti penggalian, pemindahan material, dan pengerasan tanah.
- alternator** : komponen yang menghasilkan listrik saat *engine running*, mengisi baterai, dan menyediakan daya untuk sistem kelistrikan.
- avometer/multitester** : alat yang digunakan untuk mengukur berbagai besaran listrik, seperti arus listrik, tegangan listrik, hambatan listrik, kapasitansi kapasitor, HFE transistor, dan lain-lain.
- arm (stick)** : lengan yang lebih pendek yang terhubung ke *boom*, memberikan presisi dalam mengatur alat kerja.
- asphalt paver** : alat berat yang digunakan untuk meletakkan aspal panas di permukaan jalan, sebelum dipadatkan oleh *roller*.
- backhoe loader** : kombinasi dari *excavator* dan *loader*, dengan *bucket* kecil di bagian depan untuk memuat material dan lengan penggali di bagian belakang.
- battery relay** : komponen elektromekanis yang menghubungkan atau memutuskan arus listrik dari baterai ke *motor starter* ketika *starting switch* diaktifkan.
- blade** : pisau besar yang dipasang di bagian depan *bulldozer* atau *motor grader*, digunakan untuk mendorong, meratakan, atau memotong tanah.

<b>boom</b>	: lengan panjang yang terpasang di badan alat berat, digunakan untuk mengangkat dan menjangkau objek.
<b>breaker (hydraulic hammer)</b>	: alat pemecah <i>hydraulic</i> yang dipasang pada <i>excavator</i> , digunakan untuk memecahkan batu, beton, atau struktur keras lainnya, efektif dalam pekerjaan pembongkaran.
<b>bucket</b>	: wadah besar yang dipasang pada alat berat, seperti <i>excavator</i> atau <i>loader</i> , digunakan untuk menggali, memuat, atau memindahkan material.
<b>brush</b>	: sikat karbon, komponen yang mentransfer arus listrik antara bagian yang diam ( <i>stator</i> ) dan bagian yang berputar ( <i>rotor</i> ) dalam motor atau generator.
<b>carrier roller</b>	: roda yang mendukung bagian atas rantai <i>track</i> , menjaga agar rantai tetap pada posisinya.
<b>cavitation (kavitasi)</b>	: fenomena yang terjadi ketika tekanan dalam sistem <i>hydraulic</i> turun di bawah tekanan uap cairan, menyebabkan pembentukan gelembung udara yang kemudian meledak yang dapat merusak komponen <i>hydraulic</i> .
<b>check valve (katup satu arah)</b>	: katup yang memungkinkan aliran fluida hanya dalam satu arah dan mencegah aliran balik. Hal ini penting untuk menjaga arah aliran yang diinginkan dalam sistem <i>hydraulic</i> .
<b>charging circuit (sirkuit pengisian)</b>	: rangkaian listrik yang melibatkan alternator, regulator tegangan, dan baterai untuk memastikan daya disuplai dan diatur dengan benar.
<b>cushion valve (katup bantalan)</b>	: katup yang digunakan untuk memperlambat atau menahan gerakan silinder <i>hydraulic</i> pada akhir langkahnya untuk menghindari benturan keras, memberikan bantalan untuk mencegah kerusakan.
<b>commutator (komutator)</b>	: komponen pada motor atau generator DC yang mengubah arah arus dalam kumparan untuk menghasilkan torsi yang konstan.
<b>cooling</b>	: pendinginan yang tujuannya untuk menjaga temperatur kerja tetap dalam keadaan konstan.
<b>current (arus listrik)</b>	: aliran muatan listrik dalam suatu rangkaian, diukur dalam ampere (a).

<b><i>directional control valve</i></b> (katup pengontrol arah)	: katup yang mengatur arah aliran fluida dalam sistem <i>hydraulic</i> , memungkinkan pengalihan aliran ke berbagai jalur untuk menggerakkan aktuator atau komponen lain.
<b><i>diode</i></b> (dioda)	: komponen elektronik yang memungkinkan arus mengalir dalam satu arah saja, digunakan dalam proses penyearahan dalam alternator.
<b><i>drop test</i></b>	: pengujian baterai ketika beban diberikan untuk memeriksa kondisi baterai berdasarkan penurunan tegangan.
<b><i>entrapment relief</i></b> (pelepasan perangkap)	: proses atau alat yang dirancang untuk melepaskan tekanan vakum yang terperangkap dalam sistem <i>hydraulic</i> guna mencegah kerusakan atau gangguan operasional.
<b><i>entrapment vacuum</i></b> (vakum perangkap)	: situasi ketika vakum terbentuk dalam ruang tertutup di sistem <i>hydraulic</i> , yang dapat menyebabkan tekanan negatif yang tidak diinginkan dan potensi kerusakan komponen.
<b><i>fork</i></b>	: garpu yang dipasang pada alat berat seperti <i>telehandler</i> atau forklift, digunakan untuk mengangkat dan memindahkan palet atau material lainnya
<b><i>forwarder</i></b>	: alat berat yang digunakan untuk mengangkut batang kayu yang telah dipotong dari lokasi penebangan ke tempat pengumpulan atau pinggir jalan hutan. <i>Forwarder</i> membawa kayu di bagian belakangnya dan memiliki kemampuan untuk beroperasi di medan sulit
<b><i>filtrasi hydraulic</i></b>	: proses penyaringan kotoran dari cairan <i>hydraulic</i> untuk menjaga kebersihan sistem dan mencegah kerusakan komponen.
<b><i>flow control valve</i></b> (katup pengontrol aliran)	: katup yang mengontrol laju aliran fluida dalam sistem <i>hydraulic</i> , penting untuk mengatur kecepatan operasi aktuator seperti silinder dan motor <i>hydraulic</i> .
<b><i>field coil</i></b>	: kumparan di dalam alternator atau generator yang menghasilkan medan magnet ketika dialiri arus listrik.
<b><i>flux (fluks)/garis-garis gaya magnet</i></b>	: jumlah total medan magnet yang melewati suatu area, berperan dalam proses induksi elektromagnetik.
<b><i>grapple</i></b>	: alat penjepit yang dipasang pada <i>excavator</i> atau <i>loader</i> , digunakan untuk menangkap dan mengangkat material seperti kayu, besi tua, atau batu besar.

<b><i>ground pressure</i></b>	: tekanan yang dihasilkan oleh alat berat pada permukaan tanah, penting dalam menentukan dampak alat pada stabilitas tanah dan kemungkinan kerusakan permukaan
<b><i>grounding (pembumihan/ pentanahan)</i></b>	: jalur koneksi dalam sistem kelistrikan yang menghubungkan komponen ke bumi untuk mencegah bahaya listrik dan menjaga stabilitas tegangan.
<b><i>growler tester</i></b>	: alat yang digunakan untuk mendeteksi korsleting atau gangguan pada armature motor listrik.
<b><i>gear reduction</i></b>	: gear penggerak ( <i>drive gear</i> ) berukuran lebih kecil/jumlah gigi lebih sedikit dibandingkan dengan gear yang digerakkan ( <i>driven gear</i> ), sehingga kecepatan <i>gear</i> yang digerakan akan lebih rendah dari kecepatan <i>gear</i> penggerak.
<b><i>hydraulic</i></b>	: teknologi yang memanfaatkan zat alir dimana jika diberi tekanan maka akan merambat ke segala arah dengan tidak bertambah atau berkurang kekuatannya.
<b><i>hydraulic oil</i></b>	: cairan yang digunakan dalam sistem <i>hydraulic</i> untuk mentransfer tenaga. Biasanya terbuat dari minyak mineral atau sintetis, cairan ini juga berfungsi sebagai pelumas dan pendingin.
<b><i>hydraulic lock</i></b>	: kondisi di mana fluida dalam sistem <i>hydraulic</i> terjebak dan tidak dapat bergerak, biasanya disebabkan oleh udara atau fluida yang tidak dapat dikompresi yang mengakibatkan kegagalan operasi komponen.
<b><i>idler</i></b>	: roda yang mengatur ketegangan rantai <i>track</i> di bagian depan atau belakang alat berat
<b><i>induced emf (ggl induksi)</i></b>	: tegangan yang dihasilkan dalam sebuah konduktor ketika terdapat perubahan fluks magnetik yang melewatinya.
<b><i>intake</i></b>	: asupan atau penerimaan atau hisapan.
<b><i>log grapple</i></b>	: peralatan tambahan yang dipasang pada <i>excavator</i> atau <i>loader</i> untuk menangkap, mengangkat, dan memindahkan batang kayu atau balok besar
<b><i>lower structure</i></b>	: bagian bawah dari alat berat yang termasuk sistem <i>track</i> (rantai) atau roda, serta komponen pendukung seperti <i>idler</i> , <i>carrier roller</i> , dan <i>track roller</i> . <i>lower structure</i> mendukung dan memungkinkan pergerakan alat berat.

<b>katup (valve)</b>	: perangkat yang mengontrol aliran cairan dalam sistem <i>hydraulic</i> , termasuk tekanan, arah, dan laju aliran. Contoh katup <i>hydraulic</i> termasuk katup tekanan, katup arah, dan katup aliran.
<b>lubricating</b>	: pelumasan, yakni melicinkan bagian bagian yang bergerak, bergesekan, bertumbukan, bersinggungan, berputar, dll.
<b>manual book</b>	: buku petunjuk dalam melakukan pekerjaan seperti pekerjaan perawatan berkala, pembongkaran komponen, perakitan, pengetesan, pengujian, perbaikan, penggantian komponen, dan lain lain pekerjaan mekanik alat berat. <i>Manual book</i> terdiri dari <i>operation &amp; maintenance manual</i> (omm), <i>shop manual</i> (sm), dan <i>parts book</i> .
<b>motor hydraulic (hydraulic motor)</b>	: jenis aktuator yang mengubah energi <i>hydraulic</i> menjadi gerakan rotasi, digunakan untuk menggerakkan roda atau komponen berputar lainnya.
<b>magnetic switch (saklar magnetik motor starter)</b>	: komponen yang menggunakan elektromagnet untuk menggerakkan kontak yang menghubungkan arus listrik dari baterai ke motor starter.
<b>multi grade oil</b>	: oli yang mempunyai sifat kekentalan, dapat menyesuaikan dengan perubahan temperatur
<b>notch (takik)</b>	: lekukan atau cekungan kecil pada komponen <i>hydraulic</i> , seperti <i>spool</i> atau piston, yang membantu dalam pengaturan posisi atau kontrol aliran fluida.
<b>oil cooler (pendingin oli)</b>	: alat yang digunakan untuk mengurangi suhu cairan <i>hydraulic</i> melalui pendinginan, menjaga suhu operasi yang aman dan optimal dalam sistem <i>hydraulic</i> .
<b>overcharging</b>	: kondisi ketika baterai menerima tegangan terlalu tinggi dari alternator, yang dapat merusak baterai dan komponen listrik lainnya.
<b>overdrive</b>	: gear penggerak ( <i>drive gear</i> ) berukuran lebih besar/jumlah gigi lebih banyak dibandingkan dengan <i>gear</i> yang digerakan ( <i>driven gear</i> ). Sehingga kecepatan <i>gear</i> yang digerakkan akan lebih tinggi dari kecepatan gear penggerak
<b>parts book</b>	: buku yang memuat detail dari bagian <i>spare part</i> pada sebuah produk seperti gambar <i>parts</i> , <i>parts number</i> , <i>serial number</i> , dan lain-lain.

- piston valve (katup piston)** : katup yang menggunakan piston untuk mengontrol aliran fluida, biasanya ditemukan dalam sistem yang diperlukan kontrol presisi dan kapasitas aliran yang tinggi.
- pompa hydraulic (hydraulic pump)** : komponen yang mengubah energi mekanis menjadi energi *hydraulic* dengan mengalirkan cairan hidrolik ke seluruh sistem.
- padfoot drum** : jenis drum pada *compactor* yang memiliki tonjolan atau “*padfoot*” pada permukaannya. Digunakan untuk memadatkan tanah berbutir kasar, seperti kerikil atau pasir
- PPC valve (proportional pressure control valve)** : katup yang digunakan untuk mengontrol tekanan dalam sistem *hydraulic* secara proporsional, memungkinkan perubahan tekanan yang halus dan terukur sesuai dengan kebutuhan operasi.
- pneumatik** : ilmu/hal-hal yang berhubungan dengan udara bertekanan.
- pressure control valve (katup pengontrol tekanan)** : katup yang mengatur tekanan dalam sistem *hydraulic*, menjaga agar tekanan tetap dalam batas yang ditentukan untuk mencegah kerusakan atau kegagalan sistem.
- pressure relief valve (katup pelepas tekanan)** : katup yang melindungi sistem *hydraulic* dari kelebihan tekanan dengan melepaskan cairan jika tekanan melebihi batas yang telah ditentukan pada saat *directional control valve* bekerja, letak valve ini di antar hidrolik pompa dan *directional control valve*.
- reservoir** : wadah penyimpanan cairan *hydraulic* dalam sistem. *Reservoir* juga membantu dalam menghilangkan panas dari cairan dan memungkinkan partikel kotoran mengendap.
- rectifier (penyearah)** : bagian dari alternator yang mengubah arus bolak-balik (AC) yang dihasilkan oleh alternator menjadi arus searah (DC) yang dapat digunakan oleh sistem kelistrikan dan untuk mengisi baterai.
- regulator** : komponen yang mengatur tegangan pada alternator alat berat untuk memastikan kestabilan tegangan di angka 27,5V – 29,5V serta mencegah kerusakan.
- resistance (hambatan)** : sifat material yang menahan aliran listrik dalam suatu rangkaian, diukur dalam ohm ( $\omega$ ).

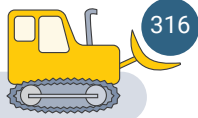
- ripper*** : peralatan tambahan yang dipasang di bagian belakang *bulldozer* atau *grader*, digunakan untuk merobek dan mengoyak tanah keras, batu, atau aspal sebelum dilakukan pekerjaan lebih lanjut
- scarifier*** : peralatan tambahan yang terpasang di bagian belakang *motor grader*, digunakan untuk merobek dan memecah lapisan tanah keras atau aspal sebelum perataan dilakukan oleh *blade*. *Scarifier* membantu dalam mempersiapkan permukaan untuk pekerjaan lebih lanjut
- skidder*** : alat berat yang digunakan untuk menyeret batang kayu dari lokasi penebangan ke area pengumpulan. *Skidder* bisa berupa model beroda atau berantai, dengan kemampuan manuver yang baik di medan yang sulit.
- sprocket*** : roda bergigi yang menggerakkan rantai *track*, mentransfer tenaga dari mesin ke rantai.
- straight frame*** : kerangka dasar atau sasis utama alat berat, mendukung struktur dan menahan beban
- saluran *hydraulic* (*hydraulic line*)** : pipa (*pipe*) atau selang (*hose*) yang digunakan untuk mengalirkan cairan *hydraulic* dari satu komponen ke komponen lainnya dalam sistem *hydraulic*.
- silinder *hydraulic* (*hydraulic cylinder*)** : jenis aktuator yang mengubah energi *hydraulic* menjadi gerakan linier, digunakan untuk mengangkat, mendorong, atau menarik beban.
- sistem terbuka (*open-loop system*)** : sistem *hydraulic* yang mana cairan mengalir dari pompa ke aktuator dan kemudian kembali ke reservoir.
- sistem tertutup (*closed-loop system*)** : sistem *hydraulic* yang mana cairan dikembalikan ke pompa setelah melewati sistem tanpa mengalir kembali ke *reservoir*.
- spool* (*spul*)** : komponen dalam katup pengontrol arah yang bergerak maju mundur untuk mengubah arah atau menghentikan aliran fluida. Bentuk dan posisi *spul* menentukan jalur aliran fluida dalam katup.
- safety valve* (katup pengaman)** : katup yang dirancang untuk melepaskan tekanan berlebih dalam sistem *hydraulic* guna mencegah kerusakan pada komponen atau kegagalan sistem pada saat *directional control valve neutral*, posisinya berada di antara aktuator dan *directional control valve*.

<b><i>safety relay (relai pengaman)</i></b>	: relai yang dirancang untuk tidak berputarnya <i>starting motor</i> saat <i>engine</i> telah <i>running</i> , agar tidak terjadi kerusakan pada <i>starting motor</i> dan <i>flywheel engine</i> .
<b><i>short circuit (korsleting)</i></b>	: kondisi di mana arus listrik mengambil jalur yang tidak diinginkan dengan resistansi rendah, menyebabkan arus berlebih yang bisa merusak komponen listrik.
<b><i>shop manual</i></b>	: buku panduan yang digunakan sebagai petunjuk pekerjaan perawatan dan perbaikan sebuah produk.
<b><i>synthetic oil</i></b>	: <i>base stock oil</i> yang dihasilkan dari proses reaksi bahan kimia dengan komposisi spesifik sehingga menghasilkan <i>base stock oil</i> dengan kualitas yang terencana dan terprediksi keandalannya.
<b><i>slip ring</i></b>	: komponen dalam generator ac yang memungkinkan aliran arus listrik ke atau dari rotor tanpa menghambat perputarannya.
<b><i>socket (soket)</i></b>	: tempat atau wadah yang dirancang untuk menerima dan menghubungkan komponen listrik seperti bola lampu atau konektor.
<b><i>split ring (cincin belah)</i></b>	: komponen dalam generator dc yang berfungsi sebagai komutator, memastikan arus yang dihasilkan tetap searah.
<b><i>starting switch (saklar starter)</i></b>	: saklar yang digunakan untuk mengaktifkan motor starter dengan mengalirkan arus dari baterai (melalui terminal c)
<b><i>track link</i></b>	: bagian yang menghubungkan <i>track shoe</i> dalam rantai <i>track</i> , memungkinkan pergerakan alat berat.
<b><i>track roller</i></b>	: roda di bawah alat berat yang mendukung rantai <i>track</i> dan mendistribusikan beban.
<b><i>track shoe</i></b>	: pelat logam pada sistem rantai yang bersentuhan dengan tanah, memberikan traksi dan stabilitas.
<b><i>track</i></b>	: sistem roda rantai yang digunakan pada alat berat seperti <i>excavator</i> atau <i>bulldozer</i> , memberikan stabilitas dan traksi yang baik di berbagai jenis medan.
<b><i>upper structure</i></b>	: bagian atas dari alat berat, seperti <i>excavator</i> atau <i>crane</i> , termasuk kabin, <i>boom</i> , <i>arm</i> , dan perlengkapan tambahan. <i>Upper structure</i> berputar di atas <i>lower structure</i> dan mengendalikan berbagai fungsi alat berat.

- undercharging*** : kondisi ketika alternator tidak menghasilkan cukup tegangan untuk mengisi baterai secara efektif yang dapat menyebabkan baterai cepat habis.
- viscosity index (VI)*** : suatu angka yang menunjukkan kestabilan *viscosity oil* terhadap perubahan suhu.
- vacuum valve (katup vakum)*** : katup yang berfungsi untuk mencegah tekanan negatif atau vakum yang tidak diinginkan dalam sistem, yang dapat menyebabkan kerusakan atau keruntuhan komponen.
- voltage regulator (regulator tegangan)*** : komponen yang mengatur tegangan yang dihasilkan oleh alternator agar sesuai dengan kebutuhan sistem kelistrikan dan mencegah *overcharging* baterai.
- wiring*** : kumpulan komponen yang dirangkai menjadi satu kesatuan dengan media kabel atau pipa atau selang yang memiliki fungsi tertentu.

# Daftar Pustaka

- Caterpillar. *Schematic -784C Tractor and 785C Off-Highway Truck Hydraulic Schematic*. Printed in USA, 1998.
- Caterpillar. *Schematic - 416C, 426C, 428C, 436C, 438C Backhoe Loaders Electrical System*. Printed in USA, 1996.
- Caterpillar. *Modul Teknisi Layanan Caterpillar: Fundamental Powertrain*, 2005.
- Caterpillar. *Modul Teknisi Layanan Caterpillar: Caterpillar Machine & Engine Designation*, 2005.
- “Diesel Engines,” Oil Categories. Diakses 22 Agustus 2024.  
<https://www.api.org/products-and-services/engine-oil/eolcs-categories-and-classifications/oil-categories#tab-diesel-c-categories>
- “Engine,” Energy Education. Diakses 22 Agustus 2024. <https://energyeducation.ca/encyclopedia/Engine>
- “Engine Oil Performance and Engine Service Classification (Other than “Energy Conserving”).” Publikasi 29 Agustus 2017. Diakses 22 Agustus 2024. [https://www.sae.org/standards/content/j183\\_201708/](https://www.sae.org/standards/content/j183_201708/)
- “Hydraulic and Pneumatic Symbols,” General Engineering. Diakses 22 Agustus 2024.  
<https://abdex.com/images/cataloguepdfs/Technical/General%20Engineering/Hydraulic%20and%20Pneumatic%20Symbols.pdf>
- Komatsu. *Shop Manual Dump Truck HD 785-7*: page 1807. Printed in Japan, 2010.
- Komatsu. *Shop Manual 107E-1 Series Engine*. Printed in USA, 2006.
- Komatsu. *Operation and Maintenance Manual: Hydraulic Excavator*. PC2000-8MO. Printed in Japan, 2012.
- Komatsu. *Operation and Maintenance Manual: Bulldozer*.D85E-SS-2A. Printed in Japan, 2001.
- Komatsu. *Shop manual. Engine. 107E-1 Series*. USA: Komatsu America Corp., 2006.
- Liebherr Indonesia Perkasa Training Centre. *Training Manual R974 B - R984 B Litronic*. Balikpapan: PT Liebherr Indonesia Perkasa. t.t.
- Toyota. *New Step 1 Training Manual*. Jakarta, 2011.
- Tim SMK Bidang Keahlian Teknologi dan Rekayasa Program Keahlian Teknik Alat Berat. *Modul Engine dan Unit Alat Berat*. Jakarta: United Tractors, 2020.

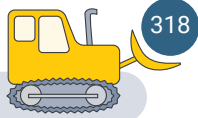


- Tim SMK Bidang Keahlian Teknologi dan Rekayasa Program Keahlian Teknik Alat Berat. *Hidrolik Alat Berat*. Jakarta: United Tractors, 2020.
- UT School. *Direct Drive System. Upskilling & Reskilling* Guru Kejuruan SMK. Jakarta: Yayasan Karya Bakti United Tractors, 2020.
- UT School. *Final Drive & Undercarriage. Upskilling & Reskilling* Guru Kejuruan SMK. Jakarta: Yayasan Karya Bakti United Tractors, 2020.
- UT School. *Torqflow Drive System. Upskilling & Reskilling* Guru Kejuruan SMK. Jakarta: Yayasan Karya Bakti United Tractors, 2020.
- UT School. *Steering dan Brake System 1, Basic Course 1*, Jakarta: United Tractor, 2008.
- United Tractor Tbk. (PT). *Steering Brake System: BC2 Magang Mechanic*. Training Center Dept., 2007.
- United Tractor Tbk. (PT). *Torqflow System, Basic Mechanic Course*. Training Center Dept., 2007

# Daftar Kredit Gambar

## Bab 1

- Gambar 1.1 [macrovector/freepik.com/2022 < https://www.freepik.com/free-vector/road-surface-background\\_26764678.htm#fromView=search&page=1&position=9&uuid=e3839b4e-3ae3-456b-b5f8-1e76bf9983e2>](https://www.freepik.com/free-vector/road-surface-background_26764678.htm#fromView=search&page=1&position=9&uuid=e3839b4e-3ae3-456b-b5f8-1e76bf9983e2) diakses pada 17 Oktober 2024.
- Gambar 1.3 Operation Maintenance Manual Komatsu D375-5
- Gambar 1.4 Rudi Harianto
- Gambar 1.5 Shop Manual Komatsu D375A-6
- Gambar 1.6 Shop Manual Komatsu D375-6
- Gambar 1.8 Product Knowledge/ United Tractors School/2008
- Gambar 1.9 Product Knowledge/ United Tractors School/2008
- Gambar 1.10 Komatsu. *Operation and Maintenance Manual: Hydraulic Excavator*. PC2000-8MO. Printed in Japan, 2012.
- Gambar 1.13 Komatsu. *Operation and Maintenance Manual: Hydraulic Excavator*. PC2000-8MO. Printed in Japan, 2012.
- Gambar 1.16 Operation Maintenance Manual Komatsu GD535-5
- Gambar 1.18 Specification and Application Handbook
- Gambar 1.20 Sumber: [https://www.cat.com/en\\_US/products/new/equipment/motor-graders/motor-graders/112280.html](https://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/motor-graders/motor-graders/112280.html)
- Gambar 1.24 Shop Manual Komatsu GD705-5
- Gambar 1.25 Operation Maintenance Manual Komatsu WA380-6; Shop Manual Komatsu WA380-5
- Gambar 1.28 Rudi Harianto
- Gambar 1.29 Shop Manual Komatsu WA380-5
- Gambar 1.30 Operation Maintenance Manual Komatsu HD785-7
- Gambar 1.32 [cat.com <https://www.cat.com/en\\_US/products/new/equipment/off-highway-trucks/off-highway-trucks/121420.html>](https://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/off-highway-trucks/off-highway-trucks/121420.html)
- Gambar 1.33 Shop Manual Komatsu HD785-7
- Gambar 1.35 Operation Maintenance Manual Komatsu HM400-3R
- Gambar 1.37 [cat.com <https://www.cat.com/en\\_US/products/new/equipment/articulated-trucks/three-axle-articulated-trucks/101640.html>](https://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/articulated-trucks/three-axle-articulated-trucks/101640.html)
- Gambar 1.38 Shop Manual Komatsu HM400-3R
- Gambar 1.39 Specification and Application Handbook
- Gambar 1.41 [catlifttruck.com https://www.catlifttruck.com/sites/default/files/documents/cebc2037-d.pdf](https://www.catlifttruck.com/sites/default/files/documents/cebc2037-d.pdf)
- [jungheinrichpartners.com.au < https://www.jungheinrichpartners.com.au/assets/Uploads/MSI-Range-Manitou.pdf>](https://www.jungheinrichpartners.com.au/assets/Uploads/MSI-Range-Manitou.pdf)
- Gambar 1.42 Shop Manual FB07, 09-2 dan FD15,18-1
- Gambar 1.43 Product Knowledge/ United Tractors School/2008
- Gambar 1.44 Product Knowledge/ United Tractors School/2008



Gambar 1.45 komatsu.com; Product Knowledge/ United Tractors School/2008

Gambar 1.46 Specification and Application Handbook; komatsuforest.com

Gambar 1.47 Specification and Application Handbook; komatsuforest.com; Product Knowledge/ United Tractors School/2008

Gambar 1.48 Specification and Application Handbook; komatsuforest.com; Product Knowledge/ United Tractors School/2008

Gambar 1.49 intrac.ee < <https://www.intrac.ee/john-deere-1470g-harvester/en>>

tigercat.com < <https://www.tigercat.com/wp-content/uploads/2019/09/1165-Harvester-1.4-1022-EN-web.pdf>>

Gambar 1.50 Specification and Application Handbook; komatsuforest.com; Product Knowledge/ United Tractors School/2008

## Bab 2

Gambar 2.1 *Shop Manual 776D, 777D, and 777D HAA, Tractor/Off-Highway*, Caterpillar/1999

Gambar dalam tabel 2.23: Ilustrasi oleh Amin Budiman

Gambar 2.3 *Operation & Maintenance Manual, Hydraulic Excavator PC200-8MO*, Komatsu, 2012; *Operation and Maintenance Manual, 776D and 777D Tractor/ Off-Highway Truck*, Caterpillar, 1999; *Operation and Maintenance Manual, R994 Litronic*, Liebherr

Gambar 2.4 OMM PC 200-8, halaman 2 - 5

Gambar 2.5 SM HD 785-3, dan SM Caterpillar G35.16E Generator Set

Gambar 2.6 Komatsu, 2010, *Shop Manual Dump Truck HD 785-7 pages 1807*, Printed in Japan

Gambar 2.7 Part book PC 300SE-7 *Hydraulic Excavator*, dan D7G Tractor Caterpillar

Gambar 2.8 Part book PC 30SE-7 *Hydraulic Excavator*

Gambar 2.9 Part Book PC 30SE-7 *Hydraulic Excavator*

Gambar 2.10 Shop Manual HD 785-7 (halaman 1797)

Gambar 2.13 Komatsu, 2010, *Shop Manual Dump Truck HD 785-7 pages 1807*, Printed in Japan

Gambar 2.14 (soal asesmen) Komatsu, 2010, *Shop Manual Dump Truck HD 785-7 pages 1807*, Printed in Japan

Gambar 2.15 Komatsu, 2010, *Shop Manual Dump Truck HD 785-7 pages 1807*, Printed in Japan

## Bab 3

Gambar 3.1 cummins.com/2016

< <https://www.cummins.com/news/releases/2023/02/13/cummins-announces-new-x10-engine-next-fuel-agnostic-series-launching-north>. Diakses pada 07-10-2024.>

Gambar 3.2 Columbus, Ind./cummins.com/2023

< <https://www.cummins.com/news/2016/04/13/does-cummins-make-worlds-best-diesel-engines>.>

Gambar 3.4 cummins.com/2016

< <https://www.cummins.com/news/releases/2023/02/13/cummins-announces-new-x10-engine-next-fuel-agnostic-series-launching-north>. Diakses pada 07-10-2024.>

Gambar 3.5 Caterpillar/cat.com

< [https://www.cat.com/en\\_ID/by-industry/electric-power/product-support/services-and-repair-options/cylinder-head-repair-options.html](https://www.cat.com/en_ID/by-industry/electric-power/product-support/services-and-repair-options/cylinder-head-repair-options.html)>

Gambar 3.6 Bartłomiej Bulicz/commons.wikimedia/2012 dan howacarworks.com

<[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Side-valve\\_engine\\_with\\_Ricardo%27s\\_turbulent\\_head\\_01.png#/media/File:Side-valve\\_engine\\_with\\_Ricardo's\\_turbulent\\_head\\_01.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Side-valve_engine_with_Ricardo%27s_turbulent_head_01.png#/media/File:Side-valve_engine_with_Ricardo's_turbulent_head_01.png)>

<https://www.howacarworks.com/illustrations/engine-with-overhead-camshaft>

<https://www.howacarworks.com/basics/the-engine-how-the-valves-open-and-close>

Gambar 3.7 [https://www.dieselhub.com/tech/idi-vs-di.html#google\\_vignette](https://www.dieselhub.com/tech/idi-vs-di.html#google_vignette)

Gambar 3.8 [researchgate.net](https://www.researchgate.net).

<[https://www.researchgate.net/figure/Indirect-injection-combustion-chambers-a-Swirl-combustion-chamber-b-pre\\_fig2\\_338988946](https://www.researchgate.net/figure/Indirect-injection-combustion-chambers-a-Swirl-combustion-chamber-b-pre_fig2_338988946)>

Gambar 3.9 <https://www.semanticscholar.org/>

Gambar 3.10 [sandvik.coromant.com](https://www.sandvik.coromant.com)

<https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/industry-solutions/automotive/engine/cylinder-block>

Gambar 3.11 [enginefixuk.com](https://enginefixuk.com) < <https://enginefixuk.com/engine-products/pistons/>>

Gambar 3.12 [enginefixuk.com](https://enginefixuk.com) <<https://enginefixuk.com/engine-products/cylinder-liners/>>

Gambar 3.13 [parts.cat.com](https://parts.cat.com). < <https://parts.cat.com/en/catcorp/331-0292>>

Gambar 3.14 <https://autoprotoway.com/what-is-crankshaft/>

Gambar 3.15 [https://www.researchgate.net/figure/A-schematic-of-a-turbocharging-system\\_fig8\\_260878177](https://www.researchgate.net/figure/A-schematic-of-a-turbocharging-system_fig8_260878177)

Gambar 3.16: Shop Manual 107E-1 series Engine, Komatsu, 2006, Printed in USA

Gambar 3.17 Shop Manual 107E-1 series Engine, Komatsu, 2006, Printed in USA

Gambar 3.18 [parts.cat.com](https://parts.cat.com); [engineaire.com](https://engineaire.com)

Gambar 3.19 [trucksales.com.au](https://www.trucksales.com.au)

< <https://www.trucksales.com.au/editorial/details/the-importance-of-clean-air-138464/>>

Gambar 3.20 [turbodynamics.co.uk](https://www.turbodynamics.co.uk)

Gambar 3.21 [cummins.com](https://www.cummins.com). <<https://www.cummins.com/components/turbochargers>>

Gambar 3.22 [engineeringstuff.co.in](https://www.engineeringstuff.co.in) < <https://www.engineeringstuff.co.in/fuel-system-of-diesel-engine-explained-in-detail/>>

Gambar 3.23 [dieselnet.com](https://www.dieselnet.com).< [https://dieselnet.com/tech/diesel\\_fi\\_pln.php](https://dieselnet.com/tech/diesel_fi_pln.php)>

Gambar 3.24 [engihub.com](https://www.engihub.com) < <https://www.engihub.com/requirement-of-fuel-filter-in-engine/>>

Gambar 3.25 Buku *New Step 1 Training Manual* Toyota, Jakarta, 2011

Gambar 3.26 [boschaftermarket.com](https://www.boschaftermarket.com)

Gambar 3.28 Buku *New Step 1 Training Manual* Toyota, Jakarta, 2011

Gambar 3.29 Buku *New Step 1 Training Manual* Toyota, Jakarta, 2011

Gambar 3.30 Buku *New Step 1 Training Manual* Toyota, Jakarta, 2011

Gambar 3.31 [championautoparts.com](https://www.championautoparts.com)

< <https://www.championautoparts.com/en-gb/news/spark-plugs-glow-plugs.html>>

Gambar 3.32 *Shop Manual* 107E-1 series Engine, Komatsu, 2006, Printed in USA

Gambar 3.33 [liebherr.com](https://www.liebherr.com)

<<https://www.liebherr.com/en/usa/products/components/injection-systems/high-pressure-pumps/details/commonrailhighpressurepump1p92.html>>

Gambar 3.34 [cat.com](https://www.cat.com) <[https://www.cat.com/id\\_ID/support/technology/tier-4-technology/fuel-systems.html](https://www.cat.com/id_ID/support/technology/tier-4-technology/fuel-systems.html)>

Gambar 3.35 [boschaftermarket.com](https://www.boschaftermarket.com)

< [https://www.boschaftermarket.com/xrm/media/images/country\\_specific/ke/xx\\_pdf\\_7/diesel\\_system\\_components\\_brochure\\_en\\_80732.pdf](https://www.boschaftermarket.com/xrm/media/images/country_specific/ke/xx_pdf_7/diesel_system_components_brochure_en_80732.pdf)>

Gambar 3.36 cummins.com < <https://www.cummins.com/news/2023/11/03/what-electronic-control-module-ecm>>

Gambar 3.37 *Shop Manual* 107E-1 series Engine , Komatsu, 2006, Printed in USA

Gambar 3.38 parts.cat.com. <: <https://parts.cat.com/en/catcorp/511-7975>>

Gambar 3.39 *Shop Manual* 107E-1 series Engine, Komatsu, 2006, Printed in USA

Gambar 3.40 valutechinc.com.

< <https://www.valutechinc.com/products/heat-exchangers/hydraulic-oil-coolers>>

Gambar 3.41 *Shop Manual* 107E-1 series Engine , Komatsu, 2006, Printed in USA

Gambar 3.42 OMM PC 200–8 Halaman 4

Gambar 3.43 tacomatruck.repair

< <https://tacomatruck.repair/blog/engine-cooling-system-and-what-it-consists-of>>

Gambar 3.44 *Shop Manual* 107E-1 series Engine , Komatsu, 2006, Printed in USA

Gambar 3.45 agcoauto.com.< : [https://www.agcoauto.com/content/news/p2\\_articleid/191](https://www.agcoauto.com/content/news/p2_articleid/191)>

Gambar 3.46, 3.47, 3.48 *New Step 1 Training Manual* Toyota, Jakarta, 2011

## Bab 4

Gambar 4.1 [macrovector/freepik.com/2020](https://www.freepik.com/free-vector/house-construction-composition_9398264.htm#fromView=search&page=2&position=10&uuid=06b50af0-3de1-449f-a306-ce14766ddfca)

<[https://www.freepik.com/free-vector/house-construction-composition\\_9398264.htm#fromView=search&page=2&position=10&uuid=06b50af0-3de1-449f-a306-ce14766ddfca](https://www.freepik.com/free-vector/house-construction-composition_9398264.htm#fromView=search&page=2&position=10&uuid=06b50af0-3de1-449f-a306-ce14766ddfca),>

Gambar 4.6 <https://komatsu.sabacloud.com/>

Gambar 4.12 <https://komatsu.sabacloud.com/>

Gambar 4.31 <https://komatsu.sabacloud.com/>

Gambar 4.33 <https://komatsu.sabacloud.com/>

## Bab 5

Gambar 5.9 s.d. 5.12 Komatsu: Basic Electric,2018

Gambar 5.16; 5.18 Komatsu: Basic of Electrical Component, 2018

Gambar 5.27 Komatsu: Basic of Electrical Component, 2018

Gambar 5.28,s.d. 5.35 Training Aid, Unit Instruction Manual Komatsu Electrical System

Gambar 5.36 Komatsu: Basic of Electrical Component, 2018

Gambar 5.37 Komatsu: Basic of Electrical Component, 2018

Gambar dalam Tabel 5.5 Yoshihiko-sirasaka: Starter motor and alternator inspection sheet-2022

Gambar 5.38 *Shop Manual* Komatsu D85SS-2A

Gambar 5.39, 5.40, 5.41, 5.42, 5.43 Training Aid, Unit Instruction Manual Komatsu Electrical System

Gambar Soal Asesmen: Yoshihiko-sirasaka: Starter motor and alternator inspection sheet-2022

Gambar 5.45 Yoshihiko-sirasaka: Starter motor and alternator inspection sheet-2022

Gambar dalam Tabel 5.6 Yoshihiko-sirasaka: Starter motor and alternator inspection sheet-2022

## Bab 6

Gambar 6.1 brgfx/freepik.com/2021

Gambar 6.4 *Basic Mechanic Course Torqflow System*/PT United Tractors Tbk, Training Center Dept/2007.

Gambar 6.6 *Modul Direct Drive System UT School*/2009

Gambar 6.7 *Modul Direct Drive System UT School*/2009

Gambar 6.9 Modul Teknisi Layanan Caterpillar, *Fundamental Power Train*/2005

Gambar 6.10 *Modul Direct Drive System UT School*/2009

Gambar 6.11 *Modul Direct Drive System UT School*/2009

Gambar 6.12; 6.13; 6.14 *Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Caterpillar Machine & Engine Designation*/2005

Gambar dalam tabel 6.2 dan 6.4 *Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Fundamental Power Train*/2005

Gambar 6.17 *Basic Mechanic Course Torqflow System*, PT United Tractors Tbk, Training Center Dept./2007

Gambar 6.18 *Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Fundamental Power Train*/2005

Gambar 6.19 *Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Fundamental Power Train*/2005

Gambar dalam Tabel 6.5 *Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Caterpillar Machine & Engine Designation*/2005

Gambar dalam Tabel 6.6 Modul Teknisi Layanan Caterpillar, *Fundamental Power Train*,” 2005

Gambar dalam Tabel 6.7 *Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Caterpillar Machine & Engine Designation*/2005

Gambar 6.21, 6.22, 6.23 *Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Fundamental Power Train*/2005

Gambar 6.22 *Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Fundamental Power Train*/2005

## Bab 7

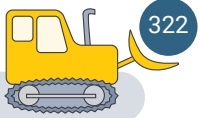
Gambar 7.1 United Tractors/2023 (#UTTtips - Penggantian Engine Oil & Engine Oil Filter) <[https://youtu.be/JR6D3COY0pI?si=9BOE\\_9gvEcGZldml](https://youtu.be/JR6D3COY0pI?si=9BOE_9gvEcGZldml)>

Gambar 7.2 s.d. 7.12 OMM PC 200-8M0

Gambar 7.13 *Basic Maintenance*, Pendidikan Dasar Alat Berat/UT School/2020

Gambar 7.15 *Basic Maintenance*, Pendidikan Dasar Alat Berat/UT School/2020

Gambar 7.16 *Basic Maintenance*, Pendidikan Dasar Alat Berat/UT School/2020



# Daftar Sumber Tautan Artikel dan Video YouTube

## Bab 1

Aktivitas 1.3 <https://www.komatsu.com/en/products/forklifts/> dan

<https://www.komatsuforest.com/>

Unit model alat berat: <https://products.unitedtractors.com/en/brand/komatsu/> dan <https://images.app.goo.gl/8igc3ocisEYz5PueA>

Aktivitas 1.4

1. [https://www.edrawsoft.com/ad/edrawmind-mind-map.html?msclkid=6835f1f8af961a67f3c0974028095805&utm\\_source=bing&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=YT\\_Mind\\_SS\\_EN\\_Generic\\_M\\_pid\(5667\)\\_Google0710&utm\\_term=mind%20map&utm\\_content=Map%3A%20mind%20map](https://www.edrawsoft.com/ad/edrawmind-mind-map.html?msclkid=6835f1f8af961a67f3c0974028095805&utm_source=bing&utm_medium=cpc&utm_campaign=YT_Mind_SS_EN_Generic_M_pid(5667)_Google0710&utm_term=mind%20map&utm_content=Map%3A%20mind%20map)
2. <https://www.bomag.com/ww-en/>
3. <https://www.tadano.com/businesses/products/LC/index.html>
4. <https://www.scania.com/>

Pengayaan:

1. Komatsu Hydraulic Excavator, Komatsu Europe International  
<https://www.youtube.com/watch?v=-uO0nqY0Auc&list=PLPvXQ1MhSS2suQ1zgUrPf2TfnpWiSEKDE&index=4>
2. <https://www.youtube.com/watch?v=-uO0nqY0Auc&list=PLPvXQ1MhSS2suQ1zgUrPf2TfnpWiSEKDE&index=4>

3. <https://www.youtube.com/watch?v=-uO0nqY0Auc&list=PLPvXQ1MhSS2suQ1zgUrPf2TfnpWiSEKDE&index=4>

4. Baumaschinen fur heute und fur morgen x Bomag Innovation Days  
<https://www.youtube.com/watch?v=-uO0nqY0Auc&list=PLPvXQ1MhSS2suQ1zgUrPf2TfnpWiSEKDE&index=4>

5. Komatsu 951XC (DE). Komatsu Forest, 2023  
<https://www.youtube.com/watch?v=smvjnySzhBY>

6. WA800-8&HD785-8-Komatsu at Bauma 2022, Komatsu Europe International N.V, 2022  
[https://www.youtube.com/watch?v=2xaHyQ8Aq\\_g](https://www.youtube.com/watch?v=2xaHyQ8Aq_g)

7. Komatsu D375A-8 Large Dozer working at the top of Alps Mountain. Komatsu Europe International N.V, 2020.  
<https://www.youtube.com/watch?v=-uO0nqY0Auc&list=PLPvXQ1MhSS2suQ1zgUrPf2TfnpWiSEKDE&index=4>

8. Tadano, CSPI-EXPO 2024. Tadano, 2024  
<https://www.youtube.com/watch?v=-uO0nqY0Auc&list=PLPvXQ1MhSS2suQ1zgUrPf2TfnpWiSEKDE&index=4>

## Bab 2

Pengayaan: Membaca Gambar/Skematik Diagram Elektronika-Teknik Elektronika. Direktorat SMK, Kemendikbud, 2022. <<https://www.youtube.com/watch?v=Btp3hl8kw8o>>

### Bab 3

Pengayaan:

1. How a Diesel Engine Works, Shell, 2014  
<http://bit.ly/3WVzWZz>
2. Jones & Barket Learning LLC. Section III, Diesel Fuel Systems. <https://bit.ly/3Ax63XO>  
<https://bit.ly/4fQr7sw>
3. James P. Mack, dkk. Diesel Engine Technology: Fundamentals, Service, Repair. Ninth Edition, USA: The Goodheart-Wilcox Company, Inc., 2022.  
<https://bit.ly/4fQr7sw>
4. Bosch Automotive Na. “Bosch Glow Plugs”. YouTube, 2015  
<https://www.youtube.com/watch?v=9hIbT8-rS7E>

### Bab 4

Aktivitas 4.1:

1. Margo\_rdjo. “Hydraulic Basic Course – Lesson 1, 2020. < <https://youtu.be/roWnqLuDM4s>>
2. Margo\_rdjo. “Hydraulic Basic Course – Lesson 2, 2020. < <https://youtu.be/XnTun21KSyI>>
3. Margo\_rdjo. “Hydraulic Basic Course – Lesson 3, 2020. < <https://youtu.be/S6waEG2F060>>
4. Margo\_rdjo. “Hydraulic Basic Course – Lesson 4, 2020. <<https://youtu.be/opN1rVsXP2o>>

Aktivitas 4.2:

1. Margo\_rdjo. “Hydraulic Basic Course – Lesson 29 <<https://youtu.be/GzYeHrZzZJk>>
2. Margo\_rdjo. “Hydraulic Basic Course – Lesson 6 <<https://youtu.be/QZ-3VUf3gtg>>
3. Margo\_rdjo. “Hydraulic Basic Course – Lesson 5  
< <https://www.youtube.com/watch?v=9LLG1mn23ZE>>

4. Margo\_rdjo. “Hydraulic Basic Course – Lesson 7 <<https://youtu.be/51r00dkqEHk>>

Aktivitas 4.3:

1. Margo\_rdjo. “Hydraulic Basic Course – Lesson 23 <[https://youtu.be/m3\\_zZMlptJ0](https://youtu.be/m3_zZMlptJ0)>
2. Margo\_rdjo. “Hydraulic Basic Course – Lesson 24 <https://youtu.be/sUPb80V360I>

Aktivitas 4.6

1. Margo\_rdjo. “Hydraulic Basic Course – Lesson 12 < <https://youtu.be/xAcO-dq5FU0>>
2. Margo\_rdjo. “Hydraulic Basic Course – Lesson 13 <<https://youtu.be/Xv4RKqojEBc>>
3. Margo\_rdjo. “Hydraulic Basic Course – Lesson 14 < <https://youtu.be/gXwPADbhJJo>>
4. Margo\_rdjo. “Hydraulic Basic Course – Lesson 15 < <https://youtu.be/SIHCWmaHSnM>>
5. Margo\_rdjo. “Hydraulic Basic Course – Lesson 16 <https://youtu.be/i4FR3FJwqNM>

Aktivitas 4.7

1. Margo\_rdjo. “Hydraulic Basic Course – Lesson 25 <https://youtu.be/5Eg9elF4JII>
2. Margo\_rdjo. “Hydraulic Basic Course – Lesson 30 < <https://youtu.be/XnMxE938AMw>>

Halaman 44 Hydraulic Motor

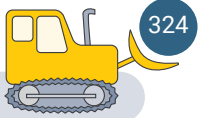
1. Margo\_rdjo. “Hydraulic Basic Course – Lesson 10 <<https://youtu.be/VEgmn-Rhe6s>>
2. Margo\_rdjo. “Hydraulic Basic Course – Lesson 11 <[https://youtu.be/LKKBK9ia\\_emg](https://youtu.be/LKKBK9ia_emg)>

Aktivitas 4.9

1. Margo\_rdjo. “Hydraulic Basic Course – Lesson 31< <https://youtu.be/u1cTiCnBS3A>>
2. Margo\_rdjo. “Hydraulic Basic Course – Lesson 29 <<https://youtu.be/GzYeHrZzZJk>>

Aktivitas 4.11

1. Margo\_rdjo. “Blowby Pressure Measurement at Hydraulic Excavator Komatsu PC210LC-10”, 2023. <https://youtu.be/GaLcwuoumji>>



2. Technical Development Corpu UT. "PPM Engine: PC300-8: Pengukuran Engine Speed, 2023. <https://www.youtube.com/watch?v=qt4dfaeWaFE>
3. Technical Development Corpu UT. "PPM Chasiisi: PC300-8: Pengukuran Travel Main Relief Oil Pressure", 2023. <https://youtu.be/5LotINOb9YQ>
3. Margo\_rdjo. "Growler Tester and Drop Test", 2021 <https://youtu.be/A2mbJAVUe6c>
4. Margo\_rdjo. "Simply Growler Tester," 2021. <https://youtu.be/6WwvnXX-v-E>
5. Margo\_rdjo. "How to Check Armature Damage," 2021. <https://youtu.be/nkzYLUhG1CI>
6. SeputarAlatBerat123. "Measuring Insulation Armature,"

#### Pengayaan

1. Margo\_rdjo. "Hydraulic Basic Course – Lesson 27, 2020. <https://youtu.be/zjA9JlCbwk>
2. Margo\_rdjo. "Hydraulic Basic Course – Lesson 34, 2020. <<https://youtu.be/PVIKwrSEMRA>
3. Margo\_rdjo. "Hydraulic Basic Course – Lesson 28, 2020. <<https://youtu.be/gj4FerDM0hM>
4. Margo\_rdjo. "Hydraulic Basic Course – Lesson 35, 2020. < <https://youtu.be/kIp9PeQBuOM>>
5. Margo\_rdjo. "Hydraulic Basic Course – Lesson 32, 2020. < [https://youtu.be/amaph\\_y9VHU](https://youtu.be/amaph_y9VHU)>

### Bab 5

#### Pengayaan

1. 11, 2020. < <https://youtu.be/E5Kbdx5CNzk>>
2. Komatsu Europe International N.V. "Komatsu Bulldozer with Intelligent Machine Control", 2016. <https://www.youtube.com/watch?v=eZU8SCz8I5A>

<https://www.youtube.com/shorts/JKSHpH4KUZY>

### Bab 7

#### Pengayaan

Pemeriksaan *engine oil level* pada *excavator*: United Tractors/Pemeriksaan *Engine Oil Level* pada *Excavator/2024*

< <https://www.youtube.com/watch?v=J96Eg9ouupU>>

Pemeriksaan *fuel level* pada *excavator*: United Tractors/Pemeriksaan *Fuel Level* pada *Excavator/2024*

<https://youtu.be/Iay3Z3PgFkA?si=Gnsuc2KKpbzAEaMn>

Pemeriksaan *hydraulic oil level* pada *excavator*: United Tractors/Pemeriksaan *Hydraulic Oil Level* pada *Excavator/2024* <<https://youtu.be/1QBYCWGwyE8?si=cLLINbcFYI3X3L-B>>

# Indeks

## A

*accumulator* 63, 187  
*actuator* 59, 68, 146  
*alternator* 214, 216, 223, 224, 225, 228, 231,  
256, 307, 308, 309, 311, 312, 314, 321  
*arm* 23, 39, 107, 192, 283, 307, 314  
*attachment* 10, 15, 81, 173

## B

*backhoe* 14, 24, 315  
*baterai* 49, 200, 201, 213, 214, 215, 217, 218,  
219, 220, 221, 223, 224, 230, 231, 233, 307,  
308, 310, 311, 312, 314  
*battery* 39, 40, 51, 125, 215, 217  
*blade* 5, 18, 38, 43, 209, 249, 280  
*bulldozer* 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 15, 51, 52, 53, 145,  
183, 245, 307, 312

## C

*circuit* 171, 175, 215, 223, 308, 313  
*compactor* 17, 24, 47, 50, 53, 311  
*connector* 120, 127, 209, 210  
*cooling* 8, 98, 134, 137  
*crane* 3, 48, 50, 53, 145, 237, 314, 318  
*current* 73, 224

## D

*diagram* 56, 86, 88, 89, 208, 228, 324  
*diesel* 37, 38, 39, 40, 49, 97, 98, 100, 102, 133  
*diode* 77, 78

*dump* 2, 22, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 36,  
37, 46, 47, 48, 49, 52, 84, 91, 93, 94, 246,  
283, 315, 319

*dump truck* 2, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 36,  
37, 46, 47, 48, 49, 84, 91, 93, 94, 246

## E

*electric* 38, 69, 236, 238, 256, 269, 319  
*elektrik* 56, 58, 71, 83, 84, 86, 88, 89, 90, 92,  
93, 94, 95, 98, 164, 200, 214, 217, 224, 229,  
238  
*elektronik* 71  
*excavator* 3, 9, 10, 12, 14, 15, 26, 50, 52, 53,  
145, 154, 171, 173, 187, 188, 189, 190, 191,  
192, 237, 269, 282, 306, 307, 309, 310

## F

*field coil* 309  
*flow control* 63, 66, 161, 176, 178, 309  
*fuel* 12, 44, 81, 83, 98, 99, 100, 101, 103, 109,  
113, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 126,  
127, 128, 129, 133, 140, 142, 285, 306, 319,  
320, 325  
*fuse* 75, 90, 93, 200, 209

## G

*gear* 7, 8, 9, 25, 29, 33, 127, 130, 133, 152, 153,  
154, 155, 184, 218, 219, 242, 243, 245, 246,  
253, 254, 255, 260, 261, 266, 309, 311  
*generator* 224, 256, 308, 309, 313  
*ground* 6, 31, 72, 215, 216, 231, 309  
*grounding* 309



## H

*harvester* 42, 43, 44, 45, 53, 318

*hydraulic* iv, 2, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 20, 23, 25, 26, 29, 33, 37, 50, 52, 53, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 67, 69, 70, 83, 84, 85, 86, 88, 93, 95, 133, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 158, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 167, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 176, 177, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 194, 195, 197, 198, 248, 257, 258, 266, 267, 269, 275, 276, 277, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 313

## I

*idler* 263, 264, 283, 310

*intake* 49, 98, 100, 101, 102, 103, 104, 107, 110, 113, 114, 115, 116, 122, 140, 310

## J

*joint* 7, 9, 187, 197, 198, 255, 263

## K

*katup* 146, 151, 152, 164, 165, 167, 169, 170, 177, 195, 197, 198, 308, 309, 310, 311, 312, 313

## L

*loader* 2, 21, 23, 24, 25, 34, 48, 245, 258

*lubricating* 98, 129

## M

*magnetic switch* 215, 217, 218, 310

*manual book* 160, 178, 191, 208, 221, 222, 228, 310

*mekanik* 13, 29, 51, 52, 57, 71, 80, 83, 85, 99, 111, 128, 142, 145, 152, 180, 184, 194, 195, 270, 296, 304, 306, 310

*motor grader* 17, 18, 19, 35, 51, 53, 307, 312

*multi grade iil* 132

## O

*ohm* 126, 204

*oil cooler* 131, 144, 189

*operation* 5, 11, 18, 23, 27, 31, 56, 80, 81, 132, 138, 185, 279, 284, 290, 293, 306

*operator* 12, 59, 171, 267, 304

*overcharging* 311, 314

*overdrive* 311

## P

*piston* 49, 102, 103, 109, 110, 111, 112, 113, 131, 147, 148, 149, 152, 158, 159, 164, 168, 174, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 311

*pompa* 116, 122, 127, 146, 147, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 163, 165, 167, 169, 170, 171, 172, 174, 183, 184, 188, 192, 194, 257, 267, 311, 312, 313

*power* 4, 7, 8, 13, 16, 20, 25, 29, 33, 34, 35, 36, 39, 40, 41, 46, 73, 101, 102, 103, 104, 105, 147, 235, 236, 238, 242, 249, 250, 251, 253, 254, 256, 257, 266, 267

*power train* 7, 8, 13, 16, 20, 25, 29, 33, 34, 35, 36, 40, 41, 46, 235, 236, 238

## R

*regulator* 151, 214, 223, 224, 225, 308, 312, 314

*relay* 77, 214, 215, 216, 217, 219, 220, 221, 230, 231, 313

*resistance* 30, 189, 312

*ripper* 17, 18, 19, 52, 195, 312

## S

*safety relay* 215, 216, 217, 220, 221, 230, 231, 313

*safety valve* 173, 175

*scarifier* 18, 19, 312

*silinder* 70, 71, 104, 105, 149, 180, 184

*simbol* 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 86, 89, 90, 92, 207, 208, 210, 213, 215, 274, 275, 276, 277, 286

*skidder* 312

*spool* 163, 164, 165, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 188, 311, 313

*sprocket* 263, 264, 265, 285, 286, 312

*starting motor* 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 313

*synthetic oil* 313

## T

*track* 6, 7, 12, 52, 238, 245, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 283, 284, 307, 310, 312, 314

*track link* 263, 265, 314

*track roller* 5, 264

*track shoe* 5, 8, 9, 153, 255, 264

## U

*undercarriage* 235, 236, 262, 263, 295, 316

*undercharging* 314

*upper* 10, 134, 137, 187, 283, 314

## V

*vacuum valve* 138, 314

*valve* 13, 25, 29, 58, 59, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 92, 93, 102, 103, 106, 107, 108, 116, 121, 122, 123, 127, 128, 130, 131, 134, 135, 136, 138, 144, 146, 151, 152, 159, 161, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 181, 182, 183, 184, 187, 188, 194, 197, 198, 257, 258, 267, 304, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 319

*viscosity* 66, 132, 314

*voltage* 204, 279

## W

*wire* 204, 207

*wiring* 91, 206, 207, 314



# Biodata Pelaku Perbukuan

## Penulis



### Email

margono@  
unitedtractors.com

### Instansi

PT United Tractors Tbk

### Alamat Instansi

Jl. Raya Bekasi Km. 22,  
Cakung, Jakarta Timur  
13910

### Bidang Keahlian

*Heavy Equipment  
Expertise*

## Ir. Margono, S.T., M.Pd., IPP

### Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Expertise di PT United Tractors Tbk
2. Lecturer pada Program Praktisi Mengajar Kemendikbud RI

### Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. Professional Program for Engineers – Universitas Indonesia
2. Master of Education Mechanical Engineering - Univesitas Negeri Yogyakarta

### Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Buku Ajar SMK Binaan United Tractors (SOBAT) - 2020
2. SOBAT Magazine 2021\_Implemtasi 8+i (Link & Match)

### Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Development of Web-Based Digital Learning Platform and Software Application for Vocational Education - 2023
2. The Effectiveness of the Center of Excellence Vocational High School (PK) Program Matched Funding Scheme (SPD) on Improving Student Competence at United Tractors Assisted Vocational Schools (SOBAT) in Samarinda - 2024





## Rudi Harianto, S.T., M.Pd.

### Email

mr.rudi.harianto@gmail.com

### Instansi

SMK Negeri 6  
Samarinda

### Alamat Instansi

Jl. Batu Cermin, No. 40,  
RT. 05, Kel. Sempaja  
Utara, Kec. Samarinda  
Utara

### Bidang Keahlian

Teknik Alat Berat

### Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Guru Mapel Teknik Alat Berat
2. Guru Mapel Teknik Kendaraan Ringan
3. Kepala Program Keahlian Teknik Otomotif
4. Ketua LSP P1 SMKN 6 Samarinda

### Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. S-1 Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Malang, 1997-2001
2. S-2 Manajemen Pendidikan Islam IAIN Samarinda, 2016-2020

### Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

Tidak ada

### Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

Tidak ada





## Edi Fakhrin, S.Pd.

### Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

Guru Mapel Kejuruan Teknik Alat Berat

### Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

S-1 Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Negeri Yogyakarta, 1995–2001

#### Email

fakhrinedi@yahoo.co.id

#### Instansi

SMK Negeri 5  
Banjarmasin

#### Alamat Instansi

Jl. Sutoyo S. No.330  
Banjarmasin,  
Kalimantan Selatan

#### Bidang Keahlian

Teknik Alat Berat

### Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Perancangan Sistem Kontrol Kendaraan, Kelas XII, Penerbit Liniswara, 2022
2. Konversi Energi Kendaraan Ringan, Penerbit Liniswara, 2023

### Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

Tidak ada



## Penelaah



### Email

wakid\_m@uny.ac.id

### Instansi

UNY

### Alamat Instansi

Jl. Colombo No. 1  
Yogyakarta

### Bidang Keahlian

Teknik Otomotif

## Dr. Ir. Muhkamad Wakid, S.Pd., M.Eng.

### Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Dosen Otomotif FT UNY
2. Asesor Kompetensi LSP Teknik Otomotif
3. Wakil Ketua LSP Karaton Ngayogyakarta Hadiningrat
4. Ketua/Wakil Ketua LSP UNY
5. Asesor Program Guru Penggerak Kemdikbud
6. Reviewer, Penilai, dan Penelaah Buku Teks SMK
7. Wakil Ketua Ikatan Asesor Profesional Cabang DIY

### Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. S-3 Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, UNY, 2024
2. Profesi Insinyur, UNY, 2019
3. S-2 Teknik Mesin, UGM, 2009
4. S-1 Teknik Mesin, UNY, 2002

### Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Pembelajaran IPA Berbasis *Mobile Inquiry Learning* Menyongsong Era *Society 5.0* – 2024
2. Permainan & Dolanan Tradisional Anak Sendangsari - 2024

### Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Artikel Jurnal, "Learning-Oriented Assessment: A Systematic Literature Network Analysis".
2. Artikel Jurnal, "Factors Affecting Students' Academic Performance: Self-Efficacy, Digital Literacy, and Academic Engagement Effects".
3. Artikel Jurnal, "Numerical Modelling and Analysis of Externally Blown Heated Pipes Applicable for Furnace".

### Informasi Lain:

<https://drive.google.com/file/d/17ljsuiacXxHdvSU4QrOLbByH50kEkDh/view?usp=sharing>





## Dr. Suyitno, M.Pd.

### Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Dosen
2. Peneliti
3. Penulis Buku

### Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. Sarjana di Pendidikan Teknik Otomotif (S.Pd.T), Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia (2004-2009)
2. Master di Pendidikan Teknologi dan Kejuruan (M.Pd.) Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia (2009-2011)
3. Doktor di Pendidikan Teknologi dan Kejuruan (Dr.), Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia, (2013-2017)

### Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Work Based Learning Terintegrasi, Konsep, Strategi dan Implementasi dalam Pendidikan Kejuruan
2. Power Train, Sistem Pemindah Daya Otomotif
3. Metodologi Penelitian Tindakan Kelas, Eksperimen dan R & D
4. Listrik dan Elektronika Otomotif
5. Pendidikan Vokasi dan Kejuruan, Strategi dan Revitalisasi Abad 21
6. Team Based Project Listrik dan Elektronika Otomotif
7. Asistensi Mengajar Pendidikan Teknik Otomotif
8. Pembelajaran Jarak Jauh Sistem Pemindah Tenaga Otomotif
9. Alat dan Pengukuran Teknik
10. Karya Tulis Ilmiah Dilengkapi Strategi Publikasi di Jurnal

### Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Model Praktik Industri Berbasis *Work Based Learning* (PI-WBL) pada Calon Guru Teknik Otomotif
2. Diklat *Online* Sepeda Motor bagi Masyarakat Wonosobo
3. Pengembangan Jobsheet untuk SMK
4. Model Praktik Industri Berbasis *Work Based Learning* (PI-WBL) pada Calon Guru Teknik Otomotif

#### Email

yitno@umpwr.ac.id

#### Instansi

Universitas  
Muhammadiyah  
Purworejo

#### Alamat Instansi

Jl. KH. Dahlan No. 3  
Purworejo, Jawa Tengah

#### Bidang Keahlian

Pendidikan Teknik  
Otomotif





### Email

yopisartika@gmail.com

### Bidang Keahlian

Penyuntingan dan  
Penulisan Naskah

## Yopi Sartika

### Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Asesor di LSP Penulis dan Editor Profesional
2. Editor di Rasaki Akademia

### Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

S-1, Kimia, FMIPA, Universitas Andalas, Padang, 1996-2000

### Judul Buku (Karya Sunting) dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Metodologi Riset dan Penulisan Ilmiah, 2024, Rasaki Akademia-FBM Solusindo.
2. Kimia Anorganik I, 2023, Rasaki Akademia-FBM Solusindo.
3. Dasar-Dasar Agroteknologi Hasil Pertanian untuk SMK/MAK Kelas X, 2022, Pusbuk, Kemendikbudristek.
4. Matriks, 2022, Rasaki Akademia-FBM Solusindo.
5. Kimia Komputasi, 2022, Rasaki Akademia-FBM Solusindo.

### Judul Buku (Karya Tulis) dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Dasar-Dasar Kimia Analisis, SMK/MAK Kelas X, 2023, Pusat Perbukuan, Kemendikbudristek.
2. Modul 1, 2, dan 3 Projek Penguatan Profil Pelajar Pancasila untuk SMP, 2023, Smart Publishing.





## Marsya Nisrina

### Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Staf Teknis Tim Kerja Penyusunan, Pengembangan, dan Penilaian Buku PAUD, DIKSUS, Vokasi, Pusat Perbukuan
2. Staf Tata Usaha, Pusat Penelitian Arkeologi Nasional

### Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

S-1 Arkeologi, Universitas Indonesia, 2012 - 2017

### Judul Buku (Karya Sunting) dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Membaca Tanpa Air Mata, 2023, Pusat Perbukuan, Kemendikbudristek

### Judul Karya Tulis dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Perkembangan Permukiman Kolonial Depok Lama Abad ke-18 Hingga Abad ke-20, Skripsi, Universitas Indonesia 2017

#### Email

marsyaa23@gmail.com

#### Instansi

Pusat Perbukuan

#### Alamat Instansi

Jl. RS Fatmawati  
Gedung D Komplek  
Kemendikbud, Cipete,  
Jakarta

#### Bidang Keahlian

Penyuntingan Naskah





### Email

mamansulaemansuhri@gmail.com

### Instansi

Mantox Studio

### Alamat Instansi

Bogor

### Bidang Keahlian

Ilustrator

## Maman Sulaeman

### Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Mendirikan Mantox Studio, perusahaan yang bergerak dalam bidang ilustrasi visual, sejak 2006 sampai sekarang
2. Mendirikan Mantox Illustration School, sekolah ilustrasi daring, sejak 2017 sampai sekarang
3. Dosen mata kuliah ilustrasi di STISI Telkom Bandung

### Pendidikan Terakhir

S-1 STISI Bandung, 1992-1998

### Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

Mengilustrasikan lebih dari 400 judul buku selama 10 tahun terakhir

### Informasi Lain:

ig: maman\_mantox





**Email**

mayalestarigf@gmail.com

**Bidang Keahlian**

Penulisan, *editing*, dan penyajian naskah

## Maya Lestari GF.

**Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):**

1. Direktur Program Pembelajaran Selingkar (2019-2022)
2. Kepala Editor Ruang Cendekia
3. Penulis  
dst.

**Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:**

S-1 Komunikasi UIN Imam Bonjol, Padang

**Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

1. Secara personal sudah menulis lebih dari 30 buku
2. Sebagai editor sudah merancang puluhan buku nonteks





### Email

imeealma@gmail.com

### Bidang Keahlian

Layout

## Imee Amiatun

### Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. *Freelance layouter* (2018-sekarang)
2. *Layouter* di PT Sarana Panca Karya Nusa (2004-2009, 2015)
3. *Layouter* di PT Grafindo Media Pratama (2017, 2019)

### Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. D-3 Manajemen Informatika, STMIK AMIKBANDUNG (2003)

### Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Panduan Guru Seni Rupa untuk Kelas II dan V SD/MI (Kemdikbudristek, 2024)
2. Panduan Guru Seni Rupa untuk Kelas I dan IV SD/MI (Kemdikbudristek, 2023)
3. Buku Siswa dan Buku Guru Pendidikan Pancasila Kelas VIII SMP (Kemdikbudristek, 2023)
4. Buku Siswa dan Buku Guru Dasar-Dasar Kimia Analisis untuk Kelas X SMK (Kemdikbudristek, 2023)
5. Buku Siswa dan Buku Guru Dasar-Dasar Pemasaran untuk Kelas X SMK (Kemdikbudristek, 2023)
6. Buku Siswa dan Buku Guru Bahasa Inggris: English for Change untuk Kelas XI SMA/MA (Kemdikbudristek, 2022)
7. Buku Siswa Bahasa Inggris: Work in Progress untuk Kelas X SMA/MA (Kemdikbudristek, 2022)
8. Panduan Guru Matematika untuk Kelas XII SMA/MA (Kemdikbudristek, 2021)
9. Buku Siswa dan Buku Guru Kimia untuk Kelas XII SMA/MA (Kemdikbudristek, 2021)
10. Panduan Guru Matematika untuk Kelas IV SD/MI (Kemdikbudristek, 2020)

