



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

Panduan Guru

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.

Panduan Guru 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 978-634-00-0164-8 (no.jil.lengkap)

ISBN 978-634-00-0165-5 (jil.1 PDF)

Isi buku ini menggunakan huruf Noto Serif 10/16pt., Steve Matteson
xii, 228 hlm.: 21 × 27 cm.

Kata Pengantar

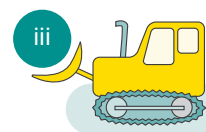
Pusat Perbukuan, Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi memiliki tugas mengembangkan buku pendidikan di tingkat Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah. Penyusunan Buku Teks Utama ini mengacu pada Kurikulum 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 atas rahmat dan karunia-Nya sehingga buku *Panduan Guru Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XI* ini dapat diselesaikan dengan baik. Buku guru ini disusun sebagai bahan panduan bagi guru di SMK/MAK kelas XI dalam bidang Teknik Alat Berat. Buku ini diharapkan dapat menjadi referensi utama dalam memahami dasar-dasar sistem dan aplikasi teknologi alat berat di berbagai industri, seperti konstruksi, pertambangan, pertanian, dan kehutanan.

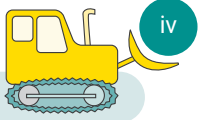
Kami berusaha untuk menyajikan materi secara sistematis dan mudah dipahami dalam penyusunan buku panduan guru ini. Penyusunan buku ini mengutamakan penjelasan teoritis yang disertai dengan gambar, tautan video, dan materi-materi pendukung melalui kode QR. Selain itu, materi juga dilengkapi dengan contoh-contoh penerapan dan kasus di lapangan. Hal tersebut diharapkan dapat membantu peserta didik memahami cara konsep-konsep teknik alat berat diaplikasikan secara praktis. Buku panduan guru ini juga disesuaikan dengan kurikulum SMK terbaru, yaitu Kurikulum Merdeka sehingga materi yang disampaikan relevan dengan kebutuhan industri saat ini.

Kami menyadari bahwa perkembangan teknologi di bidang alat berat terus mengalami kemajuan yang pesat. Dengan demikian, pembaruan dan pengembangan materi sangat diperlukan. Oleh karena itu, kami berharap bahwa buku panduan guru ini tidak hanya menjadi pedoman belajar bagi peserta didik, tetapi juga menjadi sumber referensi bagi para pengajar dan praktisi yang ingin memperdalam pengetahuan tentang teknik alat berat.

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan buku guru ini, terutama kepada rekan-rekan penelaah, tim perbukuan Kemendikbudristek RI, dan profesional di industri yang telah memberikan masukan dan saran yang sangat berharga. Semoga buku guru ini dapat bermanfaat dan memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan teknik di Indonesia.

Jakarta, 20 Oktober 2024

Tim Penulis



Daftar Isi

Kata Pengantar	iii
Prakata	iv
Daftar Isi	v
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	x

Panduan Umum

1

A. Pendahuluan	2
B. Kurikulum Merdeka	2
C. Gambaran Dunia Teknik Alat Berat	12
D. Penjelasan Bagian-Bagian Buku Siswa	13
E. Strategi Umum Pembelajaran	15
F. Skema Pembelajaran	17

Bab 1

Model Unit Alat Berat

31

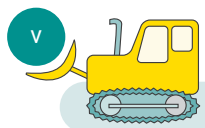
A. Skema Pembelajaran	33
B. Persiapan Pembelajaran	38
C. Kegiatan Pembelajaran	38
D. Refleksi Guru	49
E. Asesmen	50
F. Sumber Belajar	54
G. Lembar Kegiatan Peserta didik	55
H. Kegiatan Tindak Lanjut	55

Bab 2

Gambar Teknik

57

A. Skema Pembelajaran	58
B. Persiapan Pembelajaran	62
C. Kegiatan Pembelajaran	63
D. Refleksi Guru	85
E. Asesmen	86
F. Sumber Belajar	91



G. Lembar Kegiatan Peserta Didik	92
H. Kegiatan Tindak Lanjut	92

Bab 3

Diesel Engine

93

A. Skema Pembelajaran	94
B. Persiapan Pembelajaran	99
C. Kegiatan Pembelajaran	100
D. Refleksi Guru	114
E. Asesmen	115
F. Sumber Belajar	120
G. Lembar Kegiatan Siswa	120
H. Kegiatan Tindak Lanjut	120

Bab 4

Sistem Hydraulic Alat Berat

121

A. Skema Pembelajaran	123
B. Persiapan Pembelajaran	128
C. Kegiatan Pembelajaran	129
D. Refleksi Guru	143
E. Asesmen	144
F. Sumber Belajar	149
G. Lembar Kegiatan Peserta Didik	149
H. Kegiatan Tindak Lanjut	150

Bab 5

Sistem Kelistrikan Alat Berat

151

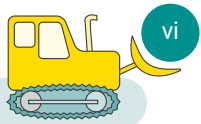
A. Skema Pembelajaran	153
B. Persiapan Pembelajaran	158
C. Kegiatan Pembelajaran	159
D. Refleksi Guru	172
E. Asesmen	173
F. Sumber Belajar	177
G. Lembar Kegiatan Siswa	177
H. Kegiatan Tindak Lanjut	178

Bab 6

Power Train dan Undercarriage

179

A. Skema Pembelajaran	180
B. Persiapan Pembelajaran	186



C. Kegiatan Pembelajaran	186
D. Refleksi Guru	189
E. Asesmen.....	189
F. Sumber Belajar	193
G. Lembar Kegiatan Siswa	194
H. Kegiatan Tindak Lanjut	194

Bab 7

Perawatan Berkala Unit Alat Berat

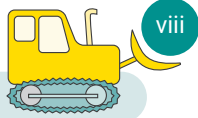
195

A. Skema Pembelajaran	196
B. Persiapan Pembelajaran	201
C. Kegiatan Pembelajaran	201
D. Refleksi Guru.....	202
E. Asesmen.....	202
F. Sumber Belajar	208
G. Lembar Kegiatan Siswa.....	209
H. Kegiatan Tindak Lanjut	209

Glosarium	210
Daftar Pustaka	213
Indeks.....	216
Biodata Pelaku Perbukuan	219

Daftar Gambar

Gambar 1	Alur tujuan pembelajaran	8
Gambar 2	Dimensi dalam Profil Pelajar Pancasila	9
Gambar 1.1	Peta materi pembelajaran model unit alat berat	33
Gambar 1.2	Hasil aktivitas tentang mengidentifikasi komponen <i>bulldozer</i>	40
Gambar 1.3	Jawaban identifikasi <i>power train hydraulic excavator</i>	41
Gambar 1.4	Hasil aktivitas tentang mengidentifikasi <i>power train motor grader</i>	43
Gambar 1.5	Hasil aktivitas tentang mengidentifikasi <i>power train dump truck</i>	44
Gambar 2.1	Peta materi gambar teknik	59
Gambar 2.2	Pengelompokan simbol-simbol dasar <i>hydraulic</i> dan <i>pneumatic</i>	63
Gambar 2.3	Contoh diagram sirkuit <i>hydraulic</i> sederhana	68
Gambar 2.4	Penggunaan $3/2$ valve	72
Gambar 2.5	Potongan <i>wiring</i> diagram <i>retarder controller-1</i> , HD 785-7	73
Gambar 2.6	Potongan <i>wiring</i> diagram <i>retarder controller-2</i> , HD 785-7	73
Gambar 2.7	Contoh penggunaan <i>switch</i>	74
Gambar 2.8	Lokasi <i>safety labels</i>	75
Gambar 2.9	Contoh <i>safety labels</i>	76
Gambar 2.10	Daftar simbol <i>safety</i> dan <i>quality portions</i>	76
Gambar 2.11	Simbol dan kode pada <i>parts book</i>	79
Gambar 2.12	Contoh halaman pada <i>parts book</i>	80
Gambar 2.13	Potongan diagram <i>hydraulic</i> pada buku manual	81
Gambar 2.14	Gambar rangkaian elektrik	83
Gambar 2.15	Potongan <i>electric wiring</i> unit Komatsu HD785-7	84
Gambar 2.16	Rangkaian diagram <i>hydraulic</i>	89
Gambar 2.17	Rangkaian diagram elektrik penerangan unit HD 785	90
Gambar 3.1	Peta materi <i>diesel engine</i>	95
Gambar 3.2	Perbedaan konstruksi SV, OHV, dan OHC	106
Gambar 3.3	Bagan <i>air intake system</i> dengan <i>turbocharger</i>	107
Gambar 3.4	Bagan <i>lubricating system</i>	112
Gambar 3.5	Stiker kemasan oli	113
Gambar 3.6	Bagan <i>cooling system</i>	114

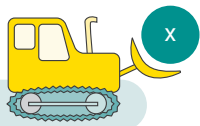


Gambar 4.1	Peta materi pembelajaran <i>hydraulic system</i> alat berat.....	124
Gambar 4.2	Eksperimen 1.....	130
Gambar 4.3	Eksperimen 2.....	131
Gambar 4.4	<i>Inspection measurement standard gear pump</i>	133
Gambar 4.5	Contoh <i>manual book</i> untuk praktik <i>control valve</i>	135
Gambar 4.6	Jenis-jenis <i>hydraulic circuit</i>	136
Gambar 4.7	Contoh <i>manual book</i> untuk praktik <i>hydraulic cylinder</i>	138
Gambar 4.8	Contoh <i>manual book</i>	140
Gambar 5.1	Peta materi pembelajaran sistem kelistrikan alat berat.....	154
Gambar 5.2	Contoh <i>manual book</i> untuk praktik komponen listrik <i>starting motor</i>	163
Gambar 5.3	Rangkaian <i>starting system</i> menggunakan <i>limit switch</i>	164
Gambar 5.4	Rangkaian <i>starter</i> dan pengisian (<i>charging</i>).....	170
Gambar 5.5	<i>Troubleshooting chart</i> permasalahan <i>engine</i> tidak dapat <i>crank</i> atau berputar saat <i>starting switch</i> pada posisi <i>start</i>	172
Gambar 6.1	Peta materi <i>power train</i> dan <i>undercarriage</i>	181
Gambar 7.1	Peta materi perawatan berkala unit alat berat.....	197



Daftar Tabel


Tabel 1	Capaian Pembelajaran/Elemen	3
Tabel 2	Tujuan Pembelajaran/Capaian Pembelajaran	5
Tabel 3	Implementasi Dimensi Profil Pelajar Pancasila dalam Berbagai Aktivitas....	9
Tabel 4	Skema Pembelajaran Bab 1	17
Tabel 5	Skema Pembelajaran Bab 2	19
Tabel 6	Skema Pembelajaran Bab 3	20
Tabel 7	Skema Pembelajaran Bab 4	21
Tabel 8	Skema Pembelajaran Bab 5	23
Tabel 9	Skema Pembelajaran Bab 6	25
Tabel 10	Skema Pembelajaran Bab 7	27
Tabel 1.1	Alokasi Waktu Pembelajaran	35
Tabel 1.2	Materi Pokok Model Unit Alat Berat	36
Tabel 1.3	<i>Soft Skill</i> Model Unit Alat Berat	37
Tabel 1.4	Jawaban Hasil Aktivitas tentang <i>Attachment</i> dan <i>Undercarriage Bulldozer</i>	39
Tabel 1.5	Tabel Latihan Fungsi <i>Attachment Hydraulic Excavator</i>	40
Tabel 1.6	Tabel Hasil Aktivitas tentang Spesifikasi Teknis dari Unit <i>Wheel Loader</i>	42
Tabel 1.7	Hasil Aktivitas tentang Spesifikasi Teknis dari Unit <i>Articulated Dump Truck</i>	45
Tabel 1.8	Tabel Kasus Industri Komparasi Spesifikasi Teknis <i>Hydraulic Excavator 20 Tonne Class</i>	48
Tabel 1.9	Rubrik Penilaian Pengetahuan dan Keterampilan	50
Tabel 1.10	Rubrik Penilaian Sikap	50
Tabel 2.1	Alokasi Waktu Pembelajaran	60
Tabel 2.2	Materi Pokok dan Alternatif Aktivitas Pembelajaran	61
Tabel 2.3	Daftar <i>Soft Skill</i> dari Subbab Gambar Teknik	62
Tabel 2.4	Contoh Jawaban Aktivitas 2.1	64
Tabel 2.5	Jawaban Aktivitas 2.2	65
Tabel 2.6	Jawaban Aktivitas 2.3	66
Tabel 2.7	Simbol <i>DCV</i>	68
Tabel 2.8	Simbol <i>One Way Directional Control Valve</i>	69
Tabel 2.9	Simbol <i>Valve Actuator</i>	70



Tabel 2.10 Jawaban Aktivitas 2.6.....	71
Tabel 2.11 Jawaban Aktivitas 2.10.....	77
Tabel 2.12 Jawaban Aktivitas 2.10 tentang Halaman yang Memuat <i>Safety Labels</i>	77
Tabel 2.13 Jawaban Aktivitas 2.11.....	81
Tabel 2.14 Gambar Simbol dan Nama Simbol	82
Tabel 2.15 Jawaban Tugas Aktivitas Menggambar Simbol	83
Tabel 2.16 Jawaban Tugas Aktivitas Menggambar Simbol	85
Tabel 2.17 Rubrik Penilaian Pengetahuan dan Keterampilan	86
Tabel 2.18 Rubrik Penilaian Sikap	87
Tabel 2.19 Tabel Asesmen 01.....	88
Tabel 2.20 Tabel asesmen 02	88
Tabel 2.21 Daftar Simbol dan Nama Simbol.....	89
Tabel 2.22 Nama-Nama Simbol Elektrik.....	90
Tabel 3.1 Alokasi Waktu Pembelajaran	96
Tabel 3.2 Materi Pokok dan Alternatif Aktivitas Pembelajaran.....	97
Tabel 3.3 Daftar <i>Soft Skill</i> dari Subbab <i>Diesel Engine</i>	99
Tabel 3.4 Perbandingan <i>Gasoline Engine</i> dan <i>Diesel Engine</i>	100
Tabel 3.5 Jawaban Aktivitas 3.2.....	102
Tabel 3.6 Tabel <i>Sequence Engine</i> 4 silinder FO 1-3-4-2	104
Tabel 3.7 Jawaban Tugas di Aktivitas 3.5.....	106
Tabel 3.8 Jawaban Perbandingan <i>Turbocharger</i> dan <i>Naturally Aspirated</i>	108
Tabel 3.9 Kunci Jawaban Aktivitas 3.7.....	110
Tabel 3.10 Isian Pengukuran <i>Glow Plug</i>	111
Tabel 3.11 Rubrik Penilaian Pengetahuan dan Keterampilan	115
Tabel 3.12 Rubrik Penilaian Sikap	115
Tabel 3.13 Cara Kerja Siklus <i>Engine</i> 4 Tak	118
Tabel 3.14 Perbedaan <i>Diesel Engine</i> dan <i>Gasoline Engine</i>	119
Tabel 4.1 Alokasi Waktu Pembelajaran	126
Tabel 4.2 Materi Pokok <i>Hydraulic System</i> Alat Berat.....	127
Tabel 4.3 <i>Soft Skill Hydraulic System</i> Alat Berat.....	128
Tabel 4.4 Tabel Lembar Kerja Siswa Eksperimen 1.....	130
Tabel 4.5 Tabel Lembar Kerja Siswa Eksperimen 2.....	131
Tabel 4.6 Tabel Pengukuran <i>Hydraulic Pressure</i> pada PC200-8	139



Tabel 4.7	Tabel Penyelesaian Masalah Perlengkapan Kerja, <i>Swing</i> dan <i>Travel</i> Tidak Dapat Bekerja	141
Tabel 4.8	Tabel Penyelesaian Masalah pada <i>Manual Book</i> untuk Kasus Perlengkapan Kerja, <i>Swing</i> , dan <i>Travel</i> Tidak Dapat Bekerja.....	143
Tabel 4.9	Rubrik Penilaian Pengetahuan dan Keterampilan	144
Tabel 4.10	Rubrik Penilaian Sikap	144
Tabel 5.1	Alokasi Waktu Pembelajaran	156
Tabel 5.2	Tabel Materi Pokok Sistem Kelistrikan	157
Tabel 5.3	Tabel <i>Soft Skill</i> Sistem Kelistrikan Alat Berat	158
Tabel 5.4	Tabel Inspeksi Motor Starter.....	160
Tabel 5.5	Tabel Inspeksi Alternator	166
Tabel 5.6	Rubrik Penilaian Pengetahuan dan Keterampilan	173
Tabel 5.7	Rubrik Penilaian Sikap	173
Tabel 5.8	Tabel Lembar Kerja Siswa Rangkaian Kendali Sederhana	176
Tabel 6.1	Alokasi Waktu Pembelajaran	182
Tabel 6.2	Materi Pokok dan Alternatif Aktivitas Pembelajaran	183
Tabel 6.3	Daftar <i>Soft Skill</i> dari Subbab <i>Power Train</i>	185
Tabel 6.4	Rubrik Penilaian Pengetahuan dan Keterampilan	189
Tabel 6.5	Rubrik Penilaian Sikap	190
Tabel 7.1	Alokasi Waktu Pembelajaran	198
Tabel 7.2	Materi Pokok dan Alternatif Aktivitas Pembelajaran.....	199
Tabel 7.3	Daftar <i>Soft Skill</i> dari Subbab Perawatan Berkala Unit Alat Berat	200
Tabel 7.4	Rubrik Penilaian Pengetahuan dan Keterampilan	203
Tabel 7.5	Rubrik Penilaian Sikap	203



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

Panduan Guru Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XI

Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin

ISBN: 978-634-00-0165-5

Panduan Umum

Model Buku Panduan Guru SMK
Berbasis *Hard Skill* dan *Soft Skill*
Teknik Alat Berat

A. Pendahuluan

Buku panduan guru ini disusun sebagai satu rangkaian dengan penyusunan buku siswa untuk pembelajaran Teknik Alat Berat di kelas XI SMK/MAK. Kandungan utama muatannya tentu sama dengan muatan atau konten pada buku siswa yang telah dikembangkan yang berbasis *hard skills* dan *soft skills*. Dengan demikian, muatan tersebut tidak hanya mengenai materi pokok berupa konsep, pengertian, dan pengetahuan dalam teknik alat berat. Pengembangan buku tersebut tidak juga sebatas ditambah dengan keterampilan teknis atau *hard skills* yang memang menjadi tuntutan dalam pembelajaran di SMK/MAK. Namun, pengembangan buku ini juga berhubungan dengan *soft skills* yang relevan dengan bidang keahlian tersebut. Semua konten tersebut termuat dalam buku siswa secara utuh. Sementara itu, penggunaan buku siswa dalam proses pembelajaran dijelaskan dalam buku panduan guru ini. Oleh karena itu, buku panduan guru ini berperan sebagai *manual book* bagi guru agar buku siswa dapat digunakan secara efektif dalam proses pembelajaran.

Buku panduan guru ini berperan untuk menjelaskan tentang buku siswa. Selain itu, buku panduan guru ini juga dirancang untuk memberi manfaat kepada guru dalam menjalankan peran sebagai fasilitator pembelajaran Teknik Alat Berat. Guru dapat memperoleh langsung informasi kegiatan pembelajaran yang direkomendasikan untuk pembelajaran keahlian ini. Lebih dari itu, guru juga dapat menggali inspirasi yang diperlukan guna mendapatkan proses pembelajaran yang lebih baik. Buku ini juga menjelaskan berbagai aktivitas yang ada di buku siswa. Guru dapat menggunakannya sebagai pembanding untuk mencari referensi lain. Selain itu, guru dapat memodifikasinya sehingga dapat mewujudkan proses pembelajaran yang lebih baik. Tentu saja, model pembelajaran yang baik adalah pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan dan kondisi peserta didik di sekolah.

B. Kurikulum Merdeka

Rancangan buku panduan guru ini berdasarkan Kurikulum Merdeka yang menekankan pendekatan “berpusat pada peserta didik”. Pendekatan ini menuntut proses pembelajarannya berbasis aktivitas dan mampu mendorong peserta didik antusias dalam belajar. Oleh karena itu, bersama pengembangan buku siswa, pengembangan buku panduan guru ini mengacu pada Kurikulum Merdeka yang berbasis kompetensi. Kompetensi dalam kurikulum dituangkan melalui rumusan Capaian Pembelajaran (CP). Untuk jenjang sekolah menengah kejuruan (SMK), dirumuskan dalam fase E (kelas X) dan fase F (kelas XI dan XII). Adapun CP yang digunakan untuk menyusun buku ini adalah fase F pada konsentrasi keahlian Teknik



Alat Berat. Di dalam Kurikulum Merdeka ditegaskan bahwa mata pelajaran Teknik Alat Berat bertujuan membekali peserta didik dengan dasar pengetahuan dan keterampilan (*hard skill* dan *soft skill*) serta sikap, yaitu

1. mengidentifikasi komponen dan sistem alat berat,
2. melaksanakan *maintenance*/perawatan alat berat sesuai dengan prosedur,
3. melaksanakan penyelesaian gangguan sederhana pada alat berat sesuai dengan prosedur,
4. menerapkan prosedur kesehatan, keselamatan kerja, dan lingkungan hidup (K3LH) sesuai prosedur agar tidak terjadi kecelakaan kerja dan pencemaran lingkungan di tempat kerja, dan
5. memiliki sikap kedisiplinan, ketelitian, kerja sama, dan komunikasi yang baik di lingkungan kerja.

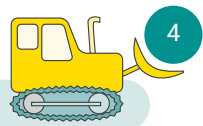
Pada akhir fase F, peserta didik mampu memahami *product knowledge*, gambar teknik, *diesel engine* alat berat, dan sistem kelistrikan alat berat. Selain itu, peserta didik mampu memahami sistem *hydraulic* alat berat, *power train* dan *undercarriage*, serta perawatan berkala unit alat berat. Capaian pembelajaran pada elemen-elemen mata pelajaran Teknik Alat Berat dijelaskan dalam tabel berikut.

Tabel 1 Capaian Pembelajaran/Elemen

No.	Elemen	Capaian Pembelajaran
1.	Model Unit Alat Berat atau <i>Product Knowledge</i>	Pada akhir fase F, peserta didik mampu menyebutkan nama, fungsi, dan menunjukkan lokasi masing-masing produk alat berat.
2.	Gambar Teknik	Pada akhir fase F, peserta didik mampu mengidentifikasi dan membaca struktur gambar penampang komponen pada <i>manual book</i> , termasuk simbol pada <i>hydraulic</i> dan <i>pneumatic circuit diagram</i> , <i>electric wiring diagram</i> , dan memahami cara membaca <i>part book</i> .
3.	<i>Diesel Engine</i> Alat Berat	Pada akhir fase F, peserta didik memiliki pengetahuan dapat menyebutkan mengenai nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja komponen-komponen utama <i>engine</i> . Beserta beberapa sistem yang terdapat pada <i>diesel engine</i> untuk alat berat, antara lain, <i>fuel system</i> , <i>lubricating system</i> , <i>cooling system</i> , dan <i>air induction system</i> .

No.	Elemen	Capaian Pembelajaran
4.	Sistem <i>Hydraulic</i> Alat Berat	Pada akhir fase F, peserta didik memiliki pengetahuan dan dapat menyebutkan mengenai nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>hydraulic pump</i> , <i>hydraulic tank</i> , komponen-komponen sistem <i>hydraulic</i> yang digunakan pada alat berat: <i>control valve</i> , <i>hydraulic actuator</i> , <i>hydraulic cylinder</i> , dan <i>hydraulic motor</i> . Termasuk di dalamnya komponen-komponen <i>hydraulic</i> lainnya (<i>swivel joint</i> , akumulator, dan <i>oil cooler</i>).
5.	Sistem Kelistrikan Alat Berat	Pada akhir fase F, peserta didik dapat menyebutkan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja baterai, <i>starting system</i> , <i>preheating system</i> , <i>charging system</i> . Identifikasi tipe dan struktur <i>connector</i> dan <i>wire</i> . Termasuk di dalamnya <i>electrical control engine</i> , <i>electrical power train</i> , <i>electrical hydraulic system</i> , dan <i>mechatronic</i> .
6.	Pemindah Tenaga (<i>Power Train</i>) dan Kerangka Bawah (<i>Undercarriage</i>).	Peserta didik mampu memahami sistem pemindah tenaga (<i>power train</i>) dan kerangka bawah (<i>undercarriage</i>), antara lain, <i>direct drive</i> , <i>torqueflow drive</i> , <i>electric drive</i> , HST system, <i>differential</i> , <i>final drive</i> , <i>wheel</i> dan <i>undercarriage</i> , <i>steering system</i> , serta <i>brake system</i> .
7.	Perawatan Berkala Unit Alat Berat	Peserta didik mampu menerapkan pembuatan <i>paper works</i> dan perawatan berkala, perawatan harian dan berkala (250 jam, 500 jam, dan 1.000 jam), penyelesaian gangguan sederhana pada unit alat berat, serta prosedur pengoperasian alat berat dalam lingkup perawatan berkala.

Buku ini disusun untuk Fase F, yakni fase untuk kelas XI. Dengan demikian, dalam menganalisis fase F, langkah pertama yang dilakukan adalah menjabarkan capaian seluruh fase F menjadi sejumlah tujuan pembelajaran yang lebih spesifik.

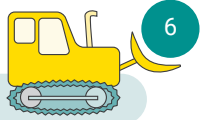


Tabel 2 Tujuan Pembelajaran/Capaian Pembelajaran

No.	Capaian Pembelajaran Fase F	Tujuan Pembelajaran
1.	Pada akhir fase F, peserta didik mampu menyebutkan nama, fungsi, dan menunjukkan lokasi masing-masing produk alat berat.	<ul style="list-style-type: none"> 1.1 Menjelaskan jenis, fungsi, aplikasi, serta spesifikasi teknis pada unit <i>bulldozer</i> 1.2 Menjelaskan jenis, fungsi, aplikasi, serta spesifikasi teknis pada unit <i>hydraulic excavator</i> 1.3 Menjelaskan jenis, fungsi, aplikasi, serta spesifikasi teknis pada unit <i>motor grader</i> 1.4 Menjelaskan jenis, fungsi, aplikasi, serta spesifikasi teknis pada unit <i>wheel loader</i> 1.5 Menjelaskan jenis, fungsi, aplikasi, serta spesifikasi teknis pada unit <i>heavy duty dump truck (rigid & articulated)</i> 1.6 Menjelaskan jenis, fungsi, aplikasi, serta spesifikasi teknis pada unit <i>forklift</i> 1.7 Menjelaskan jenis, fungsi, aplikasi, serta spesifikasi teknis pada unit <i>harvester</i> 1.8 Menjelaskan jenis, fungsi, aplikasi, serta spesifikasi teknis pada unit <i>light dump truck</i> 1.9 Menjelaskan jenis, fungsi, aplikasi, serta spesifikasi teknis pada unit <i>compactor</i> 1.10 Menjelaskan jenis, fungsi, aplikasi, serta spesifikasi teknis pada unit <i>crane</i> 1.11 Menjelaskan jenis, fungsi, aplikasi, serta spesifikasi teknis pada <i>engine</i>
2.	Pada akhir fase F, peserta didik mampu mengidentifikasi dan membaca struktur gambar penampang komponen pada <i>manual book</i> , termasuk simbol pada <i>hydraulic</i> dan <i>pneumatic circuit diagram</i> , <i>electric wiring diagram</i> , dan memahami cara membaca <i>part book</i> .	<ul style="list-style-type: none"> 2.1 Membaca dan menjelaskan simbol-simbol <i>hydraulic</i>, <i>pneumatic</i>, elektrik, dan elektronik 2.2 Membaca <i>manual book</i> 2.3 Menggambar diagram sederhana <i>hydraulic</i>, <i>pneumatic</i>, elektrik, dan elektronik



No.	Capaian Pembelajaran Fase F	Tujuan Pembelajaran
3.	<p>Pada akhir fase F, peserta didik memiliki pengetahuan dapat menyebutkan mengenai nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja komponen-komponen utama <i>engine</i>. Beserta beberapa sistem yang terdapat pada <i>diesel engine</i> untuk alat berat, antara lain, <i>fuel system</i>, <i>lubricating system</i>, <i>cooling system</i>, dan <i>air induction system</i>.</p>	<p>3.1 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur dan prinsip kerja <i>mechanical power build up system</i></p> <p>3.2 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur dan prinsip kerja <i>air intake & exhaust system</i></p> <p>3.3 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>fuel system</i></p> <p>3.4 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>lubricating system</i></p> <p>3.5 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>cooling system</i></p>
4.	<p>Pada akhir fase F, peserta didik dapat menyebutkan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>hydraulic pump</i>, <i>hydraulic tank</i>, komponen-komponen sistem <i>hydraulic</i> yang digunakan pada alat berat: <i>control valve</i>, <i>hydraulic actuator</i>, <i>hydraulic cylinder</i> dan <i>hydraulic motor</i>. Termasuk di dalamnya komponen pendukung lainnya, seperti <i>hydraulic swivel joint</i>, akumulator, dan <i>oil cooler</i>.</p>	<p>4.1 Menjelaskan dasar sistem <i>hydraulic</i> alat berat</p> <p>4.2 Menjelaskan nama fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>hydraulic tank</i></p> <p>4.3 Menjelaskan nama fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>hydraulic pump</i></p> <p>4.4 Menjelaskan nama fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>hydraulic control valve</i></p> <p>4.5 Menjelaskan nama fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>hydraulic actuator (hydraulic cylinder dan actuator)</i></p> <p>4.6 Menjelaskan nama fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja dari komponen <i>hydraulic</i> lainnya (<i>swivel joint</i>, akumulator, dan <i>oil cooler</i>)</p>



No.	Capaian Pembelajaran Fase F	Tujuan Pembelajaran
5.	<p>Pada akhir fase F, peserta didik memiliki pengetahuan dan dapat menyebutkan mengenai nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja baterai, <i>starting system</i>, <i>preheating system</i>, <i>charging system</i>. Identifikasi tipe dan struktur <i>connector</i> dan <i>wire</i>. Termasuk di dalamnya <i>electrical control engine</i>, <i>electrical power train</i>, <i>electrical hydraulic system</i>, dan <i>mechatronic</i>.</p>	<p>5.1 Menjelaskan konsep dasar listrik (tegangan, arus listrik, hambatan dan satuan besaran listrik)</p> <p>5.2 Mengidentifikasi tipe dan struktur penghantar listrik (<i>wire</i>, <i>konektor</i>, <i>fuse</i>)</p> <p>5.3 Menjelaskan nama fungsi, lokasi, struktur dan prinsip kerja baterai</p> <p>5.4 Menjelaskan nama fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja komponen-komponen <i>starting</i> pada alat berat</p> <p>5.5 Menjelaskan nama fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja komponen-komponen <i>charging system</i> pada alat berat</p> <p>5.6 Melakukan perangkaian <i>starting system</i> pada alat berat</p> <p>5.7 Melakukan perangkaian <i>charging system</i> pada alat berat</p>
6.	<p>Peserta didik mampu memahami sistem pemindah tenaga (<i>power train</i>) dan kerangka bawah (<i>undercarriage</i>), antara lain, <i>direct drive</i>, <i>torqueflow drive</i>, <i>electric drive</i>, <i>HST system</i>, <i>differential</i>, <i>final drive</i>, <i>wheel</i> dan <i>undercarriage</i>, <i>steering system</i>, serta <i>brake system</i>.</p>	<p>6.1 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>mechanical drive system</i> (<i>direct drive system</i>, <i>torqueflow drive system</i>, <i>hydrosift drive system</i>)</p> <p>6.2 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>electric drive system</i></p> <p>6.3 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>HST system</i></p> <p>6.4 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>differential</i></p> <p>6.5 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>final drive</i></p> <p>6.6 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>wheel</i> dan <i>undercarriage</i></p> <p>6.7 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>steering system</i></p> <p>6.8 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>brake system</i></p>

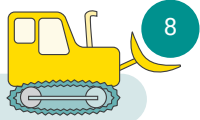
No.	Capaian Pembelajaran Fase F	Tujuan Pembelajaran
7.	Peserta didik mampu menerapkan pembuatan <i>paper works</i> dan perawatan berkala, perawatan harian dan berkala (250 jam, 500 jam, dan 1.000 jam), penyelesaian gangguan sederhana pada unit alat berat, serta prosedur pengoperasian alat berat dalam lingkup perawatan berkala.	7.1 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, simbol, dan fungsi pada <i>machine</i> /unit alat berat. 7.2 Mengidentifikasi dan memahami dasar struktur pengoperasian alat berat 7.3 Mengoperasikan <i>machine</i> /unit alat berat 7.4 Memahami pengetahuan tentang pemeliharaan (<i>maintenance</i>) 7.5 Memahami jenis-jenis perawatan 7.6 Memahami tentang dokumen kerja (<i>paper works</i>) 7.7 Melakukan pekerjaan <i>periodic inspection</i> 7.8 Melakukan pekerjaan <i>periodic service</i>

Tujuan pembelajaran itu belum tersusun secara sistematis dan logis. Pada tahap selanjutnya tujuan pembelajaran dibuat menjadi Alur Tujuan Pembelajaran (ATP). Rumusan ATP untuk kelas XI disajikan pada gambar 1.



Gambar 1 Alur tujuan pembelajaran

Dalam praktik pembelajaran di sekolah, tujuan pembelajaran (TP) dan alur tujuan pembelajaran (ATP) dapat menjadi inspirasi bagi guru dalam menyusun rancangan pembelajaran. Guru bersama tim guru alat berat di sekolah atau antarsekolah dapat menganalisis CP dan menyusun TP dan ATP. Penyusunan TP dan ATP ini dapat mempertimbangkan karakteristik peserta didik, kondisi sosial budaya, dan kearifan lokal, dan tuntutan teknologi serta pertimbangan lainnya. Hal ini sangat dimungkinkan karena sesuai dengan prinsip-prinsip Kurikulum Merdeka. Dalam penyusunan TP dan ATP disarankan melibatkan pihak industri terkait dan dalam hal ini dapat memungkinkan melakukan sinkronisasi kurikulum setiap tahun ajaran baru di sekolah bersama industri.



Dalam Kurikulum Merdeka juga ditekankan tentang Profil Pelajar Pancasila. Profil Pelajar Pancasila dapat menjadi rujukan dalam membangun karakter dan kompetensi peserta didik bagi guru. Profil Pelajar Pancasila terdiri dari enam dimensi, seperti tertera di diagram berikut ini.



Gambar 2 Dimensi dalam Profil Pelajar Pancasila

Penerapan dimensi Profil Pelajar Pancasila dalam pembelajaran Teknik Alat berat terintegrasi dalam berbagai aktivitas. Tabel berikut menginformasikan implementasi dimensi Profil Pelajar Pancasila dalam berbagai aktivitas.

Tabel 3 Implementasi Dimensi Profil Pelajar Pancasila dalam Berbagai Aktivitas

Bab	Dimensi	Elemen	Subelemen	Implementasi
1	Bergotong royong	Kolaborasi	Kerja sama, membangun tim dan mengelolanya untuk mencapai tujuan bersama sesuai dengan target yang sudah ditentukan	Aktivitas 1.1 Aktivitas 1.2
	Mandiri	Regulasi diri	Menunjukkan inisiatif dan bekerja secara mandiri	Aktivitas 1.4
	Bernalar kritis	Memperoleh dan memproses informasi dan gagasan	Mengidentifikasi, mengklarifikasi, mengolah informasi dan gagasan	Aktivitas 1.1

Bab	Dimensi	Elemen	Subelemen	Implementasi
	Kreatif	Menghasilkan karya dan tindakan yang orisinal	Mengeksplorasi dan mengekspresikan pikiran dan/atau perasaannya dalam bentuk karya dan/atau tindakan, serta mengevaluasinya dan mempertimbangkan dampak dan risikonya bagi diri dan lingkungannya dengan menggunakan berbagai perspektif	Aktivitas 1.3
	Beriman, bertakwa kepada Tuhan YME dan berakhlak mulia	Akhlak kepada manusia	Berempati kepada orang lain Memahami dan menghargai perasaan dan sudut pandang orang dan/atau kelompok lain	Aktivitas 1.2
2	Bergotong royong	Kolaborasi	Komunikasi untuk mencapai tujuan bersama	Aktivitas 2.1 Aktivitas 2.3 Aktivitas 2.4 Aktivitas 2.5 Aktivitas 2.7 Aktivitas 2.8
	Mandiri	Regulasi diri	Menunjukkan inisiatif dan bekerja secara mandiri	Aktivitas 2.2 Aktivitas 2.6 Aktivitas 2.9 Aktivitas 2.10 Aktivitas 2.11
	Kreatif	Menghasilkan karya dan tindakan yang orisinal	Mengeksplorasi dan mengekspresikan pikiran dan/atau perasaannya dalam bentuk karya dan/atau tindakan, serta mengevaluasinya dan mempertimbangkan dampak dan risikonya bagi diri dan lingkungannya dengan menggunakan berbagai perspektif	Aktivitas 2.4 Aktivitas 2.12 Aktivitas 2.13 Aktivitas 2.14

Bab	Dimensi	Elemen	Subelemen	Implementasi
	Bernalar kritis	Memperoleh dan memproses informasi dan gagasan	Mengidentifikasi mengklarifikasi, mengolah informasi, dan gagasan	Aktivitas 2.7
3	Bergotong royong	Kolaborasi	Komunikasi untuk mencapai tujuan bersama	Aktivitas 3.1 Aktivitas 3.4 Aktivitas 3.5 Aktivitas 3.6 Aktivitas 3.8 Aktivitas 3.9 Aktivitas 3.10
	Mandiri	Regulasi diri	Menunjukkan inisiatif dan bekerja secara mandiri	Aktivitas 3.2 Aktivitas 3.3 Aktivitas 3.7
	Kreatif	Menghasilkan karya dan tindakan yang orisinal	Mengeksplorasi dan mengekspresikan pikiran dan/atau perasaannya dalam bentuk karya dan/atau tindakan, serta mengevaluasinya dan mempertimbangkan dampak dan risikonya bagi diri dan lingkungannya dengan menggunakan berbagai perspektif.	Aktivitas 3.7
4	Mandiri	Regulasi diri	Menunjukkan inisiatif dan bekerja secara mandiri	Aktivitas 4.1 Aktivitas 4.2 Aktivitas 4.4 Aktivitas 4.5 Aktivitas 4.6 Aktivitas 4.7 Aktivitas 4.9 Aktivitas 4.11
	Bergotong royong	Kolaborasi	Komunikasi untuk mencapai tujuan bersama	Aktivitas 4.3 Aktivitas 4.8 Aktivitas 4.10



Bab	Dimensi	Elemen	Subelemen	Implementasi
5	Bergotong royong	Kolaborasi	Komunikasi untuk mencapai tujuan bersama	Aktivitas 5.1 Aktivitas 5.2 Aktivitas 5.3
	Mandiri	Regulasi diri	Menunjukkan inisiatif dan bekerja secara mandiri	Aktivitas 5.4
6	Bergotong royong	Kolaborasi	Komunikasi untuk mencapai tujuan bersama	Aktivitas 6.1 Aktivitas 6.2 Aktivitas 6.5
	Mandiri	Regulasi diri	Menunjukkan inisiatif dan bekerja secara mandiri	Aktivitas 6.3 Aktivitas 6.4
7	Mandiri	Regulasi diri	Menunjukkan inisiatif dan bekerja secara mandiri	Aktivitas 7.1
	Bergotong royong	Kolaborasi	Komunikasi untuk mencapai tujuan bersama	Aktivitas 7.2

C. Gambaran Dunia Teknik Alat Berat

Guru dalam memfasilitasi pembelajaran Teknik Alat Berat di sekolah, tidak hanya mengandalkan informasi yang didapatkan dari buku siswa saja. Guru diharapkan dapat mencari dan menelaah sendiri informasi-informasi terkait bidang teknik alat berat terutama dari industri alat berat secara nyata. Dengan demikian, guru akan memiliki perspektif yang luas dan lebih mendalam dibandingkan yang dimiliki oleh siswa pada umumnya. Penguasaan perspektif itu dibutuhkan supaya proses pembelajaran dapat berjalan lebih efektif dan menyenangkan sesuai prinsip-prinsip pembelajaran dalam Kurikulum Merdeka.

1. Keterampilan Teknis (*Hard Skill*) Teknik Alat Berat

Keterampilan teknis di dunia industri alat berat mutlak untuk dikuasai, misalnya sebagai mekanik alat berat. Mekanik alat berat wajib untuk menguasai keterampilan teknis mekanik alat berat. Keterampilan tersebut, antara lain, keterampilan membaca simbol-simbol, membaca *hydraulic diagram*, membaca *wiring diagram*, hingga perawatan berkala alat berat. Sebagai operator alat berat, juga wajib menguasai keterampilan operator yang diperuntukkan sesuai jenis dan tipe alat berat yang dioperasikan. Di dunia kerja alat berat, keterampilan teknis ini ditunjukkan dengan adanya sertifikat yang dimiliki oleh mekanik



atau operator alat berat. Guru perlu mendalami aspek-aspek keterampilan teknis yang dibutuhkan industri alat berat. Dengan demikian, guru dapat mengarahkan peserta didik pada kemampuan yang dibutuhkan oleh industri alat berat.

2. Keterampilan Nonteknis (*Soft Skill*) Teknik Alat Berat

Keterampilan teknis (*hard skill*) saja tidak cukup bagi siswa SMK Teknik Alat Berat ini. Di perusahaan apa pun, termasuk industri alat berat, semuanya membutuhkan dan menuntut karyawannya memiliki keterampilan nonteknis (*soft skill*) yang relevan dengan kebutuhan dan karakteristik dari perusahaan. Keterampilan nonteknis itu di antaranya kemampuan berkomunikasi dengan baik dan efektif, sopan santun, jujur, kemampuan berpikir, dan bertindak logis.

D. Penjelasan Bagian-Bagian Buku Siswa

Setiap bab buku siswa terbagi dalam bagian-bagian yang serupa untuk memudahkan penggunaannya dalam proses pembelajaran. Bagian-bagian tersebut, antara lain, tujuan pembelajaran, peta materi, apersepsi, aktivitas pembelajaran, kasus industri, refleksi, dan asesmen. Bagian-bagian tersebut dijelaskan sebagai berikut.

1. Tujuan Pembelajaran

Rumusan tujuan pembelajaran (TP) dituliskan di setiap awal bab dengan maksud agar seluruh peserta didik memiliki acuan yang sama dalam proses pembelajaran.

2. Peta Materi

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

3. Apersepsi

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

Apersepsi diberikan dalam buku siswa setiap bab. Bentuk apersepsi ini dibuat sebagai contoh dan menjadi inspirasi bagi peserta didik. Guru tentu dapat mengembangkan atau mengganti redaksi apersepsi yang disajikan dengan yang lainnya sesuai kondisi pembelajaran di sekolah.



4. Aktivitas Pembelajaran

Penyusunan materi buku ini berbasis aktivitas pembelajaran. Materi inti dari pembelajaran teknik alat berat disusun dengan berbagai aktivitas yang dilakukan oleh peserta didik. Jadi, dalam hal ini pembelajaran bersifat klasikal dengan cara guru menerangkan dan peserta didik mendengarkan sedapat mungkin diminimalkan dan dihindari. Pembelajaran berbasis aktivitas ini mengharapkan peserta didik dapat aktif belajar bersama-sama dengan guru.

Dalam buku siswa, aktivitas pembelajaran dimuat langsung dalam teks utama atau dalam bagian khusus. Tujuannya agar peserta didik lebih mudah melakukan aktivitas tersebut karena jelas tujuan aktivitas, langkah-langkah, dan hasil yang akan dicapai. Contohnya, kegiatan dalam aktivitas meminta peserta didik untuk melakukan identifikasi komponen atau identifikasi sistem.

5. Kasus Industri

Pada buku siswa tiap babnya disajikan contoh kasus-kasus industri dalam bidang alat berat pada masa kini. Penyajian kasus-kasus ini sebagai upaya menghubungkan dunia belajar di sekolah dengan dunia industri teknik alat berat. Peserta didik mempelajari kasus-kasus nyata bertujuan untuk melatih dan membiasakan peserta didik dalam membangun *hard skill* dan *soft skill*.

Guru juga dapat menambahkan dan mencermati kasus-kasus nyata lainnya yang terjadi di dunia industri teknik alat berat. Kasus-kasus yang menunjukkan potensi permasalahan dalam pekerjaan mekanik alat berat agar dapat diantisipasi oleh peserta didik yang merupakan calon pekerja sektor alat berat.

6. Refleksi

Bagian refleksi mengajak peserta didik untuk merasakan semua yang telah dijalankan selama proses pembelajaran berlangsung. Pada bagian pembelajaran yang dirasakan kemudahan hingga dapat belajar efektif. Selain itu, bagian yang dirasa sulit untuk dapat menjadi bahan perbaikan selanjutnya.

Di bagian refleksi peserta didik diajak untuk merefleksikan diri kapan saat peserta didik merasa antusias dalam menjalani pembelajaran dan kapan mengalami hal yang sebaliknya. Dengan demikian, dengan refleksi ini dapat dilakukan perbaikan.

7. Asesmen

Asesmen terdapat di tiap akhir bab merupakan sebuah asesmen formatif untuk menilai perkembangan kompetensi peserta didik tentang materi yang telah dipelajarinya. Penyusunan



asesmen mengacu pada butir-butir tujuan pembelajaran. Dalam hal ini, fungsi asesmen adalah untuk mengukur ketercapaian tujuan pembelajaran dalam segi aspek pengetahuan, keterampilan, dan sikap. Guru diberi kebebasan untuk membuat materi asesmen sendiri, begitu juga dengan metodenya, guru dapat memilih berdasarkan situasi dan kondisi di sekolah.

E. Strategi Umum Pembelajaran

Buku ini disusun menggunakan paradigma dan strategi pembelajaran yang berpusat pada peserta didik. Banyak strategi pembelajaran yang berpusat pada peserta didik yang dapat dipilih dan digunakan oleh guru. Strategi pembelajaran yang baik adalah strategi yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik, kondisi peserta didik, kondisi sekolah, dan kemampuan guru. Guru lebih mengerti pilihan strategi pembelajaran yang cocok untuk diterapkan di kelas. Beberapa strategi pembelajaran yang dapat dipilih, antara lain, pembelajaran berdiferensiasi, pembelajaran berbasis penemuan, pembelajaran *project based learning*, pembelajaran *problem based learning*, pembelajaran kolaboratif, simulasi dan praktik, belajar mandiri, serta pembelajaran berbasis teknologi.

Strategi-strategi ini dirancang untuk meningkatkan keterlibatan peserta didik untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis, keterampilan komunikasi, dan keterampilan bekerja dalam tim. Pilihan strategi pembelajaran hendaknya disesuaikan dengan karakteristik peserta didik, tujuan pembelajaran, dan konteks kelas yang spesifik.

1. Mengetahui Karakteristik Setiap Peserta Didik

Karakteristik seluruh peserta didik perlu diketahui oleh guru terkait dengan konteks pembelajaran ini. Misalnya, guru mengetahui kapasitas peserta didik dalam proses pembelajaran, bukan mengenal identitas peserta didik secara umum saja. Selain itu, guru perlu mencermati kemampuan peserta didik. Peserta didik yang di bawah rata-rata harus dibantu secara khusus. Sebaliknya, peserta didik yang di atas rata-rata dapat dilibatkan menjadi tutor teman sebaya untuk membantu. Hal ini termasuk strategi pembelajaran berdiferensiasi.

Selanjutnya, guru juga harus mampu berempati kepada peserta didiknya. Peserta didik merasa diperhatikan guru secara personal akan membuat mereka merasa bahagia dan bersemangat dalam belajar. Dengan demikian, ikut mendukung suksesnya proses pembelajaran.



2. Meminta Peserta Didik Membaca Lebih Dahulu

Guru sebaiknya meminta peserta didik untuk membaca dan mempelajari terlebih dahulu materi pembelajaran, sebelum pertemuan dimulai. Tujuannya agar peserta didik telah mengenal materi sehingga pembelajaran dapat berjalan dengan lancar dan efektif.

3. Memperbanyak Diskusi dan Presentasi

Jika peserta didik aktif dalam pembelajaran, seperti diskusi dan presentasi di depan kelas, diyakini pembelajaran berjalan dengan sukses dan efektif. Berdiskusi akan membuat peserta didik aktif dalam belajar, dan selanjutnya hasil diskusi dapat dipresentasikan di depan kelas. Jika semua ini dilakukan, guru sudah berusaha untuk melatih peserta didik dalam menggali potensi *soft skill* seperti komunikasi, *leadership*, *teamwork*, dan lain-lain.

4. Memperbanyak Praktik

Kompetensi teknik alat berat menuntut banyak aspek keterampilan dan aspek sikap. Dalam membangun kompetensi ini diperlukan banyak latihan-latihan dalam bentuk praktik. Praktik dapat dilakukan secara individu maupun kelompok. Kegiatan praktik ini perlu dilakukan secara berkesinambungan.

5. Mendorong Pembelajaran Proyek (TEFA)

Pembelajaran berbasis proyek atau sekarang lebih populer disebut *Teaching Factory* (TEFA) membuat semua peserta didik dapat berperan aktif dalam pembelajaran praktik yang dilakukan. Dalam hal ini, pembelajaran praktik dengan metode TEFA, membuat pembelajaran menjadi terasa nyata bagi peserta didik.

Pembelajaran TEFA tertuang dalam PP No.41 Tahun 2015 yang berbunyi *teaching factory* sebagai sarana produksi di sekolah yang dijalankan berdasarkan prosedur dan standar industri tanpa berorientasi mencari keuntungan. Implementasi TEFA memicu pembentukan kerja sama yang saling menguntungkan antara SMK dan DUDI. Selain itu, menciptakan mekanisme agar SMK dapat selalu beradaptasi dengan perkembangan industri secara otomatis.

Proses pembelajaran berfokus pada produk atau jasa yang diadakan dalam lingkungan, suasana, dan tata kelola yang mengikuti standar DUDI atau kondisi tempat kerja yang sebenarnya. Hal tersebut untuk meningkatkan kesiapan kerja, menyelaraskan kompetensi, dan membentuk karakter kerja lulusan Teknik Alat Berat SMK sesuai dengan kebutuhan DUDI.



F. Skema Pembelajaran

Pembelajaran Teknik Alat Berat Fase F kelas XI ini terdiri dari tujuh bab. Guru dalam menerapkan skema pembelajaran dapat menyesuaikan dengan kondisi aktual pembelajaran dengan memperhatikan keragaman kondisi, potensi, dan kemampuan individu peserta didik. Contoh skema pembelajaran Teknik Alat Berat Fase F kelas XI sebagai berikut.

1. Bab 1 Model Unit Alat Berat atau *Product Knowledge*

Bab 1 membahas tentang model unit alat berat atau *product knowledge*. Tabel berikut menjelaskan skema pembelajaran untuk bab 1.

Tabel 4 Skema Pembelajaran Bab 1

Tujuan Pembelajaran	Pokok Materi	Kata Kunci	Bentuk Aktivitas	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
1.1., 1.2., 1.3., 1.4. Menjelaskan jenis, fungsi, aplikasi, serta spesifikasi teknis pada unit <i>bulldozer, hydraulic excavator, motor grader, dan wheel loader</i>	Jenis, fungsi, aplikasi, serta spesifikasi teknis alat berat: <i>bulldozer, hydraulic excavator, motor grader dan wheel loader</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ alat berat ➤ <i>hydraulic</i> ➤ model unit ➤ pemindah tenaga ➤ spesifikasi teknis 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pekerjaan mandiri 2. Diskusi kelompok 	12 JP	Buku siswa terkait unit <i>bulldozer, hydraulic excavator, motor grader, dan wheel loader</i> , serta bahan pengayaan lainnya.
1.5., 1.6., 1.7. Menjelaskan jenis, fungsi, aplikasi, serta spesifikasi teknis pada unit <i>heavy duty dump truck (rigid & articulated), forklift dan harvester</i>	Jenis, fungsi, aplikasi, serta spesifikasi teknis alat berat: <i>heavy duty dump truck (rigid & articulated), forklift dan harvester</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ alat berat ➤ <i>hydraulic</i> ➤ model unit ➤ pemindah tenaga ➤ spesifikasi teknis 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pekerjaan mandiri 2. Diskusi kelompok 3. Melihat dan mereviu video 	12 JP	Buku siswa terkait <i>heavy duty dump truck (rigid & articulated), forklift, dan harvester</i> serta bahan pengayaan lainnya.



Tujuan Pembelajaran	Pokok Materi	Kata Kunci	Bentuk Aktivitas	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
1.8., 1.9., 1.10., 1.11. Menjelaskan jenis, fungsi, aplikasi, serta spesifikasi teknis pada unit <i>light dump truck</i> , <i>compactor</i> , <i>crane</i> , dan <i>engine</i>	Jenis, fungsi, aplikasi, serta spesifikasi teknis alat berat: <i>light dump truck</i> , <i>compactor</i> , <i>crane</i> , dan <i>engine</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ alat berat ➤ <i>hydraulic</i> ➤ model unit ➤ pemindah tenaga ➤ spesifikasi teknis 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diskusi kelompok 2. Menyajikan materi presentasi <i>mind map</i> dan di-presentasikan 3. Presentasi kasus industri 4. Melihat dan mereviu video 	12 JP	Buku siswa terkait <i>light dump truck</i> , <i>compactor</i> , <i>crane</i> , dan <i>engine</i> serta bahan pengayaan lainnya.
Menjelaskan jenis, fungsi, aplikasi, serta spesifikasi teknis pada unit-unit yang ditemui saat praktik unit atau kunjungan industri	Jenis, fungsi, aplikasi, serta spesifikasi teknis alat berat	<ul style="list-style-type: none"> ➤ alat berat ➤ <i>hydraulic</i> ➤ model unit ➤ pemindah tenaga ➤ spesifikasi teknis 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Observasi 2. Diskusi 	12 JP	Buku Siswa Asesmen dan pengayaan

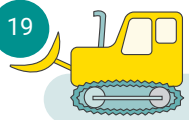


2. Bab 2 Gambar Teknik

Ada tiga materi pokok dalam bab 2, yaitu membaca simbol, membaca *manual book*, dan membuat diagram sederhana. Hal itu dirinci dalam skema pembelajaran dalam tabel berikut.

Tabel 5 Skema Pembelajaran Bab 2

Tujuan Pembelajaran	Pokok Materi	Kata Kunci	Bentuk Aktivitas	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
2.1 Membaca dan menjelaskan simbol-simbol <i>hydraulic</i> , <i>pneumatic</i> , <i>electric</i> , dan <i>electronic</i>	Membaca simbol <i>hydraulic</i> , <i>pneumatic</i> , <i>electric</i> , <i>electronic</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ simbol ➤ <i>hydraulic</i> ➤ <i>pneumatic</i> ➤ <i>electric</i> ➤ <i>electronic</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aktivitas mandiri 2. Diskusi kelompok 	18 JP	Buku siswa terkait simbol-simbol <i>hydraulic</i> , <i>pneumatic</i> , <i>electric</i> , <i>electronic</i> , dan bahan pengayaan lainnya
2.2 Membaca <i>manual book</i>	Membaca buku OMM, <i>shop manual</i> , dan <i>part book</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>manual book</i> ➤ <i>operation</i> ➤ <i>maintenance</i> ➤ <i>shop</i> ➤ <i>part</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aktivitas mandiri 2. Diskusi kelompok 	9 JP	Buku siswa terkait <i>manual book</i> dan bahan pengayaan lainnya
2.3 Menggambar diagram sederhana <i>hydraulic</i> , <i>pneumatic</i> , <i>electric</i> , dan <i>electronic</i> .	Menggambar diagram <i>hydraulic</i> dan <i>pneumatic</i> , serta rangkaian <i>electric</i> dan <i>electronic</i> .	<ul style="list-style-type: none"> ➤ diagram ➤ <i>hydraulic</i> ➤ <i>pneumatic</i> ➤ <i>electric</i> ➤ <i>electronic</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aktivitas mandiri 2. Diskusi kelompok 	9 JP	Buku siswa terkait diagram <i>hydraulic</i> , <i>pneumatic</i> , <i>electric</i> , dan <i>electronic</i> dan bahan pengayaan lainnya

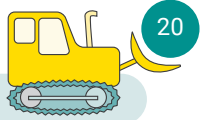


3. Bab 3 Diesel Engine Alat Berat

Materi pokok dalam bab 3 membahas tentang *diesel engine*. Hal itu dirinci dalam skema pembelajaran dalam tabel berikut.

Tabel 6 Skema Pembelajaran Bab 3

Tujuan Pembelajaran	Pokok Materi	Kata Kunci	Bentuk Aktivitas	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
3.1 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur dan prinsip kerja <i>mechanical power build up system</i>	Nama, fungsi, lokasi, struktur dan prinsip kerja <i>mechanical power build up system</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>mechanical</i> siklus ➤ TMA ➤ TMB 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aktivitas mandiri 2. Diskusi kelompok 	18 JP	Buku siswa terkait <i>mechanical power build up system</i> dan bahan pengayaan lainnya
3.2 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur dan prinsip kerja <i>air intake & exhaust system</i>	Nama, fungsi, lokasi, struktur dan prinsip kerja <i>air intake & exhaust system</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>intake</i> ➤ <i>exhaust</i> ➤ <i>turbocharger</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aktivitas mandiri 2. Diskusi kelompok 	18 JP	Buku siswa terkait <i>air intake & exhaust system</i> dan bahan pengayaan lainnya
3.3 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur dan prinsip kerja <i>fuel system</i>	Nama, fungsi, lokasi, struktur dan prinsip kerja <i>fuel system</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>fuel</i> ➤ <i>pump</i> ➤ <i>injector</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aktivitas mandiri 2. Diskusi kelompok 	18 JP	Buku siswa terkait <i>fuel system</i> dan bahan pengayaan lainnya
3.4 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur dan prinsip kerja <i>lubricating system</i>	Nama, fungsi, lokasi, struktur dan prinsip kerja <i>lubricating system</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>lubricating</i> ➤ <i>oil</i> ➤ <i>lines</i> ➤ <i>pump</i> ➤ <i>filter</i> ➤ <i>cooler</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aktivitas mandiri 2. Diskusi kelompok 	18 JP	Buku siswa terkait <i>lubricating system</i> dan bahan pengayaan lainnya



Tujuan Pembelajaran	Pokok Materi	Kata Kunci	Bentuk Aktivitas	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
3.5 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur dan prinsip kerja <i>cooling system</i>	Nama, fungsi, lokasi, struktur dan prinsip kerja <i>cooling system</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➔ <i>cooling</i> ➔ <i>coolant</i> ➔ <i>lines</i> ➔ <i>pump</i> ➔ <i>radiator</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aktivitas mandiri 2. Diskusi kelompok 	18 JP	Buku terkait <i>cooling system</i> dan bahan pengayaan lainnya

4. Bab 4 Sistem *Hydraulic* Alat Berat

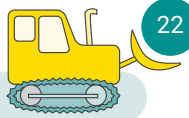
Materi pokok dalam bab 4 menjelaskan tentang sistem *hydraulic* pada alat berat. Tabel berikut menyajikan tentang skema pembelajaran yang dibahas dalam bab 4.

Tabel 7 Skema Pembelajaran Bab 4

Tujuan Pembelajaran	Pokok Materi	Kata Kunci	Bentuk Aktivitas	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
4.1 Menjelaskan dasar sistem <i>hydraulic</i> alat berat	Aliran oli dan tenaga <i>hydraulic</i> serta jenis, fungsi, lokasi komponen	<ul style="list-style-type: none"> ➔ sistem <i>hydraulic</i> ➔ <i>hydraulic tank</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Menonton dan meriviu video ➔ Eksperimen 	12 JP	Buku siswa, menjelajah video, dan eksperimen pada subbab dasar sistem <i>hydraulic</i>
4.2 Menjelaskan nama fungsi, lokasi, struktur dan prinsip kerja <i>hydraulic tank</i>	<i>hydraulic</i> pada <i>hydraulic tank</i>				
4.3 Menjelaskan nama fungsi, lokasi, struktur dan prinsip kerja <i>hydraulic pump</i>	Fungsi, lokasi komponen-komponen <i>hydraulic: hydraulic pump</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➔ pompa ➔ <i>hydraulic pump</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Menonton dan mereviu video ➔ Praktik <i>diss assy & inspection pompa hydraulic</i> 	24 JP	Buku siswa, menjelajah video, dan praktik pada subbab <i>hydraulic pump</i>



Tujuan Pembelajaran	Pokok Materi	Kata Kunci	Bentuk Aktivitas	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
4.4 Menjelaskan nama fungsi, lokasi, struktur dan prinsip kerja <i>hydraulic control valve</i>	Fungsi, lokasi komponen-komponen <i>hydraulic</i> : katup kendali (<i>control valve</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ➔ <i>control valve</i> ➔ <i>hydraulic control valve</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Menonton dan mereviu video ➔ Praktik <i>diss assy & inspection</i> katup <i>hydraulic</i> ➔ Pekerjaan mandiri 	24 JP	Buku siswa, menjelajah video, praktik dan latihan pada subbab <i>control valve</i>
4.5 Menjelaskan nama fungsi, lokasi, struktur dan prinsip kerja <i>hydraulic actuator (hydraulic cylinder dan actuator)</i>	Fungsi, lokasi komponen-komponen <i>hydraulic</i> : <i>hydraulic actuator</i> , komponen <i>hydraulic</i> lainnya, seperti <i>swivel joint</i> , akumulator, dan <i>oil cooler</i> .	<ul style="list-style-type: none"> ➔ aktuator ➔ <i>swivel joint</i> ➔ akumulator ➔ <i>oil cooler</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Menonton dan mereviu video ➔ Praktik pengukuran di unit ➔ Pekerjaan mandiri ➔ Diskusi kelompok 	36 JP	Buku siswa, menjelajah video, praktik pengukuran <i>hydraulic</i> di unit pada subbab aktuator dan komponen <i>hydraulic</i> lainnya
4.6 Menjelaskan nama fungsi, lokasi, struktur dan prinsip kerja dari komponen <i>hydraulic</i> lainnya (<i>swivel joint</i> , akumulator, dan <i>oil cooler</i>).					



5. Bab 5 Sistem Kelistrikan Alat Berat

Bab 5 membahas tentang sistem kelistrikan pada alat berat. Tabel berikut menjelaskan skema pembelajaran untuk bab 5.

Tabel 8 Skema Pembelajaran Bab 5

Tujuan Pembelajaran	Pokok Materi	Kata Kunci	Bentuk Aktivitas	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
5.1 Menjelaskan konsep dasar listrik (tegangan, arus listrik, hambatan, dan satuan besaran listrik)	Konsep dasar listrik (tegangan, arus listrik, hambatan, satuan besaran listrik) dan tipe-tipe serta struktur dari penghantar listrik (<i>wire</i> , konektor, <i>fuse</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ tegangan ➤ arus listrik ➤ hambatan ➤ penghantar listrik 	Pekerjaan mandiri	12 JP	Buku siswa terkait konsep dasar listrik dan identifikasi tipe dan struktur penghantar listrik
5.2 Mengidentifikasi tipe dan struktur penghantar listrik (<i>wire</i> , konektor, <i>fuse</i>)					
5.3 Menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja baterai	Fungsi dan lokasi komponen elektrik baterai	komponen elektrik baterai	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Praktik terkait baterai (<i>inspektion & measurement</i>) ➤ Diskusi kelompok ➤ Melihat dan mereviu video 	12 JP	Buku siswa terkait baterai



Tujuan Pembelajaran	Pokok Materi	Kata Kunci	Bentuk Aktivitas	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
5.4 Menjelaskan nama fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja komponen-komponen <i>starting</i> pada alat berat	Fungsi dan lokasi komponen-komponen elektrik <i>starting system</i>	komponen <i>starting</i>	Praktik <i>diss assy & inspection starting motor</i>	24 JP	Buku siswa terkait lembar <i>inspection starting motor</i> dan latihan membaca cara kerja <i>starting system</i> pada sirkuit listrik
5.5 Menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja komponen-komponen <i>charging</i> dan <i>preheating system</i> pada alat berat	Fungsi dan lokasi komponen-komponen elektrik <i>charging</i> dan <i>preheating system</i>	komponen <i>charging</i>	Praktik <i>diss assy & inspection alternator</i>	24 JP	Buku siswa terkait lembar inspeksi alternator



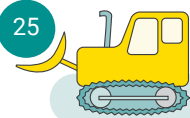
Tujuan Pembelajaran	Pokok Materi	Kata Kunci	Bentuk Aktivitas	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
5.6 Melakukan perangkaian <i>starting system</i> pada alat berat 5.7 Melakukan perangkaian <i>starting, charging, preheating system</i> pada alat berat	Merangkai rangkaian <i>starting & charging system</i> pada alat berat	<ul style="list-style-type: none"> ➔ rangkaian <i>starting</i> ➔ rangkaian <i>charging</i> ➔ rangkaian <i>preheating</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Praktik merangkai rangkaian <i>starting, charging, preheating system</i> ➔ Pekerjaan mandiri ➔ Diskusi kelompok ➔ Melihat dan mereviu video 	24 JP	Buku siswa terkait latihan merangkai rangkaian <i>starting, charging, preheating system</i> , kasus industri

6. Bab 6 Pemindah Tenaga (*Power Train*) dan Kerangka Bawah (*Undercarriage*)

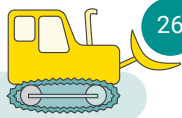
Bab 6 membahas tentang pemindah tenaga yang dikenal dengan istilah *power train*. Selain itu, bab ini juga membahas tentang kerangka bawah atau *undercarriage*. Materi pokok pada bab 6 ini dirinci dalam tabel skema pembelajaran bab 6 berikut.

Tabel 9 Skema Pembelajaran Bab 6

Tujuan Pembelajaran	Pokok Materi	Kata Kunci	Bentuk Aktivitas	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
6.1 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>mechanical drive system (direct drive system, torqueflow drive system, dan hydrosift drive system)</i>	Struktur, fungsi dan cara kerja <i>mechanical drive system</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➔ <i>direct drive system</i> ➔ <i>torque flow drive system</i> ➔ <i>hydrosift drive system</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pekerjaan mandiri 2. Diskusi kelompok 	18 JP	Buku siswa terkait <i>power train</i> dan <i>undercarriage</i>



Tujuan Pembelajaran	Pokok Materi	Kata Kunci	Bentuk Aktivitas	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
6.2 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>electric drive system</i>	Struktur, fungsi dan cara kerja <i>electric drive system</i>	<i>electric drive system</i>	1. Pekerjaan mandiri 2. Diskusi kelompok	9 JP	Buku siswa terkait <i>power train</i> dan <i>undercarriage</i>
6.3 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>HST system</i>	Struktur, fungsi dan cara kerja <i>HST system</i>	<i>HST system</i>	1. Pekerjaan mandiri 2. Diskusi kelompok	9 JP	Buku siswa terkait <i>power train</i> dan <i>undercarriage</i>
6.4 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>differential</i>	Struktur, fungsi dan cara kerja <i>differential</i>	<i>differential</i>	1. Pekerjaan mandiri 2. Diskusi kelompok	9 JP	Buku siswa terkait <i>power train</i> dan <i>undercarriage</i>
6.5 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>final drive</i>	Struktur, fungsi dan cara kerja <i>final drive</i>	<i>final drive</i>	1. Pekerjaan mandiri 2. Diskusi kelompok	9 JP	Buku siswa terkait <i>power train</i> dan <i>undercarriage</i>
6.6 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>wheel</i> dan <i>undercarriage</i>	Struktur, fungsi dan cara kerja <i>wheel</i> dan <i>undercarriage</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>wheel</i> ➤ <i>undercarriage</i> 	1. Pekerjaan mandiri 2. Diskusi kelompok	18 JP	Buku siswa terkait <i>power train</i> dan <i>undercarriage</i>



Tujuan Pembelajaran	Pokok Materi	Kata Kunci	Bentuk Aktivitas	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
6.7 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>steering system</i>	Struktur, fungsi dan cara kerja <i>steering system</i>	<i>steering system</i>	1. Pekerjaan mandiri 2. Diskusi kelompok	9 JP	Buku siswa terkait <i>power train</i> dan <i>undercarriage</i>
6.8 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja <i>brake system</i>	Struktur, fungsi dan cara kerja <i>brake system</i>	<i>brake system</i>	1. Pekerjaan mandiri 2. Diskusi kelompok	9 JP	Buku siswa terkait <i>power train</i> dan <i>undercarriage</i>

7. Bab 7 Perawatan Berkala Unit Alat Berat

Bab 7 membahas tentang perawatan berkala unit alat berat. Materi tersebut meliputi prosedur pengoperasian *machine*/unit alat berat, pengetahuan tentang pemeliharaan (*maintenance*), dan pengetahuan tentang dokumen kerja (*paper works*). Materi pokok pada bab 7 ini dirinci dalam tabel skema pembelajaran bab 7 berikut.

Tabel 10 Skema Pembelajaran Bab 7

Tujuan Pembelajaran	Pokok Materi	Kata Kunci	Bentuk Aktivitas	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
7.1 Mengidentifikasi dan menjelaskan nama, simbol dan fungsi pada <i>machine</i> /unit alat berat	<i>Basic symbols</i> <i>System symbols</i> <i>Advanced symbols</i> <i>Additional symbols</i> <i>Basic safety symbols</i>	<i>symbols machine</i>	1. Pekerjaan mandiri 2. Diskusi kelompok	5 JP	Buku siswa terkait perawatan unit alat berat



Tujuan Pembelajaran	Pokok Materi	Kata Kunci	Bentuk Aktivitas	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
7.2 Meng-identifikasi dan memahami dasar struktur pengoperasian alat berat	Komponen pada <i>controls and gauge names</i> pada <i>machine</i> alat berat. <i>Machine</i> monitor. <i>Control levers</i> dan <i>pedals</i> <i>Lock lever</i> <i>Travel levers</i> <i>Work equipment</i> <i>Control lever</i>	komponen <i>equipment</i> <i>control lever</i> <i>machine</i>	1. Pekerjaan mandiri 2. Diskusi kelompok	5 JP	Buku siswa terkait perawatan unit alat berat
7.3 Meng-operasikan <i>machine</i> /unit alat berat	Melakukan pengecekan sebelum <i>men-starting engine</i> <i>Men-starting engine</i> Melakukan pengecekan setelah <i>starting engine</i> Mematikan <i>engine</i> Menggerakkan dan menghentikan <i>machine</i>	pengoperasian <i>machine</i> /unit alat berat	Praktik meng-operasikan <i>machine</i> alat berat	20 JP	Buku siswa terkait perawatan unit alat berat



Tujuan Pembelajaran	Pokok Materi	Kata Kunci	Bentuk Aktivitas	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
7.4 Memahami pengetahuan tentang pemeliharaan (<i>maintenance</i>)	Tujuan dan manfaat perawatan Cakupan kegiatan <i>maintenance</i>	pemeliharaan (<i>maintenance</i>)	1. Pekerjaan mandiri 2. Diskusi kelompok	5 JP	Buku siswa terkait perawatan unit alat berat
7.5 Memahami jenis-jenis perawatan	Pemeliharaan berkala (<i>periodic maintenance</i>) Pemeliharaan berdasarkan kondisi (<i>condition based maintenance</i>)	jenis-jenis perawatan	1. Pekerjaan mandiri 2. Diskusi kelompok	5 JP	Buku siswa terkait perawatan unit alat berat
7.6 Memahami tentang dokumen kerja (<i>paper works</i>)	<i>Job Safety Analysis</i> (JSA) Pembicaraan 5M (P5M) Formulir laporan pekerjaan Berita acara penyerahan pekerjaan (BAPP) <i>Maintenance sheet</i> <i>Periodical service</i>	dokumen kerja (<i>paper works</i>)	1. Pekerjaan mandiri 2. Diskusi kelompok	10 JP	Buku siswa terkait perawatan unit alat berat



Tujuan Pembelajaran	Pokok Materi	Kata Kunci	Bentuk Aktivitas	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
7.7 Melakukan pekerjaan <i>periodic inspection</i>	Melakukan pekerjaan <i>periodic inspection</i> pada <i>machine/ unit/engine</i> alat berat Membuat laporan hasil pekerjaan	<i>periodic inspection</i>	Praktik <i>periodic inspection</i>	20 JP	Buku siswa terkait perawatan unit alat berat
7.8 Melakukan pekerjaan <i>periodic service</i>	Melakukan pekerjaan <i>periodic service</i> pada <i>machine/ unit/engine</i> alat berat Membuat laporan hasil pekerjaan	<i>periodic service</i>	Praktik <i>periodic service</i>	20 JP	Buku siswa terkait perawatan unit alat berat

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

Panduan Guru Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XI

Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin

ISBN: 978-634-00-0165-5



Bab

1



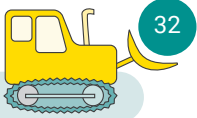
Model Unit Alat Berat

Bab 1 membahas tentang Model Unit Alat Berat yang terdiri dari sebelas subbab. Subbab pada Bab 1 ini meliputi *unit bulldozer, hydraulic excavator, motor grader, wheel loader, rigid* dan *articulated dump truck, forklift, harvester, light dump truck, compactor, crane, dan engine*. Setiap subbab tersebut memuat materi dan aktivitas yang dapat membuat peserta didik paham akan jenis, fungsi, aplikasi, serta spesifikasi teknis pada unit-unit alat berat.

Aktivitas-aktivitas dalam bab ini disajikan untuk membangun semangat belajar guna meningkatkan pengetahuan dan keterampilan *improvement* melalui *critical and creative thinking* peserta didik. Selain itu, aktivitas tersebut dapat melatih peserta didik untuk terbiasa dalam penggunaan media teknologi dalam pencarian informasi dan melatih keterampilan *life and career* melalui kegiatan-kegiatan proyek bersama peserta didik dalam kelompok. Pada bagian akhir Bab 1 dilengkapi dengan kasus industri yang merupakan informasi tentang tantangan yang terjadi di industri. Selain itu, akhir bab juga dilengkapi dengan asesmen guna mempertajam tingkat pemahaman peserta didik terkait model unit alat berat, refleksi, dan pengayaan.

Proses pengajaran yang dilakukan oleh rekan-rekan guru dapat menyesuaikan dengan metode pembelajaran yang paling sesuai dengan kondisi di sekolah atau alat, bahan, dan obyek praktik pada *workshop* yang dimilikinya. Beberapa pilihan metode pembelajaran yang dapat digunakan diutamakan terpusat pada peserta didik. Misalnya, pengerjaan tugas mandiri, pembelajaran berbasis proyek yang melibatkan kerja sama antara peserta didik di dalam kelompok dan pemecahan pada kasus di industri. Hal itu tidak menutup kemungkinan untuk guru menggunakan metode pembelajaran lain yang paling sesuai dengan kondisi pada peralatan praktik dan *workshop* yang dimiliki.

Aktivitas yang tertera pada buku siswa dapat dijadikan inspirasi untuk meningkatkan pemahaman konsep, melatih keterampilan praktis, serta mengembangkan pemikiran kritis dan kreatif. Selain itu, aktivitas dapat meningkatkan keaktifan dan partisipasi, membangun kepercayaan diri, mendorong kemandirian belajar, dan meningkatkan kemampuan kolaborasi. Walaupun demikian, guru dapat membuat sendiri aktivitasnya sesuai dengan kebutuhan. Guru dapat menyiapkan laptop, *projector*, dan media lain untuk menampilkan berbagai gambar atau video pada unit, seperti *bulldozer, hydraulic excavator, motor grader, wheel loader, rigid* dan *articulated dump truck, forklift, harvester, light dump truck, compactor, crane, dan engine*. Gambar dan video tersebut dapat menekankan pada jenis, fungsi, aplikasi, dan spesifikasi teknis pada unit-unit alat berat.



A. Skema Pembelajaran

Skema pembelajaran pada bab ini meliputi tujuan pembelajaran, peta materi, mengetahui kemampuan awal peserta didik, rekomendasi alokasi waktu, apersepsi, materi pokok dan alternatif aktivitas pembelajaran, refleksi, dan *soft skill* dalam pembelajaran.

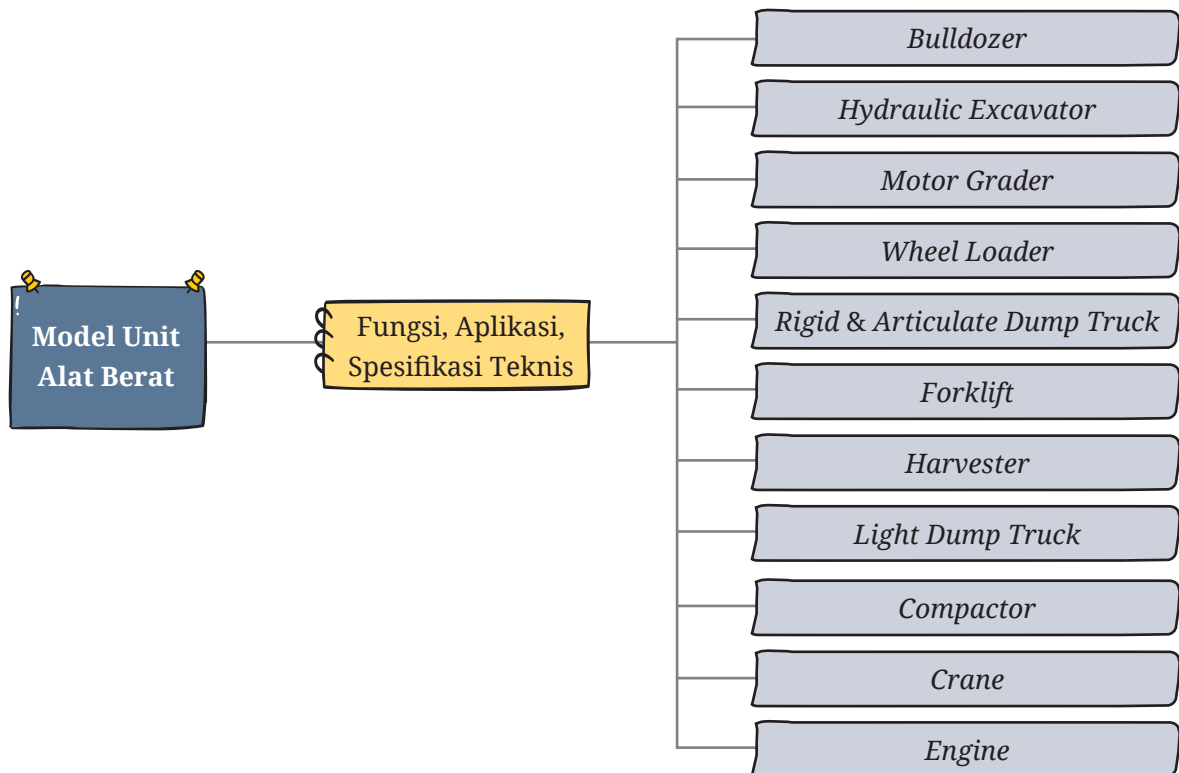
1. Tujuan Pembelajaran

Guru perlu untuk mencermati tujuan pembelajaran dari bab ini yang dituliskan pada buku siswa sebagai berikut.

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik dapat menjelaskan jenis, fungsi, aplikasi, dan spesifikasi teknis pada unit-unit alat berat.

2. Peta Materi

Bagian ini menyajikan bagan atau peta materi yang perlu dikuasai untuk mencapai tujuan pembelajaran. Materi yang diinformasikan pada peta berhubungan dengan pengidentifikasi terkait jenis, fungsi, aplikasi, dan spesifikasi teknis dari alat-alat berat.



Gambar 1.1 Peta materi pembelajaran model unit alat berat.



Peta materi tersebut dibuat untuk mempermudah peserta didik dan guru dalam proses pembelajaran. Guru dipersilakan, jika berkeinginan untuk mengembangkan sendiri peta materi yang paling mudah untuk dipahami dan diaplikasikan oleh peserta didik.

3. Mengetahui Kemampuan Awal Peserta Didik

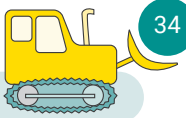
Bagian ini sangat penting untuk merancang pengajaran yang efektif dan sesuai dengan kebutuhan peserta didik (*learning need analysis*). Berikut beberapa cara untuk mengidentifikasi kemampuan awal peserta didik.

- a. *Pre-test*/tes diagnostik, mengukur pengetahuan awal peserta didik sebelum materi baru diajarkan.
- b. Kuesioner/survei, mengumpulkan informasi tentang pengetahuan, minat, dan kepercayaan diri peserta didik.
- c. Observasi kelas, mengamati peserta didik saat bekerja dan berinteraksi dalam kegiatan belajar.
- d. Diskusi/tanya jawab, melibatkan peserta didik dalam diskusi atau sesi tanya jawab untuk menilai pemahaman mereka.
- e. Portofolio peserta didik, meninjau karya sebelumnya untuk memahami kemampuan awal mereka.
- f. Refleksi diri, meminta peserta didik menilai diri mereka sendiri melalui jurnal atau *self-assessment*.
- g. Proyek pendahuluan, memberikan proyek sederhana untuk mengidentifikasi kemampuan peserta didik.
- h. Interaksi dengan orang tua, mendiskusikan kemampuan peserta didik dengan orang tua atau wali.
- i. Penggunaan teknologi, menggunakan aplikasi atau *platform* yang menganalisis kemajuan peserta didik.

Penggunaan berbagai metode ini disesuaikan dengan situasi dan kondisi di sekolah. Tujuannya agar dapat membantu guru menilai kemampuan awal peserta didik secara menyeluruh dan memungkinkan penyesuaian pengajaran yang efektif.

4. Rekomendasi Alokasi Waktu

Buku ini menyajikan rekomendasi alokasi waktu yang dirancang khusus untuk memudahkan pengelolaan waktu dalam mengajar. Dengan demikian, setiap aspek penting dari kurikulum dapat tersampaikan secara efektif dan efisien. Dalam menyusun rekomendasi alokasi waktu ini, kami telah mempertimbangkan berbagai faktor, termasuk kebutuhan peserta didik,



materi pelajaran, serta tantangan yang dihadapi dalam proses pembelajaran. Pengaturan waktu yang tepat, diharapkan setiap guru dapat melaksanakan tugasnya dengan lebih terstruktur, memaksimalkan waktu pembelajaran, dan mencapai tujuan pendidikan yang diharapkan.

Bab 1 ini terdapat 48 JP dengan 14 JP untuk porsi teori (30%) dan 34 JP digunakan untuk praktik/pengayaan/pembelajaran berbasis proyek (70%). Teruntuk sekolah yang tidak memiliki unit alat berat, dapat berkunjung ke industri yang memiliki alat berat dengan waktu kunjungan terhitung 8 JP. Jumlah alokasi waktu per pekan disesuaikan berdasarkan kebutuhan, situasi, dan kondisi di sekolah.

Tabel 1.1 Alokasi Waktu Pembelajaran

No.	Subab	Alokasi Waktu
1.	Teori <i>Bulldozer, hydraulic excavator, motor grader, wheel loader, rigid dan articulated dump truck, forklift, harvester, light dump truck, compactor, crane dan engine.</i>	14 JP
2.	Praktik dan Kunjungan Industri <i>Bulldozer, hydraulic excavator, motor grader, wheel loader, rigid dan articulated dump truck, forklift, harvester, light dump truck, compactor, crane dan engine.</i>	34 JP

5. Apersepsi

Sebagai tahap awal dalam setiap proses pembelajaran, apersepsi memainkan peran yang sangat penting dalam mengaitkan pengetahuan sebelumnya dengan materi baru yang akan dipelajari. Hal itu berlaku untuk bab ini yang membahas tentang model unit alat berat. Guru dapat membangun jembatan pemahaman yang kuat melalui apersepsi yang efektif. Dengan demikian, peserta didik lebih siap dan termotivasi untuk mengikuti pelajaran. Berikut contoh apersepsi yang ada dalam buku siswa Bab 1.

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.

Guru juga dapat memberikan alternatif apersepsi yang lain. Contohnya, sebagai berikut.

Kalian mungkin pernah melihat tank baja pada film-film. Kalian juga mungkin pernah melihat traktor sedang menggali parit, memadatkan dan meratakan jalan yang akan diaspal. Mesin-mesin tersebut merupakan beberapa jenis alat berat yang digunakan untuk mengangkut, memindahkan, meratakan, dan memadatkan material. Alat berat yang akan dipelajari kali ini memiliki fungsi yang hampir sama. Namun, penggunaannya lebih luas lagi, yaitu di berbagai industri konstruksi, perkebunan, pergudangan, dan di pertambangan.

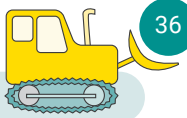
6. Materi Pokok dan Alternatif Aktivitas Pembelajaran

Materi pokok yang disajikan dalam bab ini dirancang untuk memberikan landasan pengetahuan yang solid bagi peserta didik sesuai dengan kurikulum yang berlaku. Selain itu, bab ini juga menyertakan berbagai alternatif aktivitas pembelajaran yang bertujuan untuk memperkaya pengalaman belajar peserta didik sehingga mereka dapat lebih memahami dan mengaplikasikan konsep-konsep yang diajarkan.

Aktivitas pembelajaran yang diusulkan dalam buku ini dirancang untuk mendorong keterlibatan aktif peserta didik, memfasilitasi pembelajaran yang bermakna, serta mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif. Dengan berbagai pendekatan yang ditawarkan, diharapkan guru dapat memilih dan menyesuaikan aktivitas yang paling sesuai dengan karakteristik dan kebutuhan peserta didik di kelas mereka.

Tabel 1.2 Materi Pokok Model Unit Alat Berat

Subbab	Materi Pokok	Alternatif Aktivitas Pembelajaran
<i>Bulldozer, hydraulic excavator, motor grader, wheel loader, rigid dan articulated dump truck, forklift, harvester, light dump truck, compactor, crane, dan engine.</i>	<ol style="list-style-type: none">1. Jenis alat berat2. Fungsi alat berat3. Aplikasi alat berat4. Spesifikasi teknis alat berat	<ol style="list-style-type: none">1. Pekerjaan mandiri2. Diskusi kelompok3. Menyajikan materi presentasi berbentuk <i>mind map</i> dan dipresentasikan4. Kasus industri5. Menonton dan mereview video



Aktivitas pembelajaran yang dapat dilakukan di kelas tidak terbatas pada yang tersaji di Tabel 1.2. Guru dapat mengembangkan alternatif aktivitas belajar yang lain.

7. Refleksi

Refleksi bukan hanya sebuah langkah akhir dari pembelajaran. Refleksi dapat menjadi sebuah proses penting yang memungkinkan peserta didik dan guru untuk merenungkan, menilai, dan memahami lebih dalam pengalaman belajar yang telah dilalui.

Dalam bab ini, terdapat dua pertanyaan sebagai pendekatan refleksi yang dapat digunakan untuk membantu peserta didik menggali makna dari materi yang telah mereka pelajari. Pertanyaan tersebut, sebagai berikut.

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!

Pertanyaan-pertanyaan refleksi tersebut dapat dihubungkan dengan pengalaman peserta didik sehari-hari. Hal tersebut dapat mempersiapkan mereka untuk penerapan pengetahuan tersebut pada masa yang akan datang. Kami percaya bahwa melalui refleksi yang baik, pembelajaran dapat menjadi lebih bermakna dan relevan. Guru dapat menanyakan hal-hal terkait hasil refleksi agar peserta didik merasa terbantu dalam menemukan jawabannya.

8. Soft Skill dalam Pembelajaran

Soft skill merupakan keterampilan nonteknis yang penting dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam proses pembelajaran. Pada bab ini yang ditekankan pada keterampilan hidup dan karier, keterampilan pembelajaran dan inovasi, keterampilan informasi, media, dan teknologi.

Tabel 1.3 *Soft Skill* Model Unit Alat Berat

Subbab	Soft Skill
<i>Bulldozer, hydraulic excavator, motor grader, wheel loader, rigid dan articulated dump truck, forklift, harvester, light dump truck, compactor, crane, dan engine</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Keterampilan hidup dan karier. 2. Keterampilan pembelajaran dan inovasi. 3. Keterampilan informasi, media, dan teknologi.



B. Persiapan Pembelajaran

Persiapan yang matang adalah kunci untuk menciptakan pengalaman belajar yang efektif dan bermakna. Tahap persiapan melibatkan lebih dari sekadar merencanakan materi ajar. Hal itu mencakup perencanaan yang cermat, pemilihan metode yang sesuai, serta penyusunan strategi yang mendukung kebutuhan dan potensi peserta didik.

Bab ini dirancang untuk memberikan panduan praktis dan komprehensif bagi para guru dalam menyusun persiapan pembelajaran yang optimal. Kami menyajikan berbagai teknik dan strategi yang dapat membantu guru dalam merencanakan dan mengorganisasi kegiatan pembelajaran. Selain itu, dapat membantu guru dalam menyesuaikan pendekatan dengan karakteristik peserta didik yang berbeda. Sebagai persiapan pembelajaran pada bab ini, guru dapat menyusun rancangan pembelajaran. Penyusunan rancangan pembelajaran berbasis pada karakteristik dan kebutuhan peserta didik dalam mencapai tujuan pembelajaran. Tujuan pembelajaran selanjutnya dapat diturunkan menjadi Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) dan selanjutnya dapat membuat modul ajar.

Guru dapat menyiapkan berbagai sumber pembelajaran seperti *leaflet* unit alat berat, video unit alat berat pada *website*, buku manual, buku pengayaan, dan unit alat berat yang dimiliki sekolah. Jika sekolah belum memiliki alat berat, sekolah dapat bekerja sama dengan melakukan kunjungan ke perusahaan yang memiliki alat berat (distributor alat berat, kontraktor pertambangan, konstruksi, pertanian, dan *forestry*). Hal itu dapat dilakukan dengan membuat janji dan permohonan izin kerja sama untuk kunjungan ke perusahaan terlebih dahulu. Selain itu, juga membuat jadwal dan memastikan kesiapan para peserta didik yang akan berkunjung ke perusahaan tersebut.

C. Kegiatan Pembelajaran

Sebelum memasuki materi, guru dapat menampilkan pertanyaan pemantik beserta video alat berat yang menggugah peserta didik untuk tertarik mempelajari bab ini. Video yang ditampilkan dapat berupa pengenalan alat berat dengan berbagai jenis, seperti *hydraulic excavator*, *bulldozer*, *motor grader*, dan *dump truck*. Pencarian alat berat pada jaringan internet akan lebih mudah untuk alat berat generasi terbaru dengan fitur-fiturnya atau juga pada saat pameran/*expo*. Peserta didik diharapkan dapat memiliki gambaran tentang materi yang akan dipelajari dalam bab dengan menjawab pertanyaan pemantik dan menonton berbagai video yang berhubungan dengan materi. Video dapat diperoleh dengan mencari di internet (YouTube) atau memanfaatkan video yang sudah dibuat sekolah atau rekan guru dan teman sejawat.



Materi dalam bab ini dilengkapi dengan berbagai aktivitas. Aktivitas tersebut dapat dibedakan menjadi aktivitas mandiri dan kelompok. Berikut beberapa aktivitas mandiri dan kelompok yang disajikan.

Aktivitas 1.1

Aktivitas 1.1 adalah aktivitas kelompok dengan kegiatan mengidentifikasi bagian-bagian *bulldozer* dan *excavator*. Berikut kunci jawaban dari kegiatan mengisi tabel.

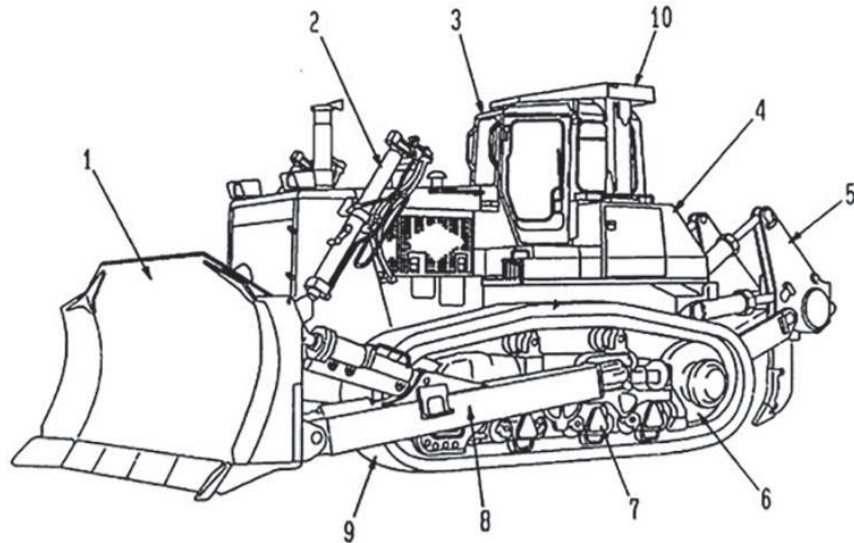
Tabel 1.4 Jawaban Hasil Aktivitas tentang *Attachment* dan *Undercarriage Bulldozer*

Gambar <i>Attachment</i> dan <i>Undercarriage</i>	Nama dan Fungsi <i>Attachment</i> dan <i>Undercarriage Bulldozer</i>
	<i>Straight-tilt dozer</i> , <i>blade</i> ini dilengkapi dengan sebuah <i>tilt cylinder</i> yang memungkinkan kemiringan <i>blade</i> dapat diatur dari kabin operator. Dengan demikian, produktivitas alat dapat meningkat.
	<i>Dual tilt dozer</i> , <i>blade</i> ini memiliki dua <i>tilt cylinder</i> pada kedua sisinya, memungkinkan untuk pergerakan selain <i>blade tilt</i> , tetapi juga <i>pitch</i> . Bagian ini bekerja optimum untuk pemotongan berbagai material dan pengaturan sudut pemotongan yang lebih baik sehingga meningkatkan produktivitas alat.
	<i>Semi U-tilt dozer</i> , <i>blade</i> ini hampir sama dengan <i>straight blade</i> dengan menambah sayap pendek di kedua sisinya sebatas <i>end bit</i> . Dengan demikian, <i>blade</i> ini dapat digunakan untuk meningkatkan kapasitas beban.
	<i>Rake dozer</i> , <i>blade</i> berbentuk garpu yang berfungsi untuk mencabut sisa-sisa akar pohon dan mendorong ranting-ranting kayu agar kerusakan <i>top soil</i> (lapisan tanah atas yang mengandung humus) dapat dikurangi.
	<i>Angle dozer</i> , dapat diserongkan sebesar 25° dan dapat ditinggikan secara manual. <i>Blade</i> ini digunakan untuk pekerjaan <i>scrapping</i> tanah lunak sehingga material dapat terbang ke samping.
	<i>Giant rippers (variable type)</i> , <i>ripper</i> ini dirancang khusus untuk memecah material batu yang cukup keras dan memiliki sebuah <i>ripper point</i> yang dapat diatur (<i>adjustable</i>) guna menyesuaikan dengan material yang digali.
	<i>Towing winch</i> adalah gulungan kawat baja yang diletakkan pada bagian belakang <i>bulldozer</i> yang berfungsi sebagai alat untuk menarik kayu, mesin, <i>portable camp</i> , dan lain-lain.



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


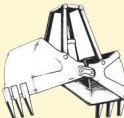

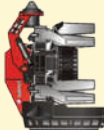


Gambar 1.2 Hasil aktivitas tentang mengidentifikasi komponen bulldozer


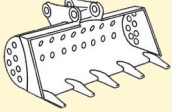
Sumber: Shop Manual Komatsu D375-5

Berikut jawaban hasil aktivitas tentang fungsi *attachment hydraulic excavator*.

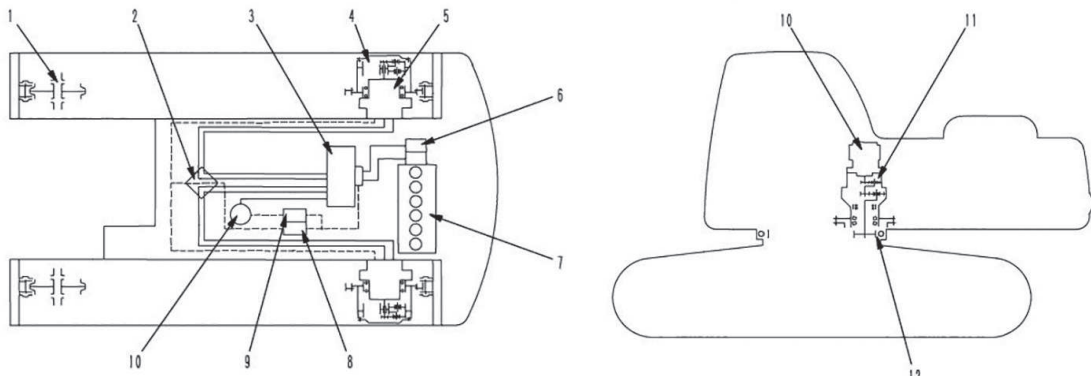
Tabel 1.5 Tabel Latihan Fungsi Attachment Hydraulic Excavator

Gambar Attachment dan Power Train Skeleton	Nama dan Fungsi Attachment dan Power Train Skeleton Hydraulic Excavator
	<p><i>Ripper bucket</i>, bucket yang digunakan untuk bekerja di daerah bebatuan atau tanah liat (<i>clay</i>). Bucket biasa tidak mampu bekerja secara optimal.</p>
	<p><i>Clamshell bucket</i>, digunakan untuk penggalian dengan arah tegak lurus.</p>
	<p><i>Breaker</i>, digunakan untuk memecah batu, aspal, beton, dan lain-lain.</p>
	<p><i>Harvester head</i>, digunakan untuk menebang, memotong dengan ukuran tertentu, dan mengupas kulit pohon.</p>



Gambar Attachment dan Power Train Skeleton	Nama dan Fungsi Attachment dan Power Train Skeleton Hydraulic Excavator
	<p><i>Slope finishing bucket</i>, konstruksi bucket yang sedemikian rupa membuat bucket ini cocok digunakan untuk pembuatan slop saluran kanal irigasi atau sungai.</p>
	<p><i>Ditch cleaning bucket</i>, bucket yang digunakan untuk pengerukan lumpur pada parit atau sungai. Bucket ini memiliki lubang-lubang kecil yang berfungsi untuk mengeluarkan air sehingga material-material keras saja yang dikeruk/tertampung.</p>

Berikut jawaban bagian-bagian *power train hydraulic excavator*.



Keterangan:

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| 1. <i>Idler</i> | 6. <i>Hydraulic pump (HPV95 + 95)</i> |
| 2. <i>Center swivel joint</i> | 7. <i>Engine (SAA6D107E-1)</i> |
| 3. <i>Control valve</i> | 8. <i>Travel speed solenoid valve</i> |
| 4. <i>Final drive</i> | 9. <i>Swing brake solenoid valve</i> |
| 5. <i>Travel motor (HVM120)</i> | |

Gambar 1.3 Jawaban identifikasi *power train hydraulic excavator*

Sumber: *Shop Manual Komatsu PC200-8*

Pada aktivitas ini, guru dapat memberikan pengantar sebelum diskusi dimulai, yakni dapat membuka buku siswa pada materi *bulldozer* dan *hydraulic excavator* (guru dapat memberikan potongan materi dari buku suplemen: *Application Handbook*, *Shop Manual*, dan buku C3. Guru juga dapat menayangkan video pengenalan alat berat. Hal itu untuk memantik peserta didik dalam melakukan pemahaman dalam aktivitas yang akan didiskusikannya.





Aktivitas 1.2

Aktivitas 1.2 adalah aktivitas kelompok dengan kegiatan mengomunikasikan hasil pengamatan spesifikasi teknis dari unit *wheel loader*.

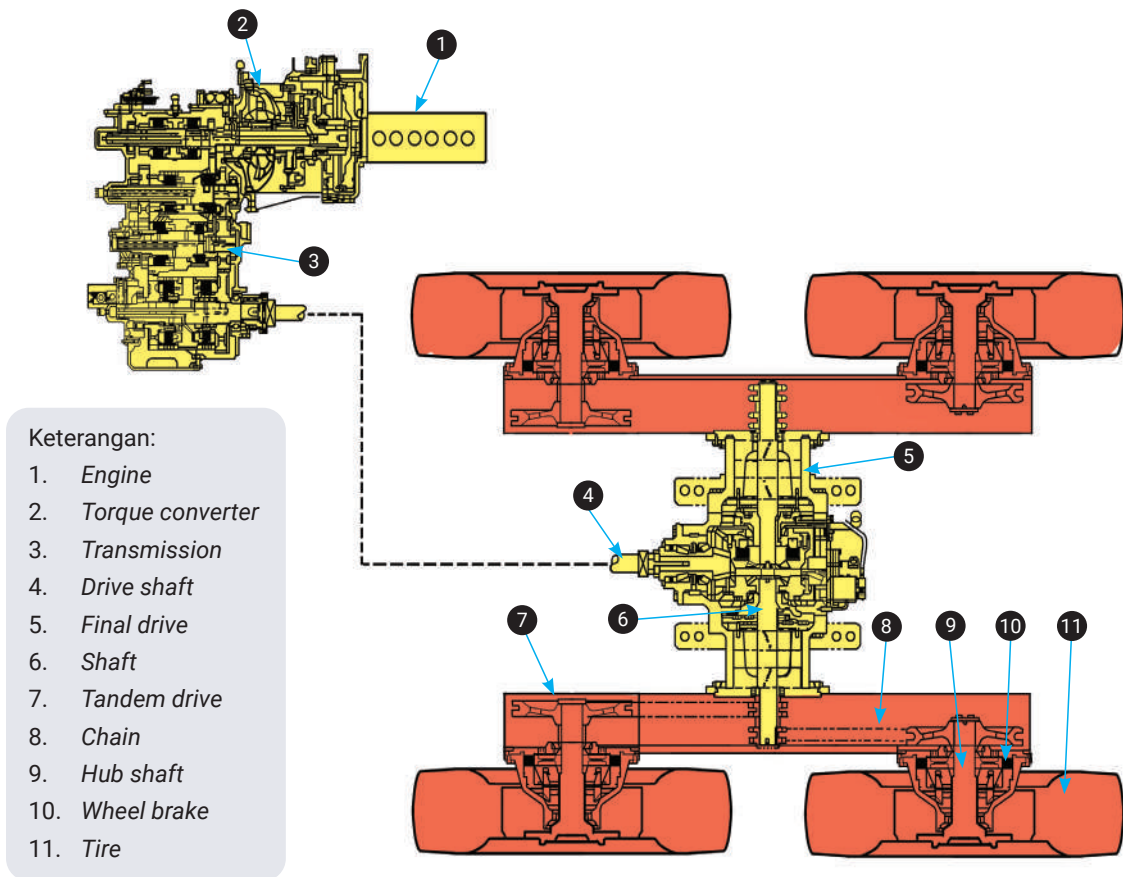
Tabel 1.6 Tabel Hasil Aktivitas tentang Spesifikasi Teknis dari Unit *Wheel Loader*

Komponen	Spesifikasi Teknis pada <i>Wheel Loader</i> (Ex. <i>Komatsu WA380-5</i>)
Engine	<p>Model: SAA6D114E-2</p> <p>Type: 4-cycle, water-cooled, serial 6-cylinder, direct injection type with supercharger and air cooling aftercooler</p> <p>No. of cylinders–bore (mm) x stroke (mm): 6 - 114 x 135</p> <p>Piston displacement: 8.27L {8,270 cc}</p>
Power train	<p>Torque-Converter: 3-element, 1-stage, 1-phase</p> <p>3-element, 1-stage, 2-phase (with lockup clutch)</p> <p>Transmission: multiple-shaft power shift, helical gear and spur gear, constant-mesh type, multiple plate disc type, hydraulically actuated, modulation type</p> <p>Reduction gear: spiral bevel gear, splash lubrication type</p> <p>Differential: straight bevel gear type</p> <p>Final drive: planetary gear 1-stage, splash lubrication type</p>
Axle	<p>Drive type: front and rear wheel drive</p> <p>Front axle: fixed to frame, semi-floating type</p> <p>Rear axle: center pin support, semi-floating type</p>
Tire	<p>Tire Size: 20.5-25-16PR</p> <p>Rim size: 17.00 x 25-1.7</p> <p>Inflation pressure: front & rear tire 343.2 kPa {3.5 kg/cm²}</p>
Brake	<p>Main brake: wheel braking, front and rear wheel independent system, Operation method hydraulically controlled</p> <p>Parking brake: speed change gear output shaft braking, Operation method wet type disc brake</p>
Steering	Type articulated steering, control hydraulic control



Komponen	Spesifikasi Teknis pada <i>Wheel Loader (Ex. Komatsu WA380-5)</i>
Hydraulic System	<p>Hydraulic pump: torque converter pump (type gear type), steering pump (type gear type), hydraulic pump (type gear type), switching pump (type gear type), pilot control pump (type gear type), cooling fan pump (type variable displacement piston type)</p> <p>Cylinder: steering cylinder (type reciprocating piston type), lift cylinder (type reciprocating piston type), bucket cylinder (type reciprocating piston type)</p> <p>Control valve: work equipment control valve (type 2-spool type), steering valve (type spool type)</p> <p>Motor: cooling fan motor (type fixed displacement piston)</p>
Work Equipment	Link type single link, bucket edge type flat blade with top BOC

Jawaban aktivitas menyebutkan nama dan spesifikasi teknis dari komponen-komponen *power train motor grader* sebagai berikut.



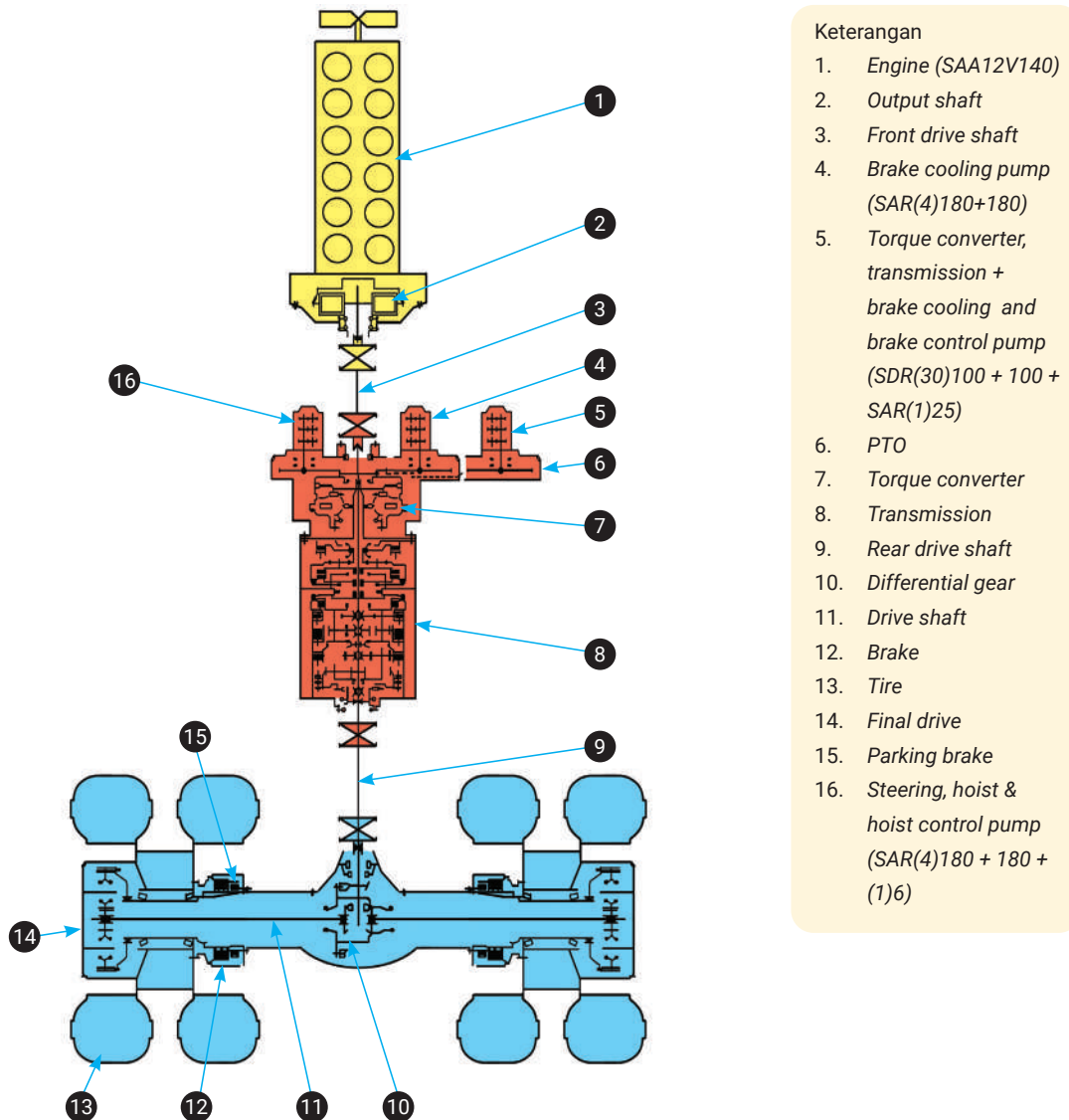
Gambar 1.4 Hasil aktivitas tentang mengidentifikasi *power train motor grader*.

Sumber: diilustrasi ulang dari *Shop Manual Komatsu GD705-5*



Pada aktivitas ini, guru dapat memberikan pengantar sebelum diskusi dimulai, yakni dapat membuka buku siswa pada *wheel loader* dan *motor grader*. Selanjutnya, guru juga membuka *manual book* pada bagian *specification* dan dapat juga menayangkan kembali video pengenalan *wheel loader* dan *motor grader* yang terdapat penjelasan komponen-komponennya. Hal itu untuk memantik peserta didik dalam melakukan pemahaman dalam aktivitas yang akan didiskusikannya.

Kali ini, peserta didik diperbolehkan untuk berganti rekan dalam kegiatan penelitian unit *dump truck*. Tugas peserta didik mencari nama dan spesifikasi teknis komponen-komponen dalam *power train skeleton* untuk *dump truck tipe rigid*.



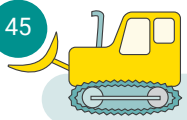
Gambar 1.5 Hasil aktivitas tentang mengidentifikasi *power train dump truck*.

Sumber: diilustrasi ulang dari *Shop Manual Komatsu HD785-7*

Aktivitas berikutnya, peserta didik dan rekannya melakukan pencarian data teknis untuk *articulated dump truck*.

Tabel 1.7 Hasil Aktivitas tentang Spesifikasi Teknis dari Unit *Articulated Dump Truck*

Komponen	Spesifikasi Teknis pada <i>Articulated Dump Truck</i> (Ex. Komatsu HM400-3R)
Engine	<p>Model: SAA6D140E-5</p> <p>Type: 4-cycle, water-cooled, in-line, vertical, direct injection, with turbocharger and air-cooled aftercooler</p> <p>No. of cylinders –bore x stroke: 6 – 140mm x 165mm</p> <p>Total piston displacement: 15.24L {15,240cc}</p>
Power train	<p>Torque converter: 3-element, 1-stage, 2-phase</p> <p>Lockup clutch hydraulically actuated, wet-type, single disc clutch</p> <p>Transmission: TORQFLOW, counter-shaft type, full automatic, electrically/hydraulically actuated, pump force lubrication type</p> <p>No. of speed ranges forward 6-speed, reverse 2-speed</p> <p>Reduction gear system: type_spiral bevel gear, splash lubrication type</p> <p>Differential: type straight bevel gear, splash lubrication type</p> <p>Final reduction gear: planetary gear, splash lubrication type</p>
Steering	<p>Steering method: articulation type</p> <p>Actuating method: full hydraulic</p>
Suspension	<p>Axle type: full floating type (front axle, center axle, rear axle front axle)</p> <p>Suspension method: axle suspension type (front axle: de dion type), axle suspension type (rear axle)</p>
Tire	<p>Size x number: 29.5R25 x 2 (front wheel, center wheel, rear wheel)</p> <p>Inflation pressure: front wheel 380kPa {3.8kg/cm²}, center wheel & rear wheel (400kPa {4.0 kg/cm²})</p>
Brake	<p>Service brake: front wheel (independent front and center wheel brake, sealed, wet- type, multiple disc, hydraulically operated type), Center wheel: (independent front and center wheel brake, sealed, wet- type, multiple disc, hydraulically operated type)</p> <p>Parking brake: spring-boosted caliper disc type</p> <p>Retarder: independent front and center wheel brake, sealed, wet- type, multiple disc, hydraulically operated type</p>



Komponen	Spesifikasi Teknis pada <i>Articulated Dump Truck</i> (Ex. Komatsu HM400-3R)
Hydraulic System	<p><i>Hydraulic pump: steering and hoist pump (variable displacement swash plate piston type), radiator fan pump (variable displacement swash plate piston type), aftercooler fan pump (gear pump), transmission pump (gear pump), torque converter and front brake cooling pump (gear pump), center brake cooling pump (gear pump discharge), center brake cooling remote motor drive pump (gear pump), center brake cooling remote pump (gear pump discharge), brake charge pump (gear pump discharge), emergency steering pump (gear pump)</i></p> <p><i>Motor Hydraulic: radiator fan motor (fixed displacement, swash plate, piston type), aftercooler fan motor (fixed displacement, swash plate, piston type), center brake cooling remote motor (fixed displacement, swash plate, piston type), emergency steering motor (DC motor)</i></p> <p><i>Hydraulic Cylinder: hoist cylinder (piston type, double-acting) , steering cylinder (piston type, double-acting)</i></p>

Pada aktivitas ini, guru dapat memberikan pengantar sebelum diskusi dimulai, yakni dapat membuka buku siswa pada *dump truck* baik *rigid* maupun *articulated*. Selanjutnya, guru juga membuka *manual book* pada bagian *specification* dan dapat juga menayangkan kembali video pengenalan *dump truck* yang terdapat penjelasan komponen-komponennya. Hal itu bertujuan untuk memantik peserta didik dalam melakukan pemahaman dalam aktivitas yang akan didiskusikannya.

Aktivitas 1.3

Pada aktivitas ini, peserta didik bekerja sama dalam kelompok dalam proyek membuat bahan presentasi. Peserta didik dan rekannya membuat bahan presentasi sesuai kreativitas masing-masing kelompok. Peserta didik dan rekannya membuat presentasi tentang pengenalan unit *forklift* dengan menggunakan Canva, Power Point, atau media yang lain, seperti karton dan alat peraga atau video. Waktu presentasi 15 menit dan sesi diskusi antara kelompok satu dan lainnya sekitar 30 menit. Peserta didik dapat memindai kode QR atau membuka tautan berikut untuk referensi.



Pada aktivitas ini, guru dapat memberikan waktu kepada peserta didik untuk membuat materi presentasi. Guru sebelumnya dapat memberikan pengantar tentang media presentasi yang dipilih oleh peserta didik dan beberapa referensi buku atau video terkait alat berat *forklift*. Hal itu untuk memantik peserta didik dalam meningkatkan keterampilannya pada pembelajaran, inovasi, informasi, media, dan teknologi.

Masih dengan proyek yang sama, kali ini untuk unit *harvester*. Salah seorang peserta didik sebagai wakil kelompok melakukan presentasi selama 15 menit dan sesi diskusi selama 30 menit. Peserta didik dapat memindai kode QR atau membuka tautan berikut untuk referensi.

Pada aktivitas ini, guru dapat memberikan waktu kepada peserta didik untuk membuat materi presentasi. Guru sebelumnya dapat memberikan pengantar tentang media presentasi yang dipilih oleh peserta didik dan beberapa referensi buku atau video terkait alat berat *harvester* atau *tractor* yang digunakan pada hutan tanaman industri. Hal itu untuk memantik peserta didik dalam meningkatkan keterampilannya pada pembelajaran, inovasi, informasi, media, dan teknologi.



Aktivitas 1.4

Aktivitas ini merupakan aktivitas mandiri. Peserta didik secara mandiri membuat *mind map* untuk salah satu dari unit *light dump truck*, *compactor*, *crane*, atau komponen *engine*. Peserta didik dapat memindai kode QR atau membuka tautan berikut sebagai referensi.



Pada aktivitas ini, peserta didik dapat mengenal materi untuk bahan *mind map* dan membuat *mind map* sesuai kreativitas peserta didik, baik manual atau menggunakan aplikasi yang dikuasai. Selanjutnya, guru memberikan waktu kepada peserta didik untuk membuat *mind map* mengenai pengenalan unit alat berat *light dump truck*, *crane*, dan *compactor*. Hasil karya peserta didik dipresentasikan di depan kelas. Guru sebelumnya dapat memberikan pengantar akan beberapa referensi buku terkait alat berat *light dump truck*, *crane*, dan *compactor*. Hal itu untuk memantik peserta didik dalam meningkatkan keterampilannya pada pembelajaran, inovasi, informasi, media, dan teknologi.

Kasus Industri

Bagian ini merupakan pembahasan tentang kasus industri yang disajikan dalam buku siswa. Peserta didik mengisi tabel perbandingan pada soal nomor satu. *Hydraulic excavator* berukuran kecil memiliki jumlah yang banyak digunakan pada sektor konstruksi dan perkebunan, khususnya *hydraulic excavator* kelas 20 ton. Berikut komparasi dari di sisi teknis untuk berbagai merek.

Tabel 1.8 Tabel Kasus Industri Komparasi Spesifikasi Teknis *Hydraulic Excavator 20 Tonne Class*

Item	Manufacturer Model	KOMATSU Model PC210-10M0	CATERPILLAR 320D2	HITACHI ZX210H-5A	VOLVO EC210D	SUMITOMO SH210-6
HORSEPOWER SAE J1995 Gross ISO9249/SAE J1349 Net	KW(HP)/rpm KW(HP)/rpm	123 (165)/2000 123 (165)/2000	112.5 (151)/INA 106 (142)/INA	INA 113 (152)/2000	123 (167)/2000 115 (156)/2000	INA 117 (157)/1800
BUCKET CAPACITY RANGE: SAE heaped	m3	0.80 to 1.20	1.0	0.91	0.5 to 1.22	0.50 to 1.10
OPERATING WEIGHT:	kg (lb)	20300	21100	21200	20520	20100
PERFORMANCE:						
Swing speed	min-1	12.4	10.9	13.5	12.3	11.5
Max. travel speed: High	km/h	5.5	5.4	5.5	5.8	5.6
Max. travel speed: Mid	km/h	4.1	-	-	-	-
Max. travel speed: Low	km/h	3.0	INA	3.5	3.6	3.4
Arm crowd force (ISO)	kN	108*	107	114 *	105 *	110 *
Bucket digging force (ISO)	kN	149*	140	158 *	144 *	152 *
WORKING RANGE:						
Max. digging height	mm	10065	9490	10040	9460	9610
Max. dumping height	mm	7160	6490	7180	6650	6810
Max. digging depth	mm	6515	6730	6670	6730	6650
Max. vertical wall digging depth	mm	5810	5750	5990	6090	5960
Max digging reach at ground level	mm	9680	9890	9750	9770	INA
Min. swing radius of implement	mm	2990	INA	3180	3640	3600



Item	Manufacturer Model	KOMATSU Model PC210-10M0	CATERPILLAR 320D2	HITACHI ZX210H-5A	VOLVO EC210D	SUMITOMO SH210-6
DIMENSIONS:						
Overall length	mm	9550	9460	9660	9690	9400
Overall width	mm	2800	2800	2880	2800	2800
Overall height	mm	3045	3030	3010	2930	2960
Ground clearance	mm	440	450	450	460	440
Tail swing radius	mm	2900	2750	2890	2850	2750
Track length	mm	4070	4080	4170	4160	4180
Track gauge	mm	2200	2200	2200	2200	2200
ENGINE:						
Model		Komatsu	Caterpillar	Isuzu	Volvo	Isuzu
Type		SAA6D107E-1	C7.1ACERT	GI-4HK1XKSA-02	D5E	GI-4HK1X
No. of cylinders – bore x stroke	mm (in)	6 - 107 x 124	6 - 105 x 125	4 - 115 X 125	4 - 108 x 130	4-115 x 125
Piston displacement	ltr (in ³)	6.69	5.193	5.193	4.7	5.19
HYDRAULIC SYSTEM:						
Hydraulic pump						
Max. flow (excl. sub-pump)	L/min	Variable capacity	Variable capacity	Variable capacity	Variable capacity	Variable capacity
Relief valve setting	MPa	490	404	424	424	422
TRACK SHOES:						
Width/Ground pressure	mm/kPa	37.3 *	35.0	38.0 *	34.3 *	36.8 *
Basic shoes		500/55.2	600/48.6	600/47	600/45.9	600/45
Other shoes		600/46.3	700/42.2		700/39.7	700/39
		700/40.4	790/37.9		800/35.2	800/35
		800/35.8			900/31.6	
Fuel tank refill capacity						410
*) SPEC. CONDITIONS:						
• Boom	mm	5700	5700	5680	5700	5700
• Arm	mm	2925	2900	2910	2900	2940
• Bucket (SAE heaped)	m ³	0.80	1.0	0.91	0.92	0.80
• Track shoes: Type		Triple	Triple	Triple	Triple	Triple
• Track shoes: Width	mm	600	600	600	600	600

D. Refleksi Guru

Bagian refleksi guru mengajak peserta didik untuk merasakan semua yang telah dijalani selama proses pembelajaran berlangsung. Bagian manakah peserta didik merasakan kemudahan dan dapat belajar secara efektif? Lingkungan dan situasi seperti apa yang mendukung pembelajaran? Pada bagian refleksi ini peserta didik diajak untuk merefleksikan diri, kapan dirinya kurang antusias dalam pembelajaran. Jika mengalami hal yang serupa, pada masa mendatang apa yang harus dilakukan agar pembelajaran dapat berjalan dengan baik?



E. Asesmen

Asesmen terdapat pada tiap akhir bab adalah asesmen formatif untuk menilai perkembangan kompetensi peserta didik yang dipelajarinya. Penyusunan asesmen mengacu pada tujuan pembelajaran (TP). Fungsi asesmen adalah sebagai alat untuk mengukur ketercapaian TP, baik aspek pengetahuan, keterampilan, dan sikap.

1. Rubrik Penilaian

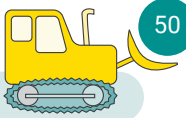
Pada rubrik penilaian ini ada tiga aspek yang akan diukur, yaitu pengetahuan, keterampilan, dan sikap.

Tabel 1.9 Rubrik Penilaian Pengetahuan dan Keterampilan

No. Soal	Soal	Jumlah Soal	Aspek yang Diukur	Jawaban Benar	Jawaban Salah	Tidak Menjawab
a	Jenis, spesifikasi dan aplikasi alat berat	8	Pengetahuan	2	1	0
b	Studi kasus pemilihan alat berat	1	Pengetahuan dan Keterampilan	2	1	0

Tabel 1.10 Rubrik Penilaian Sikap

Aspek	Sangat Baik	Baik	Cukup	Kurang
Disiplin	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas sebelum waktunya.	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas tepat waktu.	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas 1-2 menit dari waktu yang ditentukan.	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas lebih dari 3 menit dari waktu yang ditentukan.



Aspek	Sangat Baik	Baik	Cukup	Kurang
Ketelitian	Peserta didik melaksanakan tugas dengan baik dan tepat.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan baik, tetapi kurang tepat.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan cukup baik, tetapi kurang tepat.	Peserta didik melaksanakan tugas, tetapi kurang baik dan kurang tepat.
Tanggung jawab	Peserta didik selalu melaksanakan seluruh tugas dan kewajiban dengan baik.	Peserta didik sudah menjalankan tugas dan kewajiban dengan baik.	Peserta didik kadang-kadang menjalankan tugas dan kewajiban yang seharusnya dilakukan.	Peserta didik belum menjalankan tugas dan kewajiban yang semestinya dilakukan.
Mandiri	Peserta didik melaksanakan tugas sendirian tanpa dibantu orang lain.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan sedikit diberi petunjuk/bantuan dari guru.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan dibimbing guru.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan mencontek.

2. Materi Asesmen

A. Pilihan Ganda

Peserta didik memilih salah satu jawaban yang benar dari pertanyaan. Berikut pertanyaan dan kunci jawabannya.

- Cermati pernyataan berikut ini. Mekanik A menyatakan bahwa sebuah alat *forwarder* memiliki dua buah *differential* yang terletak di bagian belakan alat. Mekanik B menyatakan bahwa kedua buah *differential* yang dimaksud berada di bagian depan dan belakang alat. 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

(Jawaban: b)



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

(Jawaban: d)

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

(Jawaban: b)

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

(Jawaban: d)

5. Mekanik A menyatakan bahwa untuk memecahkan material bebatuan yang cukup keras digunakan 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
- mekanik A**
 - mekanik B
 - mekanik A dan mekanik B
 - tidak ada pernyataan yang benar
 - mekanik A salah dan mekanik B benar

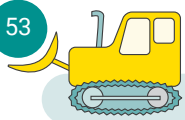
(Jawaban: a)

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
- mekanik A**
 - mekanik B
 - mekanik A dan mekanik B
 - tidak ada pernyataan yang benar
 - mekanik A salah dan mekanik B benar

(Jawaban: a)

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
- mekanik A
 - mekanik B**
 - mekanik A dan Mekanik B
 - tidak ada pernyataan yang benar
 - mekanik A benar dan mekanik B salah

(Jawaban: b)



8. Komatsu *dump truck* merupakan sebuah alat berat yang berfungsi untuk memindahkan material dengan jarak tertentu. Mekanik A menyatakan bahwa Komatsu *dump truck* berfungsi untuk mengangkut material dengan jarak pendek. Mekanik B menyatakan bahwa Komatsu *dump truck* berfungsi untuk mengangkut material dari jarak menengah hingga jarak jauh terdiri dari dua tipe
- mekanik A
 - mekanik B**
 - mekanik A dan Mekanik B
 - tidak ada pernyataan yang benar
 - mekanik A benar dan Mekanik B salah

(Jawaban: b)

B. Uraian

Pertanyaan:

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

Jawaban:

Parameter yang penting dalam pemilihan alat berat, yaitu kesesuaian unit dengan pekerjaan, performa unit berupa tenaga dan kecepatan perlengkapan (*cycle time*) pada pekerjaan utama (*primary work*). Selain itu, parameter lain yang menjadi penting dalam pemilihan alat berat, yaitu pemakaian bahan bakar dan masa pakai unit alat berat itu sendiri. Parameter-parameter tersebut akan menentukan produksi alat dan pemakaian bahan bakar setiap waktunya. Dengan demikian, parameter utamanya lebih pada *fuel rate* yang menyatakan banyaknya bahan bakar yang diperlukan untuk menghasilkan produksi dari alat berat dengan satuan *tonne/ litre* atau *bcm/ litre*.

F. Sumber Belajar

Guru dapat memperkaya pengetahuan, keterampilan, dan pengalaman sebagai pengajar untuk mengembangkan potensi diri secara maksimal. Sumber belajar yang dapat digunakan dalam materi pada Bab 1 oleh guru, antara lain, buku-buku suplemen dan bahan referensi berikut.

- Leaflet product* alat berat
- Specification handbook*

Tim Sekolah Menengah Teknik Alat Berat. *Modul Teknik Dasar Otomotif*. United Tractors. 2020



3. *Manual book*

Shop Manual. *Hydraulic Excavator*. PC210- 10 MO. PC2100LC-10MO. Serial Number: C00001. Komatsu.

Shop Manual. *Motor Grader*. GD705-5. Serial Number: 26001. Komatsu.

4. *Website yang relevan dan tepercaya.*

Guru juga dapat mencari sendiri materi pengayaan yang paling sesuai dengan kebutuhannya. Guru dapat mengajak para peserta didik untuk sama-sama membahas beberapa materi pada buku suplemen dan juga berselancar di *website* yang telah dikurasi terlebih dahulu.

G. Lembar Kegiatan Peserta didik

Lembar kerja peserta didik disusun dengan tujuan untuk membantu peserta didik dalam memperdalam pemahaman materi pengenalan alat berat melalui latihan yang terstruktur dan terarah. Lembar ini dapat bersifat individu maupun kelompok yang terintegrasi di dalam aktivitas-aktivitas. Dengan mengikuti lembar kerja ini, diharapkan peserta didik dapat lebih aktif, kreatif, dan kritis dalam proses belajar. Selain itu, peserta didik mampu mengembangkan keterampilan berpikir yang diperlukan untuk mencapai kompetensi yang diharapkan.

Pada bagian ini, penugasan lebih diarahkan dalam kelompok. Dengan demikian, lembar kegiatan peserta didik yang akan dikembangkan sebagai acuan aktivitas kelompok. Aktivitas pada bab 1 ini mencakup pekerjaan mandiri, diskusi kelompok, menyajikan materi presentasi, *mind map*, dan kegiatan presentasi. Selain itu, ada kasus industri, menonton dan mereviu video. Semoga lembar kerja ini bermanfaat dan dapat memotivasi peserta didik untuk terus belajar dan berprestasi. Dengan demikian, keterampilan pembelajaran dan inovasi, keterampilan informasi, media, serta teknologi dapat tercapai.

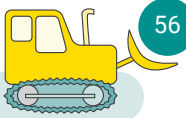
H. Kegiatan Tindak Lanjut

Tindak lanjut ini disusun sebagai bagian penting dari proses pembelajaran. Tujuannya untuk memastikan bahwa setiap materi yang telah dipelajari dapat dipahami secara menyeluruh dan mendalam oleh peserta didik. Peserta didik diharapkan dapat lebih menguasai kompetensi yang telah diajarkan dengan adanya tindak lanjut ini. Selain itu, peserta didik mampu mengaplikasikannya dalam berbagai konteks pada pekerjaan alat berat.



Kegiatan tindak lanjut setelah pembelajaran dalam bab ini dilakukan pada bab selanjutnya. Tindak lanjut berupa perbaikan cara memfasilitasi pembelajaran selanjutnya berdasarkan refleksi sendiri oleh guru. Guru menggunakan cara yang lebih tepat dengan cara belajar peserta didik di lingkungan sekolah masing masing. Selain itu, kegiatan tindak lanjut didasarkan pada hasil asesmen yang dilakukan, baik asesmen formal di akhir pembelajaran maupun asesmen informal, seperti pengamatan oleh guru setiap harinya.

Pengayaan yang disajikan dalam buku siswa dapat dimanfaatkan bagi peserta didik yang telah tuntas mencapai tujuan pembelajaran. Pengayaan dapat menambah wawasan peserta didik tentang alat berat. Selain itu, guru membentuk kegiatan tutorial dengan menggunakan tutor sebaya. Peserta didik yang tertinggal dalam pelajaran sebelumnya dapat belajar bersama dengan peserta didik yang terdepan dalam pembelajaran.

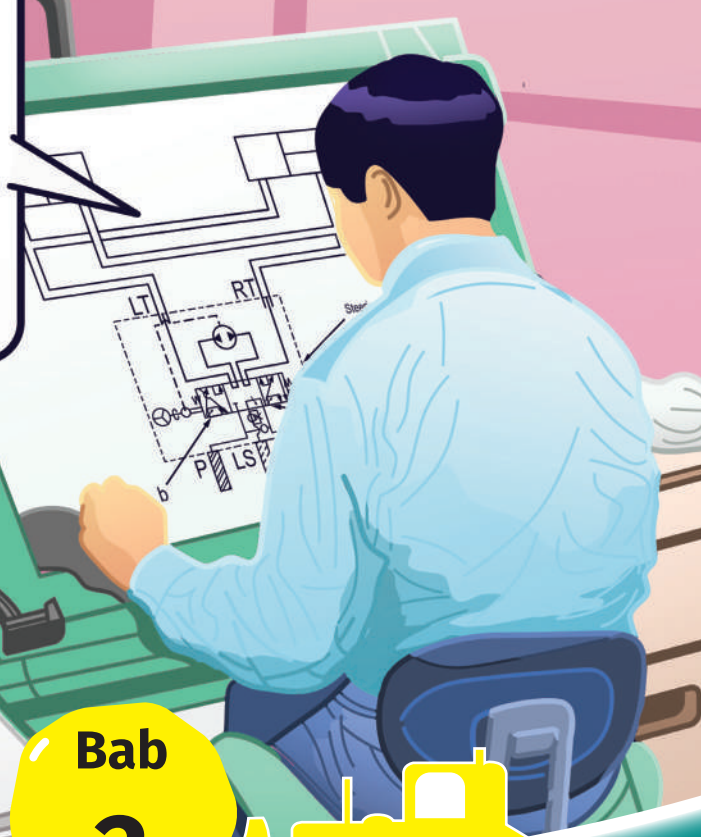
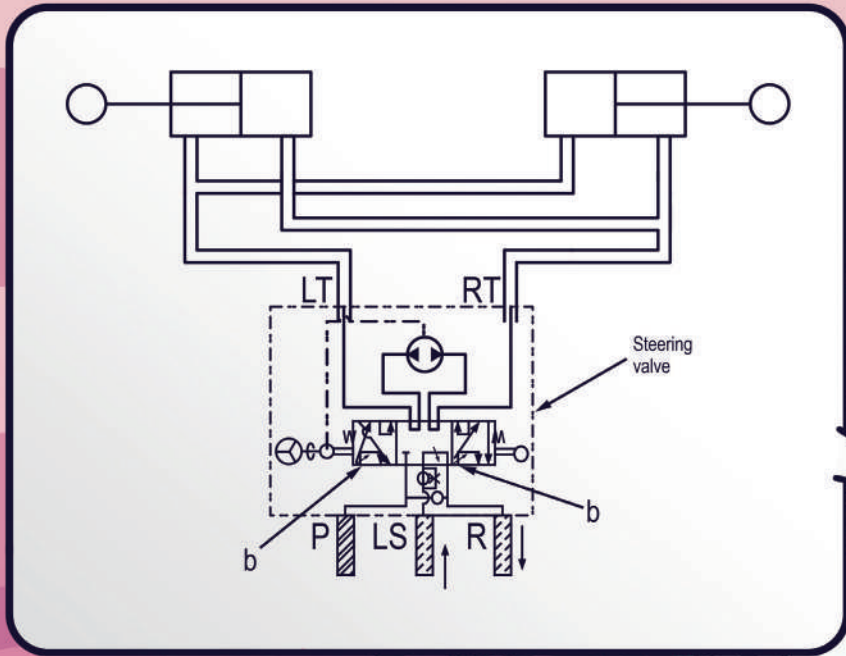


KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2024

Panduan Guru Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XI

Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin

ISBN: 978-634-00-0165-5



Bab
2



Gambar Teknik

Bab 2 membahas tentang Gambar Teknik yang terdiri dari tiga subbab. Setiap subbab memuat materi dan aktivitas yang membangun pemahaman peserta didik dalam membaca dan membuat gambar teknik. Aktivitas-aktivitas dalam bab ini disajikan untuk membangun *critical thinking* peserta didik dan melatih peserta didik untuk bekerja sama dalam kelompok (*teamwork*). Di akhir bab disajikan proyek yang bertujuan memperdalam pemahaman peserta didik tentang gambar teknik.

Guru dapat menggunakan metode pembelajaran yang paling sesuai dengan kondisi di sekolahnya. Beberapa pilihan metode pembelajaran yang dapat digunakan antara lain diskusi, pembelajaran berdiferensiasi, dan *project based learning* (PjBL). Guru dapat menggunakan metode pembelajaran lain yang paling sesuai dengan kondisi di sekolahnya dan mendorong pembelajaran yang berpusat pada peserta didik.

Aktivitas di buku siswa dapat dijadikan inspirasi untuk asesmen formatif dan sumatif. Walaupun demikian, guru dapat membuat sendiri asesmennya sesuai dengan kebutuhan. Guru dapat menyiapkan laptop, *projector*, dan media lain untuk menampilkan gambar gambar teknik dan video-video pembelajaran yang mendukung materi.

A. Skema Pembelajaran

Skema pembelajaran pada bab ini meliputi tujuan pembelajaran, peta materi, mengetahui kemampuan awal peserta didik, dan rekomendasi alokasi waktu. Selain itu, ada apersepsi, materi pokok, alternatif aktivitas pembelajaran, refleksi, dan *soft skill* dalam pembelajaran.

1. Tujuan Pembelajaran

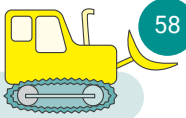
Guru perlu untuk mencermati tujuan pembelajaran dari bab ini yang dituliskan pada buku siswa sebagai berikut.

Tujuan Pembelajaran

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

Tujuan pembelajaran tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut.

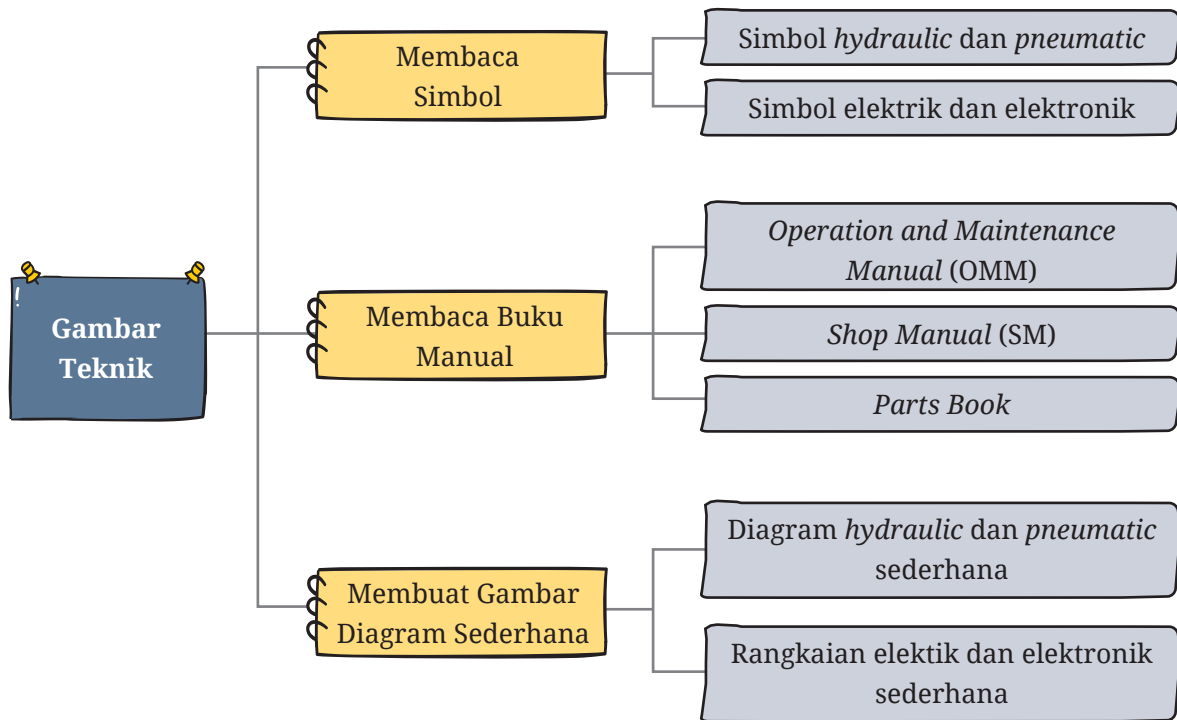
- Peserta didik mampu membaca dan menjelaskan simbol-simbol *hydraulic*, *pneumatic*, elektrik dan elektronik.
- Peserta didik mampu membaca *manual book*.
- Peserta didik mampu membuat gambar diagram *hydraulic*, *pneumatic*, elektrik, dan elektronik sederhana.



Dari rumusan tujuan pembelajaran tersebut, tergambar bahwa Bab 2 ini akan berfokus pada pengetahuan dasar dari materi-materi selanjutnya dalam teknik alat berat. Dengan kata lain, bahwa bab ini merupakan prasyarat bab selanjutnya.

2. Peta Materi

Peta materi dalam bab ini adalah bagan yang menunjukkan materi yang perlu dikuasai untuk mencapai tujuan pembelajaran. Materi menyangkut membaca dan menjelaskan simbol-simbol *hydraulic*, *pneumatic*, elektrik, dan elektronik. Selain itu, membaca *manual book* serta membuat gambar diagram *hydraulic*, *pneumatic*, elektrik, dan elektronik sederhana.



Gambar 2.1 Peta materi gambar teknik

Peta materi ini dibuat untuk mempermudah peserta didik dan guru dalam proses pembelajaran. Guru dapat mengembangkan sendiri peta materi yang paling mudah dipahami dan diaplikasikan.

3. Mengetahui Kemampuan Awal Peserta Didik

Hal yang perlu dilakukan setiap tahap pembelajaran adalah mengetahui kemampuan awal peserta didik. Guru akan dapat merancang program pembelajaran yang tepat. Terdapat beberapa cara untuk mengetahui kemampuan awal peserta didik. Cara yang pertama dapat digunakan melalui asesmen tertulis atau praasesmen. Selanjutnya, dapat digunakan teknik



wawancara dan penelusuran portofolio peserta didik. Guru dapat memilih dan menyesuaikan cara yang diambil untuk mengetahui kemampuan awal peserta didik menyesuaikan dengan situasi dan kondisi di sekolahnya.

4. Rekomendasi Alokasi Waktu

Alokasi waktu yang diperlukan untuk pembelajaran Bab 2 Gambar Teknik ini adalah dua pekan. Pada Kurikulum Merdeka alokasi waktu dalam 1 minggu untuk mata pelajaran Teknik Alat Berat Kelas XI adalah 18 Jam Pelajaran (JP) dan 1 JP @ 45 menit dengan rincian seperti tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Alokasi Waktu Pembelajaran

No.	Subbab	Alokasi Waktu
1.	Membaca simbol-simbol <i>hydraulic, pneumatic</i> , elektrik, dan elektronik	18 JP
2.	Membaca <i>manual book</i>	9 JP
3.	Membuat gambar <i>hydraulic, pneumatic</i> , elektrik, dan elektronik sederhana	9 JP

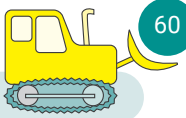
Jumlah alokasi waktu ini hanyalah rekomendasi yang tidak mengikat. Alokasi waktu dapat ditambahkan atau dikurangi berdasarkan kebutuhan, situasi, dan kondisi di sekolah.

5. Apersepsi

Setiap bab disajikan apersepsi yang dibutuhkan untuk menggugah motivasi peserta didik dalam belajar. Apersepsi disajikan dengan memberikan informasi berupa narasi dan pertanyaan pemantik. Pada bab ini apersepsi disajikan berupa pengalaman hidup sehari-hari di bidang otomotif. Hal terkecil adalah pengalaman mengendarai sepeda motor. Penggunaan sepeda motor ini dimunculkan karena peserta didik umumnya sudah mengendarai sepeda motor. Sementara itu, mengendarai mobil dan alat berat mungkin belum begitu familier.

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 perakitanya banyak terdapat simbol-simbol, bukan? Apakah kalian menyadarinya, bahwa simbol-simbol berperan penting dalam memberikan informasi yang lebih menarik dan *eye catching* dibandingkan dengan tulisan? Pada bab ini akan dipelajari berbagai simbol yang menjadi informasi yang berhubungan dengan gambar teknik dan alat berat.

Apersepsi pada buku siswa ini bersifat fleksibel. Guru dapat menambahkan atau justru menggantinya dengan yang lebih relevan sesuai dengan kondisi dan situasi di sekolah.



6. Materi Pokok dan Alternatif Aktivitas Pembelajaran

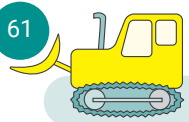
Materi pokok pada bab ini terdiri dari tiga subbab. Guru dapat mempelajari materi pokok yang ada di buku siswa dan dapat mencari referensi lain yang sesuai untuk memperkaya pemahaman materi. Aktivitas-aktivitas pembelajaran yang disajikan dalam tabel 2.2 tidak hanya aktivitas yang ada di buku siswa, tetapi juga mencakup alternatif aktivitas lain yang dapat dilakukan oleh guru. Meskipun demikian, aktivitas pembelajaran yang dapat dilakukan di kelas tidak terbatas pada yang tersaji di tabel. Guru dapat menambah alternatif aktivitas pembelajaran lain yang sesuai dengan kondisi di sekolah dan potensi yang ada di wilayah masing-masing.

Tabel 2.2 Materi Pokok dan Alternatif Aktivitas Pembelajaran

No.	Subbab	Materi Pokok	Alternatif Aktivitas Pembelajaran
1.	Membaca simbol	Simbol <i>hydraulic</i> , <i>pneumatic</i> , elektrik, dan elektronik	<ol style="list-style-type: none">1. Diskusi kelompok2. Mengamati langsung di unit3. Kunjungan ke dealer terdekat
2.	Membaca buku	<i>Manual book</i>	<ol style="list-style-type: none">1. Diskusi kelompok2. Membaca langsung dari macam-macam buku manual dari berbagai merek dan tipe
3.	Membuat gambar	Gambar <i>hydraulic</i> , <i>pneumatic</i> , elektrik, dan elektronik sederhana	<ol style="list-style-type: none">1. Diskusi kelompok2. Mengamati langsung di unit3. Membaca langsung dari macam-macam buku manual

7. Refleksi

Refleksi langsung dapat dilakukan dengan mengarahkan peserta didik untuk membaca bagian refleksi di akhir bab. Pada bagian refleksi ini, guru mencermati hasil kerja peserta didik saat asesmen sebelum pembelajaran dan asesmen sumatif. Guru dapat memfasilitasi peserta didik yang masih kesulitan pada bab ini. Kesulitan apa saja yang ditemui peserta didik? Apa yang membuat peserta didik kurang memahami materi tertentu? Bagaimana caranya agar peserta didik dapat menguasai materi yang belum dipahami tersebut? Guru dapat menanyakan hal-hal terkait hasil refleksi agar peserta didik merasa terbantu dalam menemukan jawabannya.



8. *Soft skill* dalam Pembelajaran

Soft skill dalam bab ini yang ditekankan, antara lain, kreatif, inovatif, kerja sama, komunikasi, ketelitian, kecermatan, mudah beradaptasi, pembelajar, dan kejujuran. *Soft skill* tiap subbab disajikan dalam tabel 2.3 berikut.

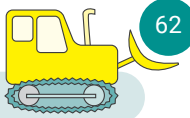
Tabel 2.3 Daftar *Soft Skill* dari Subbab Gambar Teknik

No.	Subbab	Soft Skill
1.	Membaca simbol-simbol <i>hydraulic</i> , <i>pneumatic</i> , elektrik, dan elektronik	Komunikasi, ketelitian, kecermatan, pembelajar, dan kejujuran
2.	Membaca <i>manual book</i>	Komunikasi, ketelitian, kecermatan, mudah beradaptasi, pembelajar, dan kejujuran
3.	Membuat gambar <i>hydraulic</i> , <i>pneumatic</i> , elektrik, dan elektronik sederhana	Kreatif, inovatif, ketelitian, kecermatan

B. Persiapan Pembelajaran

Guru dapat menyusun rancangan pembelajaran sebagai persiapan pembelajaran pada bab ini. Penyusunan rancangan pembelajaran berbasis pada karakteristik dan kebutuhan peserta didik dalam mencapai tujuan pembelajaran. Tujuan pembelajaran selanjutnya dapat diturunkan menjadi Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) dan selanjutnya dapat membuat modul ajar.

Guru dapat menyiapkan berbagai sumber pembelajaran, seperti buku manual, buku pengayaan, video pembelajaran, dan unit alat berat yang dimiliki sekolah. Selain itu, jika dibutuhkan kunjungan ke dealer untuk melihat unit alat berat karena di sekolah tidak memilikinya. Jika diperlukan kunjungan ke dealer, guru perlu membuat janji dan permohonan izin berkunjung terlebih dahulu. Selain itu, guru juga membuat jadwal dan menyiapkan peserta didik yang akan dibawa berkunjung ke dealer.



C. Kegiatan Pembelajaran

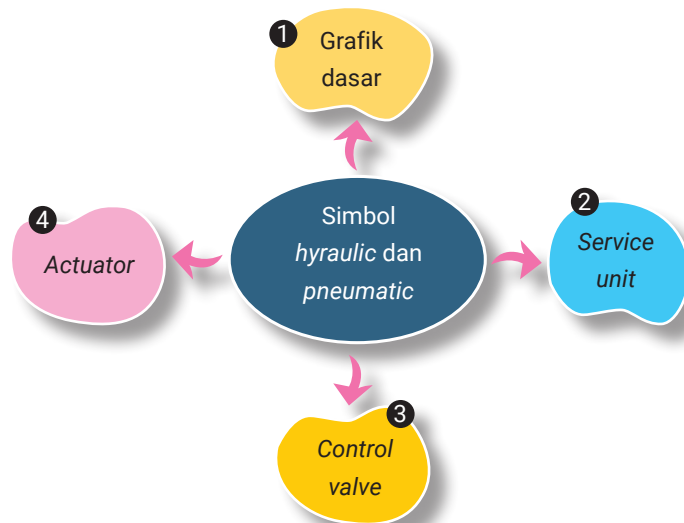
Sebelum memasuki materi, guru dapat menampilkan video yang menggugah peserta didik untuk tertarik mempelajari bab ini. Video yang ditampilkan dapat berupa gambaran mekanik alat berat, operator alat berat, atau unit alat berat yang sedang beroperasi di lahan tambang, dan lain sebagainya. Dengan melihat video ini diharapkan peserta didik dapat memiliki gambaran mengenai bab ini. Video dapat diperoleh dengan mencari di internet (YouTube) atau memanfaatkan video yang sudah dibuat sekolah atau rekan guru (teman sejawat).

Materi dalam bab ini dilengkapi dengan berbagai aktivitas. Aktivitas tersebut dapat dibedakan menjadi aktivitas mandiri dan kelompok. Berikut beberapa aktivitas mandiri dan kelompok yang disajikan terintegrasi dalam materi.

1. Membaca Simbol-Symbol *Hydraulic*, *Pneumatic*, Elektrik, dan Elektronik

a. Simbol *Hydraulic* dan *Pneumatic*

Subbab pertama yang akan dipelajari dalam buku ini adalah membaca simbol *hydraulic* dan *pneumatic* serta simbol-simbol elektrik dan elektronik. Guru dapat mencari bahan pembelajaran terkait materi simbol-simbol lain di luar buku teks peserta didik. Pembelajaran dalam buku ini sifatnya tidak mengikat, hanya berupa inspirasi saja. Guru dapat menyesuaikan dengan kondisi sekolah masing-masing. Pengelompokan simbol-simbol secara umum sesuai dengan grafik berikut.



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

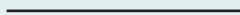
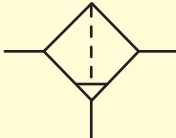

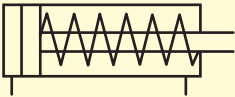


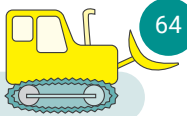
Guru menjelaskan dan memberi contoh terlebih dahulu kepada peserta didik dalam mengerjakan aktivitas. Tujuannya agar peserta didik memahami hal yang akan dikerjakan atau didiskusikan. Guru mengenalkan simbol untuk grafik dasar yang telah disajikan dalam buku siswa, seperti simbol *main line*, *pilot line*, dan lain-lain.

Aktivitas 2.1

Aktivitas 2.1 merupakan aktivitas kelompok. Pada aktivitas ini peserta didik bekerja sama mengelompokkan simbol-simbol dan memberi contoh dan nama simbol tersebut. Berikut kunci jawaban dari hasil kegiatan aktivitas 2.1. Kunci jawaban ini hanya berupa contoh jawaban saja. Ada kemungkinan jawaban lain karena banyaknya simbol di setiap kelompoknya.

Tabel 2.4 Contoh Jawaban Aktivitas 2.1

No.	Pengelompokan Simbol	Contoh Simbol dan Namanya
1.	Grafik dasar	 <i>Main Line</i> (saluran utama)
2.	<i>Service unit</i>	 <i>Air filter</i> dengan <i>separator</i> dengan <i>manual drain</i>
3.	<i>Control valve</i>	 <i>check valve</i>
4.	Aktuator	 <i>Single acting cylinder</i>



Aktivitas 2.2

Aktivitas 2.2 merupakan aktivitas mandiri. Pada aktivitas ini peserta didik secara mandiri mampu membuat gambar simbol grafik dasar. Guru perlu menjelaskan terlebih dahulu materi dalam tabel 2.3 di buku siswa agar peserta didik dapat memahami maksud dari tugas yang diberikan dalam aktivitas ini. Jika perlu, guru dapat menggambarkan ketiga garis yang dimaksud di papan tulis di depan kelas. Berikut kunci jawaban dari hasil kegiatan aktivitas 2.2.

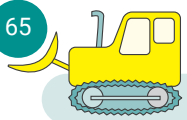
Tabel 2.5 Jawaban Aktivitas 2.2

No.	Simbol	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> , saluran <i>bleeding</i> .
3.	-----	<i>Drain line</i> Saluran pengurasan

Aktivitas 2.3

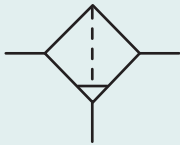
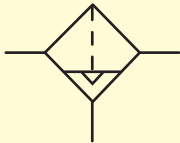

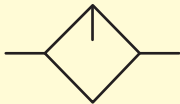
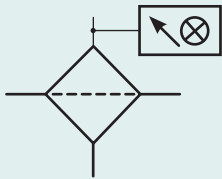


Aktivitas 2.3 merupakan aktivitas kelompok. Pada aktivitas ini, peserta didik mampu bekerja sama menjelaskan pengertian *service unit* dan dapat menyebutkan komponen yang termasuk *service unit* pada sistem *hydraulic* dan *pneumatic*. Pada aktivitas ini, guru perlu untuk menjelaskan contoh simbol-simbol *service unit* pada tabel 2.4 pada buku siswa. Ada 16 contoh simbol *service unit* dalam tabel tersebut. Guru dapat menambahkan dan memfasilitasi peserta didik untuk dapat menambahkan simbol *service unit* yang didapatkan dari sumber lain. Berikut kunci jawaban dari hasil kegiatan aktivitas 2.3.

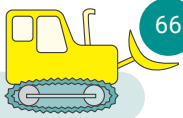
1. *Service unit* adalah komponen pada sistem *hydraulic* dan *pneumatic* yang berfungsi melayani komponen lainnya di dalam sistem *hydraulic* dan *pneumatic*. Contohnya, *air filter*, berfungsi menyaring udara yang masuk ke sistem. Jadi di sini *air filter* melayani sistem *pneumatic*, misalnya agar udara yang dihisap pompa menjadi bersih dan tidak merusak komponen yang dilaluinya.



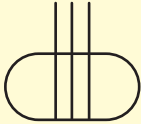



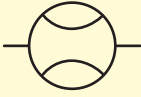

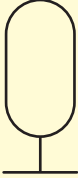


2. Komponen yang masuk dalam kategori *service unit* adalah sebagai berikut.

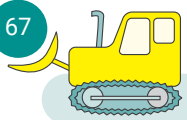
Tabel 2.6 Jawaban Aktivitas 2.3

No.	Simbol	Nama	Keterangan
1.		<i>Air filter dengan separator dengan manual drain</i>	Saringan udara dengan pemisah menggunakan penguras manual
2.		<i>Air filter dengan separator dengan automatic drain</i>	Saringan udara dengan pemisah menggunakan penguras otomatis
3.		Air dryer	Pengering udara
4.		<i>Lubricator</i>	Pemberi pelumas
5.		<i>Filter dengan 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



No.	Simbol	Nama	Keterangan
8.		<i>Reservoir</i> (pemipaan di level atas)	Tangki penampungan oli <i>hydraulic</i> tidak bertekanan
9.		<i>Reservoir</i> (pemipaan di level 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 penyimpanan oli <i>hydraulic</i>
16.		Penyimpanan udara	Tabung penyimpan udara

Sumber: Schematic 776D, Tractor/Off-Highway Trucks, Hydraulic Schematic, Caterpillar, 1999.

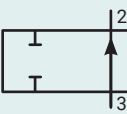
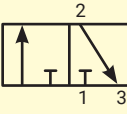
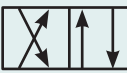
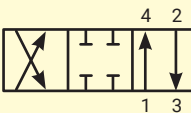
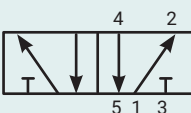




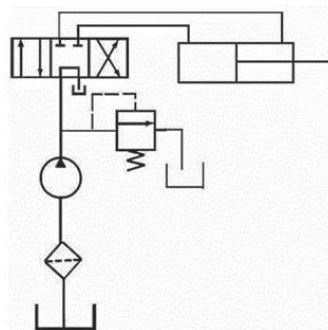
Aktivitas 2.4

Aktivitas 2.4 merupakan aktivitas kelompok. Pada aktivitas ini, peserta didik mampu bekerja sama membuat gambar simbol *directional control valve* dan gambar rangkaian *hydraulic* sederhana. Pada aktivitas ini peserta didik diminta memilih satu simbol dari tabel 2.5 simbol DCV pada buku siswa. Guru pertama-tama perlu menjelaskan macam-macam simbol DCV pada tabel 2.5. Pada contoh tabel 2.5 buku siswa terdapat lima contoh simbol DCV. Guru dapat menambahkan contoh simbol DCV lainnya, jika dibutuhkan, misalnya untuk pengayaan bagi peserta didik. Berikut kunci jawaban dari hasil kegiatan aktivitas 2.4.

Tabel 2.7 Simbol DCV

No.	Simbol	Nama	Keterangan
1.		2/2 way valve	Dua <i>port</i> tertutup di posisi netralnya dan mengalir saat posisi aktuasi.
2.		3/2 way valve	Posisi pertama ada aliran ke dalam silinder. Pada posisi kedua aliran menuju ke luar silinder (<i>single acting cylinder</i>).
3.		4/2 way valve	Empat <i>port</i> , 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 <i>port</i> pengeluaran.

Contoh penggunaan DCV sebagai berikut.



Gambar 2.3 Contoh diagram sirkuit *hydraulic* sederhana

Sumber: Schematic 776D, Tractor/Off-Highway Trucks, Hydraulic Schematic, Caterpillar, 1999.



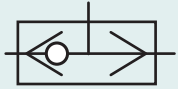
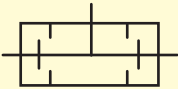
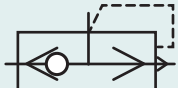


Gambar tersebut memperlihatkan simbol-simbol *hydraulic* yang dimulai dari bawah, yakni reservoir (*unpressurized*), dilanjutkan filter, dan *hydraulic pump*. Dari *hydraulic pump* dilanjutkan saluran yang bercabang dua, saluran ke kanan menuju *relief valve* dan diteruskan ke *drain reservoir*. Saluran lurus ke atas dari *pump* adalah menuju ke *4/3 way valve* yang mengaktifkan *double acting cylinder*.

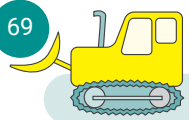
Aktivitas 2.5

Aktivitas 2.5 merupakan aktivitas kelompok. Pada aktivitas ini, peserta didik mampu bekerja sama menjelaskan fungsi dari *one way valve*. Pada aktivitas peserta didik fokus untuk berdiskusi dan presentasi di depan kelas. Guru dapat memberi tugas berupa satu simbol untuk satu kelompok. Contoh simbol-simbol yang dimaksud terdapat pada tabel 2.6 di buku siswa. Berikut kunci jawaban dari hasil kegiatan aktivitas 2.5.

Tabel 2.8 Simbol *One Way Directional Control Valve*

No.	Simbol	Nama	Fungsi
1.		<i>Check valve</i> tanpa <i>spring</i>	Membolehkan aliran satu arah dan memblokir aliran kebalikannya.
2.		<i>Check valve</i> dengan <i>spring</i>	
3.		<i>Shuttle/OR Valve</i>	Saat salah satu <i>port</i> diberi input yang menghasilkan <i>output</i> 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

Sumber: Schematic 776D, Tractor/Off-Highway Trucks, Hydraulic Schematic, Caterpillar, 1999.






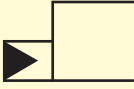
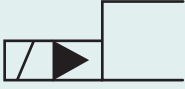
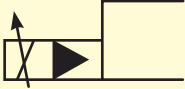
Aktivitas 2.6

Aktivitas 2.6 merupakan aktivitas mandiri. Pada aktivitas ini, peserta didik secara mandiri mampu menjelaskan penggunaan satu simbol *valve actuator* dan membuat gambar simbolnya. Pada aktivitas ini, guru perlu untuk memberikan penjelasan 14 macam *valve actuator* dari tabel 2.9 pada buku siswa, yakni tabel simbol *valve actuator*.

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
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




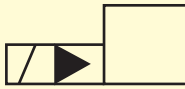
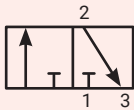
No.	Simbol	Nama	Keterangan Operasi
11.		<i>Proportional electric actuator</i>	Digerakkan dengan solenoid secara proporsional
12.		<i>Hydraulic actuator</i>	Digerakkan dengan tenaga <i>hydraulic</i>
13.		<i>Electro hydraulic actuator</i>	Dioperasikan bertingkat dengan tenaga <i>hydraulic</i> dan solenoid
14.		<i>Proportional electro-hydraulic actuator</i>	Dioperasikan bertingkat dengan tenaga <i>hydraulic</i> dan solenoid proporsional

Sumber: Schematic 776D, Tractor/Off-Highway Trucks, Hydraulic Schematic, Caterpillar, 1999.

Peserta didik diinstruksikan mencari tahu penggunaan *valve actuator* ini pada buku manual. Oleh karena itu, guru dapat memberikan referensi buku-buku manual setidaknya tiga contoh buku manual dengan merek dan tipe yang berbeda. Guru diharapkan dapat memberikan contoh terlebih dahulu cara mencari gambar simbol dari contoh tabel 2.9 yang diaplikasikan pada buku manual. Di sini dapat ditambahkan aktivitas dengan melihat langsung pada unit alat berat wujud dari *valve actuator*. Guru dapat memberikan contoh yang paling sederhana, yakni *manual actuator* dan dapat menunjukkan wujud dari *manual actuator* pada unit alat berat yang dimiliki sekolah. Alternatif lain, guru mengajak peserta didik ke dealer terdekat untuk mengidentifikasi *manual actuator* yang dimaksud.

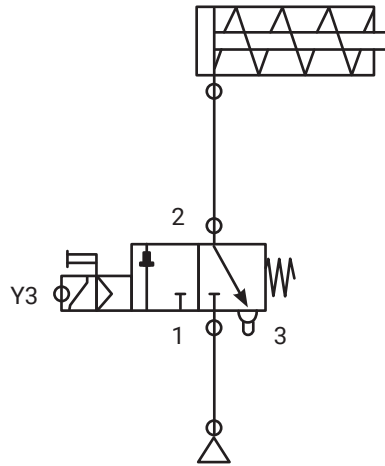
Berikut kunci jawaban aktivitas 2.6. Contoh *valve actuator* yang diperlihatkan penggunaannya di sini adalah *spring actuator* dan *electro hydraulic actuator* yang mengaktifkan *3/2 way valve*.

Tabel 2.10 Jawaban Aktivitas 2.6

No.	Simbol	Nama	Keterangan
1.		<i>Spring actuator</i>	Kembalinya posisi <i>valve</i> dengan kekuatan dorongan pegas
2.		<i>Electro hydraulic actuator</i>	Dioperasikan bertingkat dengan tenaga <i>hydraulic</i> dan <i>solenoid</i>
3.		<i>3/2 way valve</i>	Posisi pertama ada aliran ke dalam silinder. Pada posisi kedua aliran menuju ke luar silinder (<i>single acting cylinder</i>).



Sementara itu, contoh gambar diagram penggunaannya adalah sebagai berikut.



Gambar 2.4 Penggunaan 3/2 valve

Pada gambar di atas diperlihatkan penggunaan 3/2 valve yang dioperasikan oleh *spring* dan *electro hydraulic*.

b. Simbol elektrik dan elektronik

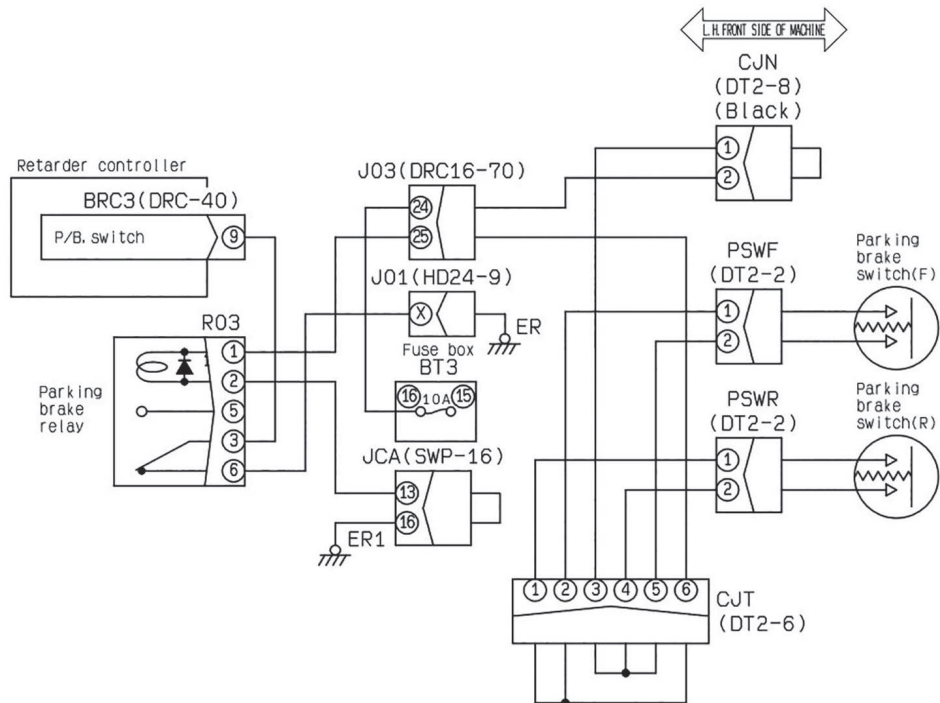
Mengenal simbol elektrik dan elektronik sangat diperlukan dalam bidang *heavy equipment engineering*. Namun, tentu saja ada beberapa simbol yang peruntukannya di bidang *electrical engineering* (walaupun sama sama elektrikal). Seorang mekanik alat berat dalam menangani sistem elektrik/elektronik perlu membaca skema rangkaian elektrik/elektronik terlebih dahulu. Dasar-dasar dari keterampilan membaca skema rangkaian adalah dapat membaca simbol-simbol elektrik/elektronik.

Aktivitas 2.7

Aktivitas 2.7 merupakan aktivitas kelompok. Pada aktivitas ini, peserta didik mampu bekerja sama mengidentifikasi simbol persilangan kabel pada rangkaian elektrik dan elektronik. Pada aktivitas ini, guru dapat memilih sendiri gambar rangkaian elektrik dan elektronik yang didapatkan dari sumber mana saja. Tentu saja gambar yang dipilih disesuaikan dengan isi dari penugasan pada aktivitas ini, yaitu gambar yang terdapat persilangan kabel.

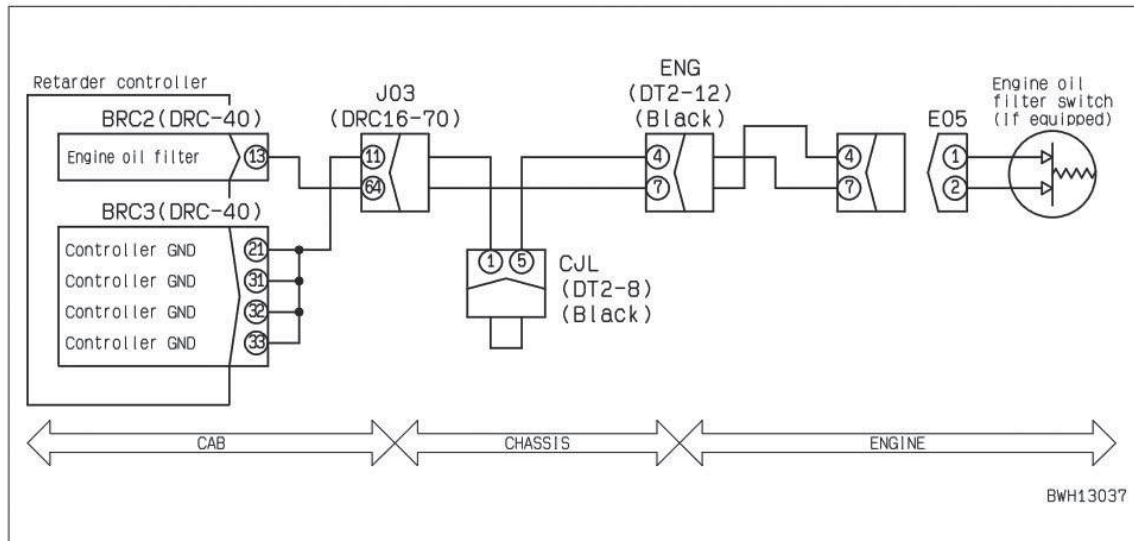
Pada bagian ini diberikan contoh gambar yang dapat guru gunakan pada aktivitas 2.7, seperti pada gambar 2.5 dan gambar 2.6 berikut ini. Contoh gambar rangkaian elektrik yang dapat dibagikan adalah sebagai berikut.





Gambar 2.5 Potongan wiring diagram retarder controller-1, HD 785-7

Circuit diagram related



Gambar 2.6 Potongan wiring diagram retarder controller-2, HD 785-7





Aktivitas 2.8

Aktivitas 2.8 merupakan aktivitas kelompok. Pada aktivitas ini, kalian mampu bekerja sama menjelaskan satu fungsi *switch* dan penggunaannya. Kunci jawaban aktivitas ini, sebagai berikut. Pada aktivitas 2.8, peserta didik diminta untuk memberi minimal satu penggunaan *switch* dengan mengambil contoh satu jenis *switch* dari tabel 2.16 simbol *switch* pada buku siswa. Guru perlu menjelaskan jenis-jenis simbol *switch* pada tabel 2.16 pada buku siswa. Guru dapat memberikan contoh penggunaan *switch* pada kehidupan sehari-hari, seperti saklar lampu di rumah dan penggunaan kunci kontak pada unit alat berat.



Gambar 2.7 Contoh penggunaan *switch*

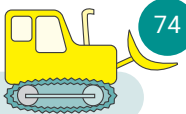
Sumber: kelistrikan.com/2023; part.cat.com

Dari contoh gambar 2.7 di atas, peserta didik dapat diminta berpartisipasi untuk menunjukkan simbol *switch* pada tabel 2.16 yang cocok atau sama dengan gambar 2.7. Guru dapat mengembangkan aktivitas ini tidak terbatas pada penggunaan *switch* pada unit alat berat saja, juga dapat menambahkan contoh yang ditemui dalam kehidupan sehari-hari di masyarakat sebagai bahan diskusi peserta didik.

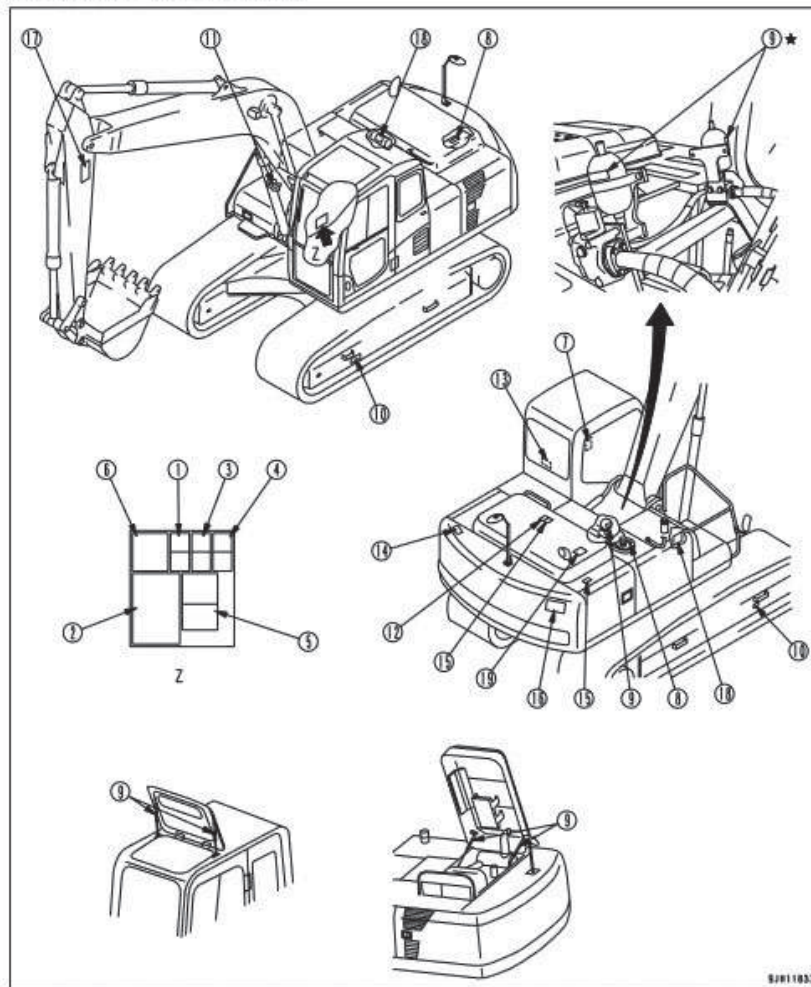
2. Membaca *Manual Book*

a. Membaca Buku *Operation dan Maintenance Manual (OMM)*

Berikut adalah contoh halaman 2-5 pada buku OMM Komatsu PC 200-8 yang berisi tentang lokasi dari *safety labels* pada unit PC 200-8.



LOCATION OF SAFETY LABELS



*: if equipped

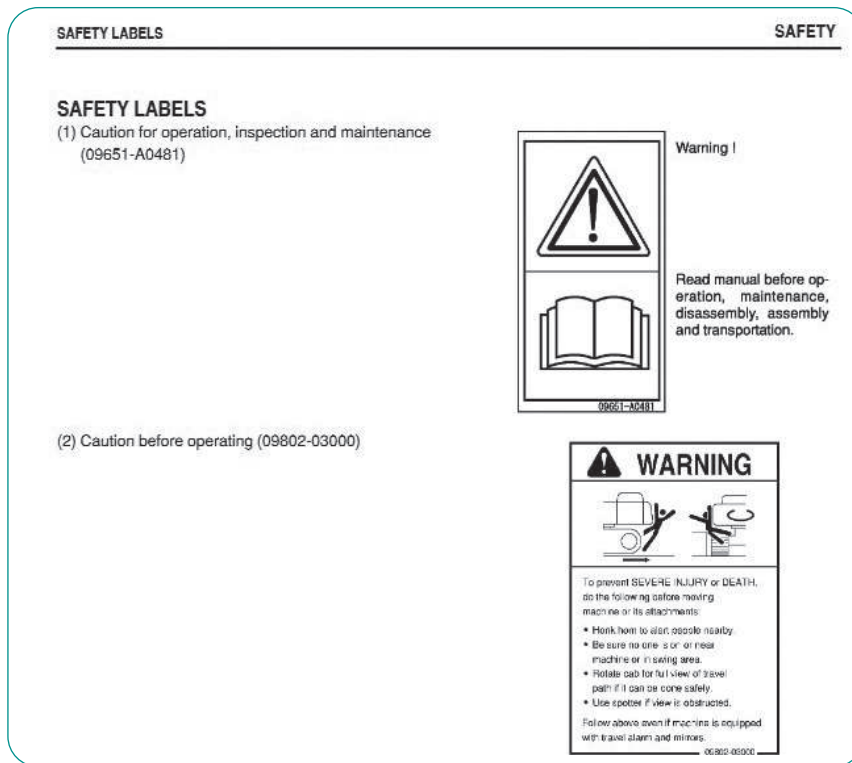
Gambar 2.8 Lokasi *safety labels*

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

Aktivitas 2.9

Aktivitas 2.9 merupakan aktivitas mandiri. Pada aktivitas ini, peserta didik secara mandiri mampu membaca buku manual dengan baik dan benar. Kunci jawaban aktivitas 2.9, sebagai berikut. Jawaban dari *safety labels* dapat dilihat pada buku OMM PC 200-8 halaman 2-6 sampai dengan halaman 2-11, dengan contoh halaman 2-6 sebagai berikut.





Gambar 2.9 Contoh safety labels

Sumber: OMM PC 200-8, halaman 2-6

b. Membaca Buku *Shop Manual*

Bagian ini menampilkan daftar simbol *safety* dan *quality portions*. Contohnya, sebagai berikut.

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 2.10 Daftar simbol *safety* dan *quality portions*

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

Aktivitas 2.10



Aktivitas 2.10 merupakan aktivitas mandiri. Pada aktivitas ini, peserta didik secara mandiri mampu membaca buku *shop manual* dengan baik dan benar. Kunci jawaban kegiatan ini, sebagai berikut.

Tabel 2.11 Jawaban Aktivitas 2.10


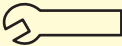
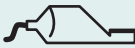


Simbol	Item	Catatan
	Safety	Peringatan awal <i>safety</i> khusus diperlukan saat melakukan pekerjaan.
	Perhatian	Peringatan awal teknikal khusus atau peringatan awal lainnya untuk memberikan nilai-nilai standar yang diperlukan saat melakukan pekerjaan.
	Berat	Bobot <i>part</i> atau komponen. Perhatian dibutuhkan saat menyeleksi pemasangan kawat <i>hoist</i> .
	Momen pengencangan	Dibutuhkan perhatian khusus pada momen pengencangan selama perakitan.
	Pelapis	Lokasi yang perlu dilapisi dengan adhesif dan lain lain selama perakitan.
	<i>Oil, coolant</i>	<i>Oil, coolant</i> , dan lain lain harus ditambahkan dan dilihat kapasitasnya.
	Menguras	Lokasi tempat oli dan lain lain harus dikuras.

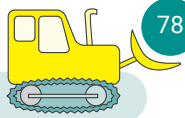
Selanjutnya, peserta didik dalam aktivitas diminta untuk menentukan lima halaman yang memuat *safety* simbol. Jadi, ada lima halaman per satu *safety symbol*, seperti pada contoh tabel berikut.

Tabel 2.12 Jawaban Aktivitas 2.10 tentang Halaman yang Memuat *Safety Labels*

Simbol	Item	Manual Book	Section	Halaman (5 halaman)
	Safety	<i>Shop Manual</i> HD 785-7	30 <i>Testing and adjusting, Part 1</i>	9, 10, 12, 13, 14
	Perhatian	<i>Shop Manual</i> HD 785-7	10 <i>Section, Structure and maintenance standard, Power Train, Part 1</i>	21, 52, 53, 54, 56



Simbol	Item	Manual Book	Section	Halaman (5 halaman)
	Berat	Shop Manual HD 785-7	50 Disassembly and assembly, Power Train Part 1	3,4,5,6,7
	Momen pengencangan	Shop Manual HD 785-7	10 Section, Structure and maintenance standard, Power Train, Part 1 30 Testing and adjusting, Part 1	6, 17,18,19,28
	Pelapis	Shop Manual HD 785-7	30 Testing and adjusting, Part 2 50 Disassembly and assembly, Power Train Part 1	13,36, 3,4,8
	Oil, coolant	Shop Manual HD 785-7	50 Disassembly and assembly, Power Train Part 2 50 Disassembly and assembly, Brake system	3,8,13,15, 15,
	Menguras	Shop Manual HD 785-7	50 Disassembly and assembly, Power Train Part 1, 50 Disassembly and assembly, Power Train Part 2 50 Disassembly and assembly, Brake system 50 Disassembly and assembly, Undercarriage and frame	12, 2,6, 14, 14,



c. Membaca *Parts Book*

Materi pada bagian ini menampilkan beberapa halaman *parts book*. Beberapa halaman pada *parts book* dapat diamati pada cuplikan berikut ini.

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-firdshed. 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.

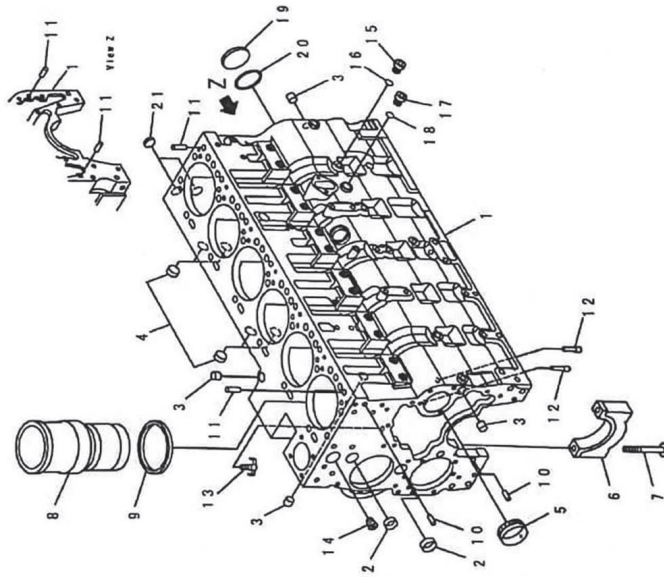
PC300-7

0F-2

Gambar 2.11 Simbol dan kode pada *parts book*

Sumber: Part book PC 30SE-7 Hydraulic Excavator





ITEM	PART NO.	DESCRIPTION	QTY	SERIAL NO.
1	6741-21-1180	KIT CYLINDER BLOCK	1	26800230-1P
2	6742-01-1960	* CYLINDER BLOCK ASSY	1	26801836-1P
3	6742-01-1370	** BLOCK	1	26800230-26801835
4	6742-01-1420	** PLUG	2	26800230-1P
5	6742-01-15160	** PLUG	4	26800230-1P
6	Δ6742-01-5277	** RUSHING	7	26800230-1P
7	6742-01-1430	** CAP	7	26800230-1P
8	6742-01-15159	** BOLT	14	26800230-1P
9	6742-01-1520	LINER CYLINDER	6	26800230-1P
10	6741-21-1290	* SEAL	1	26800230-1P
11	6732-21-1670	KIT CYLINDER BLOCK	1	26800230-1P
12	6742-01-1470	* PALDOWEL	2	26800230-1P
13	6216-94-3450	* PIN	4	26800230-1P
14	6742-01-1460	* NOZZLE	1	26800230-1P
15	6732-21-1860	* COCK DRAIN	1	26800230-1P
16	6215-81-9710	* PLUG	6	26800230-1P
17	6735-21-1910	** PLUG ASSY	2	26800230-1P
18	6735-21-1920	* PLUG	2	26800230-1P
19	6742-01-1480	** O-RING	1	26800230-1P
20	6742-01-1460	* O-RING	1	26800230-1P
21	6742-01-1380	* PLUG EXPANSION	2	26800230-1P

Gambar 2.12 Contoh halaman pada parts book

Sumber: Part Book PC 30SE-7 Hydraulic Excavator



Aktivitas 2.11

Aktivitas 2.11 merupakan aktivitas mandiri. Pada aktivitas ini, peserta didik secara mandiri mampu menjelaskan cara membaca *parts book* dengan baik dan benar. Kunci jawaban aktivitas 2.11 dijelaskan dalam tabel berikut.

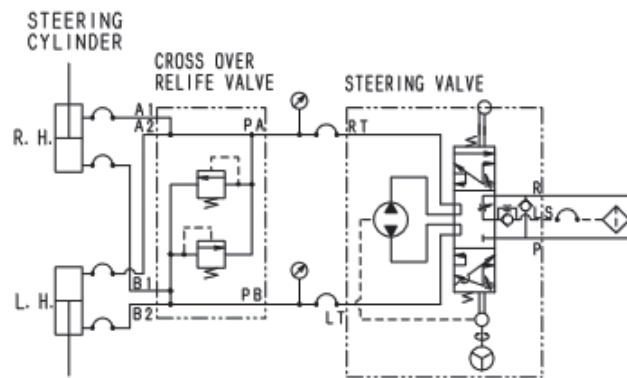
Tabel 2.13 Jawaban Aktivitas 2.11

Item	Part No	Description	Qty	Serial No.
	*	*Cylinder block assy	1	26801836 - UP
1	6741-21-1122	**block		
2	6742-01-1360	**plug		
3	6742-01-1370	**plug		
4	6742-01-1420	**plug		
5	6742-01-5160	**bushing		
6				
7				
	6742-01-5159	Liner kit	6	26800230 - UP

Tanda “*” pada *part number*, untuk *part: cylinder block assy* menandakan bahwa *part* di *order assembly* (terdiri dari beberapa *part* anggota) tidak berupa *part* tunggal. Artinya, jika *cylinder head*, termasuk di dalamnya *block*, *plug*, *plug*, *bushing*, dan seterusnya, seperti pada *parts book* hingga 21 *item*. Jika mengorder *liner kit* yang datang nanti hanya *liner kit* saja dengan *part number* 6742-01-5159 sebanyak 6 pcs.

3. Menggambar Diagram Sederhana

a. Membuat Gambar Diagram *Hydraulic* dan *Pneumatic*



Gambar 2.13 Potongan diagram *hydraulic* pada buku manual.

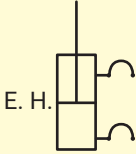



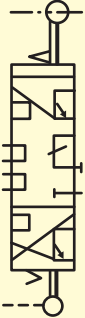




Aktivitas 2.12

Aktivitas 2.12 merupakan aktivitas mandiri. Pada aktivitas ini, peserta didik secara mandiri mampu membuat gambar diagram *hydraulic* dengan baik dan benar. Kunci jawaban aktivitas 2.12 sebagai berikut.

Tabel 2.14 Gambar Simbol dan Nama Simbol

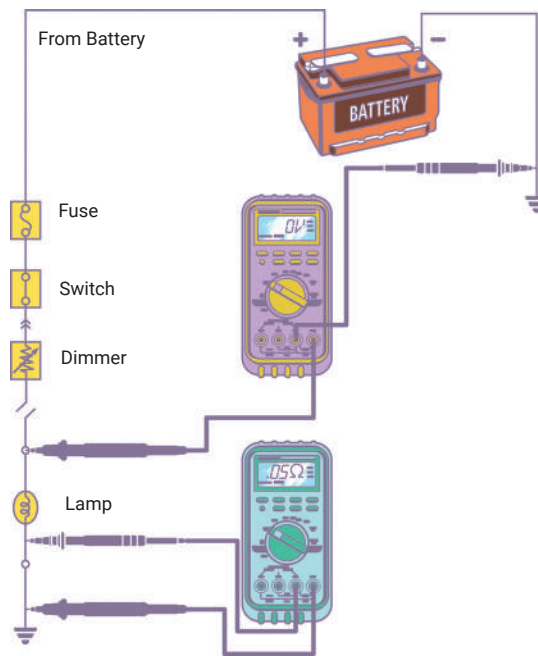
No.	Simbol	Nama
1.		Silinder
2.		<i>Single stage relief valve</i>
3.		<i>Pressure gauge</i>
4.		<i>Hydraulic pump</i>
5.		<i>7/3 way valve</i>

Sumber: Schematic 776D, Tractor/Off-Highway Trucks, Hydraulic Schematic, Caterpillar, 1999.



b. Membuat Gambar Diagram Rangkaian Elektrik

Pada bagian ini disajikan gambar rangkaian elektrik.










Gambar 2.14 Gambar rangkaian elektrik

Aktivitas 2.13

Aktivitas 2.13 merupakan aktivitas mandiri. Pada aktivitas ini, peserta didik secara mandiri mampu membuat gambar rangkaian elektrik dengan baik dan benar. Kunci jawaban aktivitas 2.13 sebagai berikut.

Tabel 2.15 Jawaban Tugas Aktivitas Menggambar Simbol

No.	Simbol	Nama	No.	Simbol	Nama
1.		Battery/accu	4.		Dimmer switch
2.		Fuse/sekring	5.		Hubungan kabel terputus
3.		Switch/sakelar	6.		Lampu
			7.		Ground

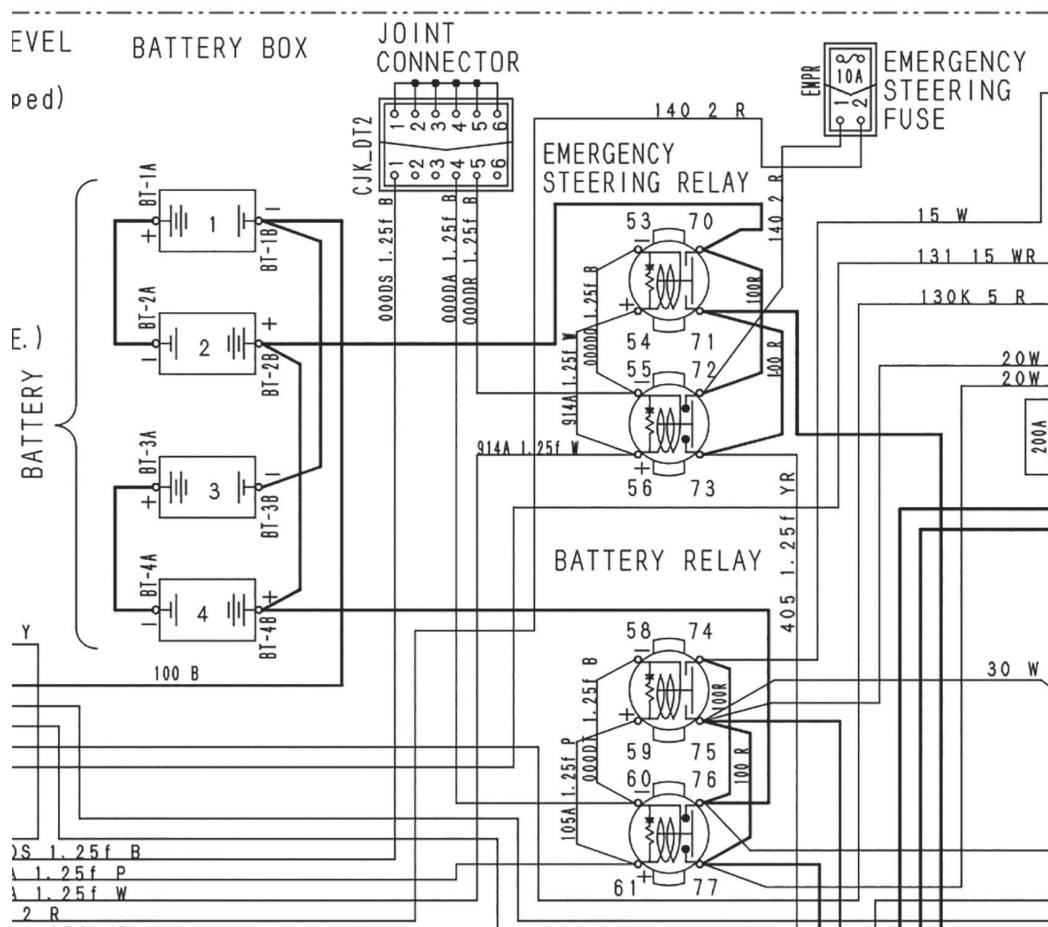
Sumber: Schematic 416C, Backhoe Loaders, Electrical System, Caterpillar, 1996.



Guru dapat memberikan tugas aktivitas dengan gambar rangkaian elektrik dan elektronik lainnya yang dapat diambil dari buku manual atau sumber-sumber lainnya melalui buku teks atau internet. Dalam hal ini contoh aktivitas di buku siswa tidaklah mengikat.

Aktivitas 2.14

Aktivitas 2.14 merupakan aktivitas mandiri. Pada aktivitas ini, kalian secara mandiri mampu membuat gambar potongan *wiring* diagram dengan baik dan benar. Kunci jawaban aktivitas 2.14 sebagai berikut.



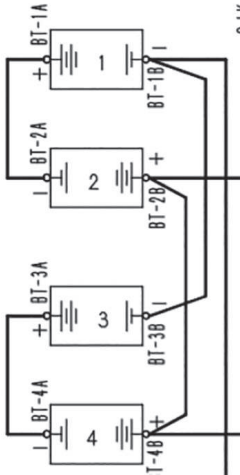
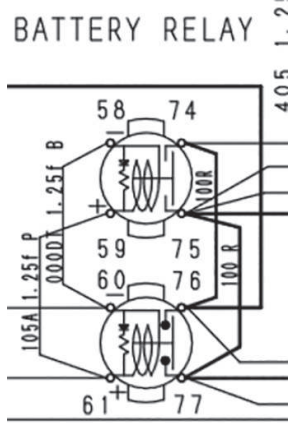
Gambar 2.15 Potongan electric wiring unit Komatsu HD785-7

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

Peserta didik diminta membuat tabel nama-nama dari gambar dan melengkapi isi tabel 2.19. Kunci jawaban sebagai berikut.



Tabel 2.16 Jawaban Tugas Aktivitas Menggambar Simbol

Gambar	Nama
	<p>Battery (4 pcs), Battery 1 dan 2 dirangkai seri Battery 3 dan 4 dirangkai seri Battery 1 dan 3 dirangkai paralel Battery 2 dan 4 dirangkai paralel</p>
	<p>Battery relay</p>

D. Refleksi Guru

Bagian refleksi guru mengajak peserta didik untuk merasakan semua yang telah dijalani selama proses pembelajaran berlangsung. Bagian manakah peserta didik merasakan kemudahan dan dapat belajar secara efektif? Lingkungan dan situasi seperti apa yang mendukung pembelajaran? Pada bagian refleksi ini peserta didik diajak untuk merefleksikan diri, kapan dirinya kurang antusias dalam pembelajaran. Jika mengalami hal yang serupa, pada masa mendatang apa yang harus dilakukan agar pembelajaran dapat berjalan dengan baik?



E. Asesmen

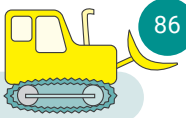
Asesmen terdapat pada tiap akhir bab adalah asesmen formatif untuk menilai perkembangan kompetensi peserta didik yang dipelajarinya. Penyusunan asesmen mengacu pada tujuan pembelajaran (TP). Fungsi asesmen adalah sebagai alat untuk mengukur ketercapaian TP, baik aspek pengetahuan, keterampilan, dan sikap.

1. Rubrik Penilaian

Pada rubrik penilaian ini ada tiga aspek yang akan diukur, yaitu pengetahuan, keterampilan, dan sikap.

Tabel 2.17 Rubrik Penilaian Pengetahuan dan Keterampilan

No. Soal	Soal	Jumlah Soal	Aspek yang Diukur	Jawaban Benar	Jawaban Salah	Tidak Menjawab
1.	Menggambar simbol <i>hydraulic</i>	5	Keterampilan	2	1	0
2.	Menggambar simbol elektrik	5	Keterampilan	2	1	0
3a.	Menggambar diagram <i>hydraulic</i>	1	Keterampilan	2	1	0
3b.	Memberi nama simbol <i>hydraulic</i>	5	Pengetahuan	2	1	0
4a.	Menggambar diagram elektrik	1	Keterampilan	2	1	0
4b.	Memberi nama simbol elektrik	5	Pengetahuan	2	1	0



Tabel 2.18 Rubrik Penilaian Sikap

Aspek	Sangat Baik	Baik	Cukup	Kurang
Disiplin	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas sebelum waktunya.	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas tepat waktu.	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas 1-2 menit dari waktu yang ditentukan.	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas lebih dari 3 menit dari waktu yang ditentukan.
Ketelitian	Peserta didik melaksanakan tugas dengan baik dan tepat.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan baik, tetapi kurang tepat.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan cukup baik, tetapi kurang tepat.	Peserta didik melaksanakan tugas, tetapi kurang baik dan kurang tepat.
Tanggung jawab	Peserta didik selalu melaksanakan seluruh tugas dan kewajiban dengan baik.	Peserta didik sudah menjalankan tugas dan kewajiban dengan baik.	Peserta didik kadang-kadang menjalankan tugas dan kewajiban yang seharusnya dilakukan.	Peserta didik belum menjalankan tugas dan kewajiban yang semestinya dilakukan.
Mandiri	Peserta didik melaksanakan tugas sendirian tanpa dibantu orang lain.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan sedikit diberi petunjuk/ bantuan dari guru.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan dibimbing guru.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan mencontek.

2. Materi Asesmen


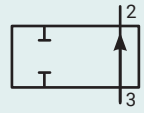
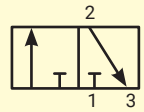
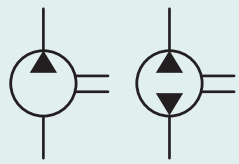
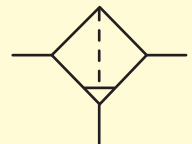
Guru dapat menggunakan materi asesmen pada buku siswa. Guru juga dapat mengembangkan materi asesmen sendiri yang lebih relevan dengan situasi di lingkungan sekolah. Khusus untuk asesmen *soft skills*, guru dapat mengembangkan model sendiri dengan menggunakan model berikut sebagai contoh atau model lain yang lebih relevan.



Jawaban soal asesmen

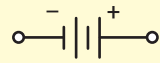

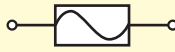

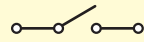
1. Peserta didik menggambar simbol-simbol *hydraulic* dan *pneumatic* dari nama-nama berikut pada tabel 2.28

Tabel 2.19 Tabel Asesmen 01

No.	Nama Simbol	Gambar Simbol
1.	<i>Check valve dengan spring</i>	
2.	<i>2/2 way valve</i>	
3.	<i>3/2 way valve</i>	
4.	<i>Hydraulic pump</i>	
5.	<i>Air filter</i>	

2. Peserta didik menggambar simbol-simbol elektrik dan elektronik dari nama-nama berikut.

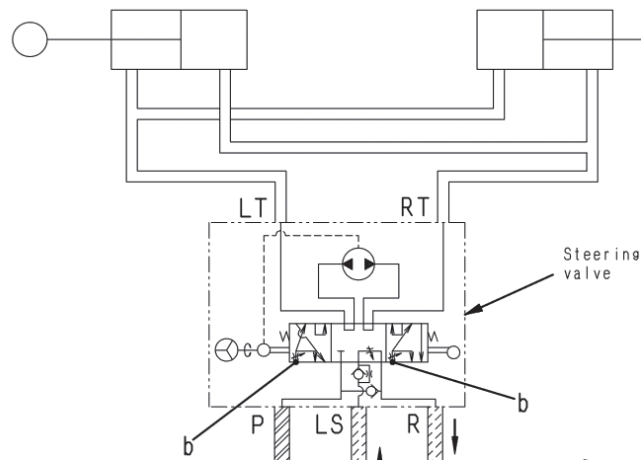
Tabel 2.20 Tabel Asesmen 02

No.	Nama Simbol	Gambar Simbol
1.	<i>Battery</i>	
2.	<i>Earth</i>	
3.	<i>Fuse</i>	
4.	<i>Bipolar Kapasitor</i>	
5.	<i>Toggle switch</i>	



3. Peserta Didik Menggambar dan Memberi Nama

- a. Peserta didik menggambar rangkaian diagram *hydraulic*, seperti gambar 2. 16 berikut.



Gambar 2.16 Rangkaian diagram *hydraulic*

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

- b. Selanjutnya, peserta didik membuat tabel 2.24 dan memberi nama-nama simbol di kolom sebelahnya. Selanjutnya, peserta didik menjelaskan cara kerja dari gambar rangkaian *pneumatic* tersebut.

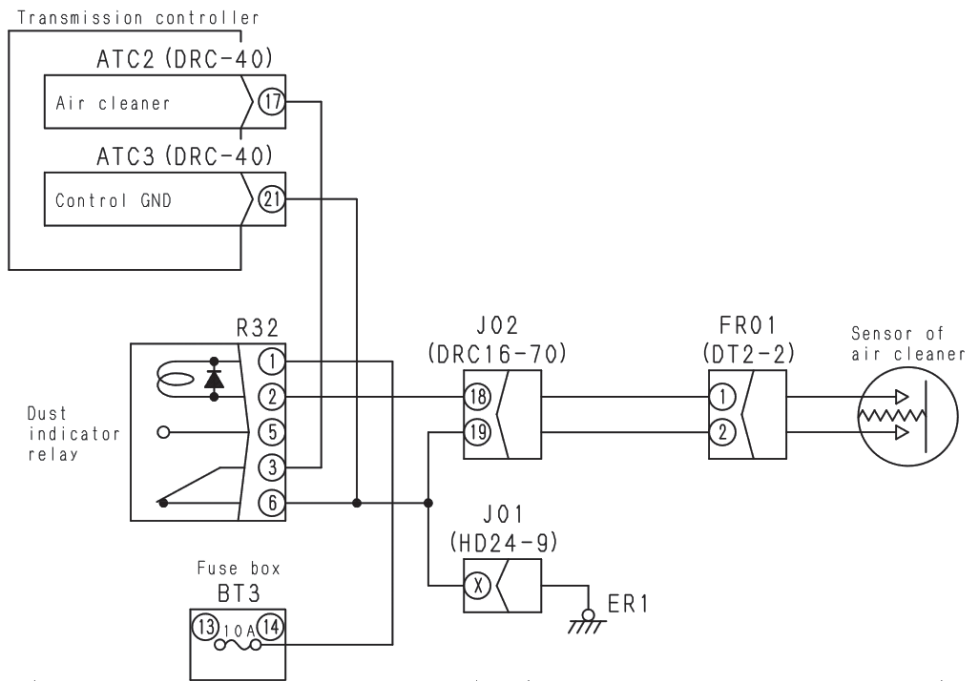
Tabel 2.21 Daftar Simbol dan Nama Simbol

No.	Simbol	Nama
1.		Silinder
2.		<i>Hydraulic pump</i>
3.		<i>7/3 way valve</i>
4.		<i>Check valve dengan spring</i>
5.		<i>Check valve</i>



4. Peserta Didik Menggambar dan Memberi Nama

- a. Peserta didik menggambar rangkaian diagram elektrik seperti gambar 2.17 berikut.

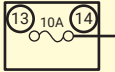




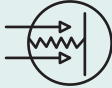
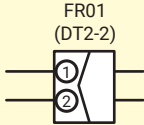
Gambar 2.17 Rangkaian diagram elektrik penerangan unit HD 785

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

- b. Selanjutnya, peserta didik membuat tabel simbol-simbol dari rangkaian gambar 2.17 seperti yang diperlihatkan tabel 2.22. Setelah itu, peserta didik memberi nama simbolnya di kolom nama yang masih kosong pada tabel.

Tabel 2.22 Nama-Nama Simbol Elektrik

No.	Simbol	Nama
1.		Fuse 10 A
2.		Earth
3.		Diode

No.	Simbol	Nama
4.		Sensor
5.		Konektor kabel

F. Sumber Belajar

Guru dapat memperkaya pengetahuan, keterampilan, dan pengalaman sebagai pengajar untuk mengembangkan potensi diri secara maksimal. Sumber belajar yang dapat digunakan dalam materi pada Bab 2 oleh guru, antara lain, buku-buku suplemen dan bahan referensi berikut.

1. *Specification Handbook*

Guru Produktif Teknik Alat berat. *Modul Kelistrikan dan Sistem Kontrol Alat Berat*. United Tractors. 2019

2. *Manual Book*

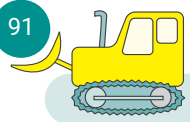
Shop Manual. *Engine*. 125E Series. SEN00177-01 Komatsu.

Operation & Maintenance Manual Book PC 200-8

3. *Part Book D85ESS*

4. *Website* yang relevan dan tepercaya

Guru juga dapat mencari sendiri materi pengayaan yang paling sesuai dengan kebutuhannya. Guru dapat mengajak para peserta didik untuk sama-sama membahas beberapa materi pada buku suplemen dan juga berselancar di *website* yang telah dikurasi terlebih dahulu.



G. Lembar Kegiatan Peserta Didik

Lembar kegiatan peserta didik dapat dikembangkan dari materi yang sudah tertera dalam buku siswa, terutama materi penugasan baik yang bersifat individu maupun kelompok. Lembar kegiatan ini dapat bersifat individu maupun kelompok yang terintegrasi di dalam aktivitas-aktivitas. Penugasan pada bagian ini mencakup aspek inkuiri, seperti pengamatan terhadap penggunaan simbol-simbol, penggunaan *manual book*, hingga penggunaan diagram *hydraulic* dan *pneumatic* serta diagram elektrik dan elektronik dalam pekerjaan mekanik alat berat.

H. Kegiatan Tindak Lanjut

Kegiatan tindak lanjut setelah pembelajaran dalam bab ini dilakukan pada bab selanjutnya. Tindak lanjut berupa perbaikan cara memfasilitasi pembelajaran selanjutnya berdasarkan refleksi sendiri oleh guru. Guru menggunakan cara yang lebih tepat dengan cara belajar peserta didik di lingkungan sekolah masing-masing. Selain itu, kegiatan tindak lanjut didasarkan pada hasil asesmen yang dilakukan, baik asesmen formal di akhir pembelajaran maupun asesmen informal, seperti pengamatan oleh guru setiap harinya.

Pengayaan yang disajikan dalam buku siswa dapat dimanfaatkan bagi peserta didik yang telah tuntas mencapai tujuan pembelajaran. Pengayaan dapat menambah wawasan peserta didik tentang gambar teknik. Selain itu, guru membentuk kegiatan tutorial dengan menggunakan tutor sebaya. Peserta didik yang tertinggal dalam pelajaran sebelumnya dapat belajar bersama dengan peserta didik yang terdepan dalam pembelajaran.



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

Panduan Guru Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XI

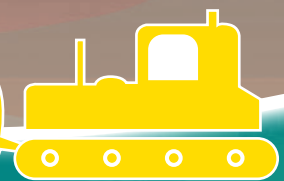
Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin

ISBN: 978-634-00-0165-5



Bab

3



Diesel Engine

Bab 3 Diesel Engine ini terdiri dari 5 subbab. Setiap subbab memuat materi dan aktivitas yang membangun pemahaman peserta didik tentang sistem-sistem yang bekerja pada *diesel engine*. Aktivitas-aktivitas dalam bab ini disajikan untuk membangun *critical thinking* peserta didik dan melatih peserta didik untuk bekerja sama dalam kelompok (*teamwork*). Di akhir bab, disajikan proyek yang bertujuan memperdalam pemahaman peserta didik tentang *diesel engine*.

Guru dapat menggunakan metode pembelajaran yang paling sesuai dengan kondisi di sekolahnya. Beberapa pilihan metode pembelajaran yang dapat digunakan, antara lain, diskusi, pembelajaran berdiferensiasi, dan *project based learning* (PjBL). Guru dapat menggunakan metode pembelajaran lain yang paling sesuai dengan kondisi di sekolahnya dan mendorong pembelajaran yang berpusat pada peserta didik.

Aktivitas di buku siswa dapat dijadikan inspirasi untuk asesmen formatif dan sumatif. Walaupun demikian, guru dapat membuat sendiri asesmennya sesuai dengan kebutuhan. Guru dapat menyiapkan laptop, *projector*, dan media lain untuk menampilkan gambar-gambar komponen dan video-video cara kerja dan konstruksi dari *diesel engine*.

A. Skema Pembelajaran

Skema pembelajaran pada bab ini meliputi tujuan pembelajaran, peta materi, mengetahui kemampuan awal peserta didik, dan rekomendasi alokasi waktu. Selain itu, ada apersepsi, materi pokok, dan alternatif aktivitas pembelajaran, refleksi, dan *soft skill* dalam pembelajaran.

1. Tujuan Pembelajaran

Guru perlu untuk mencermati tujuan pembelajaran dari bab ini yang dituliskan pada buku siswa sebagai berikut.

Tujuan Pembelajaran

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

Tujuan pembelajaran dapat dikembangkan lebih rinci sebagai berikut.

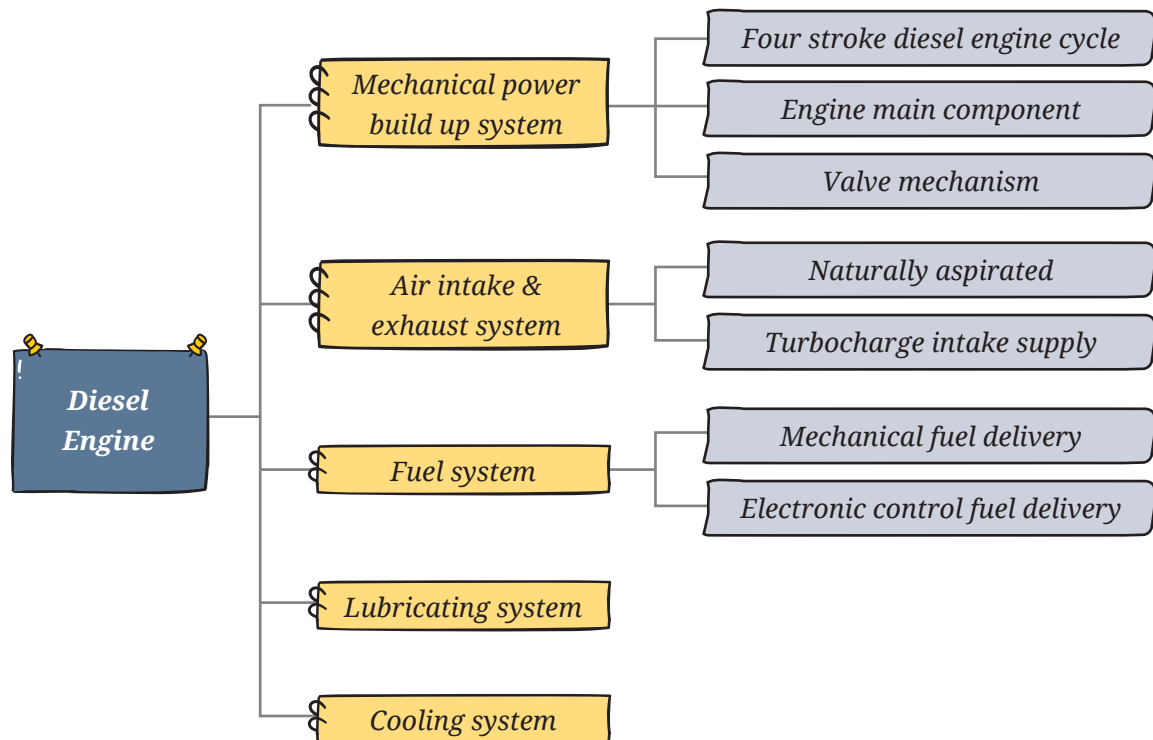
- a. Peserta didik mampu mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja *mechanical power build up system*.
- b. Peserta didik mampu mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja *air intake & exhaust system*.



- c. Peserta didik mampu mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja *fuel system*.
- d. Peserta didik mampu mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja *lubricating system*.
- e. Peserta didik mampu mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja *cooling system*.

2. Peta Materi

Peta materi dalam bab ini adalah bagan yang menunjukkan materi yang perlu dikuasai untuk mencapai tujuan pembelajaran. Materi terdiri dari mengidentifikasi nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja dari lima subbab. Lima subbab tersebut, yaitu *mechanical power build up system*, *air intake & exhaust system*, *fuel system*, *lubricating system*, dan *cooling system*.



Gambar 3.1 Peta materi *diesel engine*

Peta materi ini dibuat untuk mempermudah peserta didik dan guru dalam proses pembelajaran. Guru dapat mengembangkan sendiri peta materi yang paling mudah dipahami dan diaplikasikan.



3. Mengetahui Kemampuan Awal Siswa

Hal yang perlu dilakukan setiap tahap pembelajaran adalah mengetahui kemampuan awal peserta didik. Guru akan dapat merancang program pembelajaran yang tepat. Terdapat beberapa cara untuk mengetahui kemampuan awal peserta didik. Cara yang pertama, melalui asesmen tertulis atau praasesmen. Selanjutnya, menggunakan teknik wawancara dan penelusuran portofolio peserta didik. Guru dapat memilih dan menyesuaikan cara yang diambil untuk mengetahui kemampuan awal peserta didik menyesuaikan dengan situasi dan kondisi di sekolah masing-masing.

4. Rekomendasi Alokasi Waktu

Alokasi waktu yang diperlukan untuk pembelajaran Bab 3 *Diesel Engine* ini adalah lima pekan. Pada Kurikulum Merdeka alokasi waktu dalam 1 minggu untuk mata pelajaran Teknik Alat Berat Kelas XI adalah 18 JP dengan 1 JP selama 45 menit dengan rincian seperti tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Alokasi Waktu Pembelajaran

No.	Subbab	Alokasi Waktu
1.	<i>Mechanical power build up system</i>	18 JP
2.	<i>Air intake & exhaust system</i>	18 JP
3.	<i>Fuel system</i>	18 JP
4.	<i>Lubricating system</i>	18 JP
5.	<i>Cooling system</i>	18 JP
Total rekomendasi alokasi waktu		90 JP

Jumlah alokasi waktu ini hanyalah rekomendasi yang tidak mengikat. Alokasi waktu dapat ditambahkan atau dikurangi berdasarkan kebutuhan, situasi, dan kondisi di sekolah.

5. Apersepsi

Setiap bab disajikan apersepsi yang dibutuhkan untuk menggugah motivasi peserta didik dalam belajar. Apersepsi disajikan dengan memberikan informasi berupa narasi dan pertanyaan pemantik. Pada bab ini apersepsi disajikan berupa pengalaman hidup sehari-hari di bidang otomotif. Hal yang sederhana adalah pengalaman menghidupkan dan mematikan *engine* pada unit alat berat. Pengalaman tersebut dengan asumsi sekolah sudah memiliki unit alat berat. Apabila sekolah belum memiliki unit alat berat, guru dapat mengajak peserta didik ke dealer alat berat terdekat yang sudah bekerja sama dengan pihak sekolah. Berikut beberapa contoh apersepsi.



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*.

Apersepsi pada buku siswa ini sifatnya tidak wajib, guru dapat menambahkan atau justru menggantinya dengan yang lebih relevan sesuai dengan kondisi dan situasi di sekolah masing-masing. Guru juga dapat menggunakan rubrik Tahukah Kamu? yang terdapat di buku siswa sebagai apersepsi.

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?

6. Materi Pokok dan Alternatif Aktivitas Pembelajaran

Materi pokok pada bab ini terdiri dari lima subbab. Guru dapat mempelajari materi pokok yang ada di buku siswa dan dapat mencari referensi lain yang sesuai untuk memperkaya pemahaman materi. Aktivitas-aktivitas pembelajaran yang disajikan dalam tabel 3.2 tidak hanya aktivitas yang ada di buku siswa, tetapi juga mencakup alternatif aktivitas lain yang dapat dilakukan oleh guru. Meskipun demikian, aktivitas pembelajaran yang dapat dilakukan di kelas tidak terbatas pada yang tersaji di tabel. Guru dapat menambah alternatif aktivitas pembelajaran lain yang sesuai dengan kondisi di sekolahnya dan potensi yang ada di wilayahnya.

Tabel 3.2 Materi Pokok dan Alternatif Aktivitas Pembelajaran

No.	Subbab	Materi Pokok	Alternatif Aktivitas Pembelajaran
1.	<i>Mechanical power build up system</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Four stroke diesel engine cycle</i> • <i>Engine main component</i> • <i>Valve mechanism</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diskusi kelompok 2. Mengamati langsung di <i>engine cutting</i> 3. Mengamati langsung melalui <i>engine trainer</i> 4. Menonton video



No.	Subbab	Materi Pokok	Alternatif Aktivitas Pembelajaran
2.	<i>Air intake & exhaust system</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Naturally aspirated</i> • <i>Turbocharger intake air supply</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diskusi kelompok 2. Mengamati langsung di <i>engine cutting</i> 3. Mengamati langsung melalui <i>engine trainer</i> 4. Menonton t video
3.	<i>Fuel system</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Mechanical fuel delivery</i> • <i>Electronic control fuel delivery</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diskusi kelompok 2. Mengamati langsung di komponen 3. Menonton video
4	<i>Lubricating system</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Bagan <i>lubricating system</i> • Komponen dari sistem 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diskusi kelompok 2. Mengamati langsung di <i>engine cutting</i> 3. Mengamati langsung melalui <i>engine trainer</i> 4. Menonton video
5	<i>Cooling system</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Water cooling system</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diskusi kelompok 2. Mengamati langsung di <i>engine cutting</i> 3. Mengamati langsung melalui <i>engine trainer</i> 4. Menonton video

7. Refleksi

Refleksi langsung dapat dilakukan dengan mengarahkan peserta didik untuk membaca bagian refleksi di akhir bab. Pada bagian refleksi ini, guru mencermati hasil kerja peserta didik saat asesmen sebelum pembelajaran dan asesmen sumatif. Guru dapat memfasilitasi peserta didik yang masih kesulitan pada bab ini. Kesulitan apa saja yang ditemui peserta didik? Apa yang membuat peserta didik kurang memahami materi tertentu? Bagaimana caranya agar peserta didik dapat menguasai materi yang belum dipahaminya? Guru dapat menanyakan hal-hal terkait hasil refleksi agar peserta didik merasa terbantu dalam menemukan jawabannya.



8. *Soft Skill* dalam Pembelajaran

Soft skill dalam bab ini yang ditekankan, antara lain, kreatif, inovatif, kerja sama, komunikasi, ketelitian, kecermatan, mudah beradaptasi, pembelajar, dan kejujuran. *Soft skill* tiap subbab disajikan dalam tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Daftar *Soft Skill* dari Subbab *Diesel Engine*

No.	Subbab	<i>Soft Skill</i>
1.	<i>Mechanical power build up system</i>	Komunikasi, ketelitian, kecermatan, mudah beradaptasi, pembelajar, kejujuran, kreatif, dan inovatif
2.	<i>Air intake & exhaust system</i>	Komunikasi, ketelitian, kecermatan, mudah beradaptasi, pembelajar, kejujuran, kreatif, dan inovatif
3.	<i>Fuel system</i>	Komunikasi, ketelitian, kecermatan, mudah beradaptasi, pembelajar, kejujuran, kreatif, dan inovatif
4.	<i>Lubricating system</i>	Komunikasi, ketelitian, kecermatan, mudah beradaptasi, pembelajar, kejujuran, kreatif, dan inovatif
5.	<i>Cooling system</i>	Komunikasi, ketelitian, kecermatan, mudah beradaptasi, pembelajar, kejujuran, kreatif, dan inovatif

B. Persiapan Pembelajaran

Guru dapat menyusun rancangan pembelajaran sebagai persiapan pembelajaran pada bab ini. Penyusunan rancangan pembelajaran berbasis pada karakteristik dan kebutuhan peserta didik dalam mencapai tujuan pembelajaran. Tujuan pembelajaran selanjutnya dapat diturunkan menjadi Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) dan selanjutnya dapat membuat modul ajar.

Guru dapat menyiapkan berbagai sumber pembelajaran, seperti buku manual, buku pengayaan, video pembelajaran, dan unit alat berat yang dimiliki sekolah. Selain itu, jika dibutuhkan kunjungan ke dealer untuk melihat unit alat berat karena di sekolah tidak memilikinya. Jika diperlukan kunjungan ke dealer, guru perlu membuat janji dan permohonan izin berkunjung terlebih dahulu. Selain itu, guru juga membuat jadwal dan menyiapkan peserta didik yang akan dibawa berkunjung ke dealer.



C. Kegiatan Pembelajaran

1. Mechanical Power Build Up System

Sebelum memasuki materi, guru dapat menampilkan video yang menggugah peserta didik untuk tertarik mempelajari bab ini. Video yang ditampilkan dapat berupa gambaran mekanik alat berat, operator alat berat, atau unit alat berat yang sedang beroperasi di lahan tambang. Dengan melihat video ini, diharapkan peserta didik dapat memiliki gambaran mengenai materi di dalam bab ini. Video dapat diperoleh dengan mencari di internet (YouTube) atau memanfaatkan video yang sudah dibuat sekolah atau rekan guru (teman sejawat).



Aktivitas 3.1

Aktivitas 3.1 merupakan aktivitas kelompok. Pada aktivitas ini, peserta didik mampu bekerja sama menjelaskan perbedaan *gasoline engine* dan *diesel engine*. Pada aktivitas 3.1, guru dapat memberikan pengantar sebelum diskusi dimulai, yakni dapat menayangkan video animasi siklus kerja *gasoline engine* dan *diesel engine*. Hal itu untuk memantik peserta didik dalam menggali perbedaan yang akan didiskusikan. Selanjutnya, akan lebih bagus lagi, jika guru dapat menayangkan video cara alat berat beroperasi di area tambang dan cara mobil yang berbahan bakar bensin beroperasi di jalan raya. Hal itu untuk memberi gambaran kepada peserta didik tentang alasan alat berat menggunakan *diesel engine*. Berikut kunci jawaban dari tugas yang ada di aktivitas 3.1.

1. Perbedaan antara *gasoline engine* dan *diesel engine*

Tabel 3.4 Perbandingan Gasoline Engine dan Diesel Engine

No.	Hal yang Dibahas	Gasoline Engine	Diesel Engine	Keterangan
1.	Jenis bahan bakar	Bensin (<i>Oktan Number</i>)	Solar (<i>Cetane Number</i>)	Bahan bakar <i>diesel engine</i> relatif lebih murah dari segi harga.
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/hemat.
3.	<i>Flash point</i>	> 50° C	> 25° C	<i>Fuel system diesel engine</i> relatif lebih aman dari bahaya kebakaran/tidak memerlukan penanganan lebih.



No.	Hal yang Dibahas	Gasoline Engine	Diesel Engine	Keterangan
4.	Metode pembakaran	Dibakar melalui letikan api busi	Terbakar dengan sendirinya karena temperatur & tekanan tinggi.	<i>Diesel engine</i> tidak memerlukan sistem pengapian.
5.	<i>Compression ratio</i>	5–10 Kg/cm ²	14–22 Kg/cm ²	<i>Diesel engine</i> lebih bertenaga (<i>torsion orientation</i>), tetapi berefek getaran lebih tinggi.
6.	Konstruksi/ material	<i>Fully aluminum alloy</i>	<i>Cast iron</i>	<i>Diesel engine</i> lebih berat bobotnya dan dirancang agar kuat dalam menahan kompresi dan temperatur yang tinggi.
7.	Orientasi penggunaan <i>output engine</i>	Orientasi <i>speed</i>	Orientasi <i>momen</i>	<i>Power output diesel engine</i> diperuntukkan menggerakkan beban (<i>load</i>) yang besar dan berorientasi momen.

2. Alasan alat berat menggunakan *diesel engine* bukan *gasoline engine*.

Diesel engine memiliki karakteristik dapat menghasilkan torsi yang besar, bahkan di rpm rendah sekali pun. Dengan torsi yang besar unit alat berat dapat beroperasi dengan mudah walaupun memiliki beban yang berat dan di medan operasi yang juga berat. Selain itu, bahan bakar yang dipakai pada *diesel engine* memiliki harga yang relatif lebih murah dibandingkan *gasoline engine* yang menggunakan bensin. Jadi, secara biaya operasional dari *diesel engine* jauh lebih rendah dibandingkan *gasoline engine*.

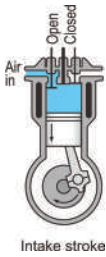
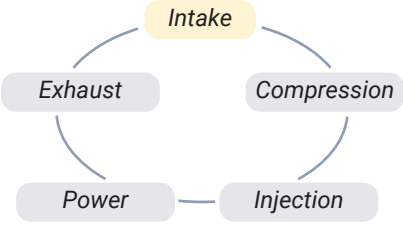

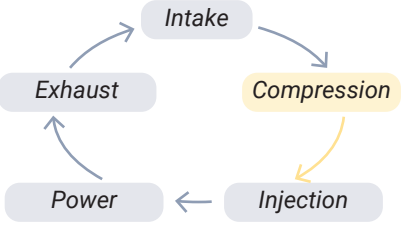
Aktivitas 3.2

Aktivitas 3.2 merupakan aktivitas mandiri. Pada aktivitas ini, peserta didik mampu secara mandiri menjelaskan cara kerja dari siklus *engine* empat tak. Untuk mengerjakan aktivitas 3.2 guru terlebih dahulu menjelaskan cara kerja dari siklus kerja *diesel engine*. Namun, perlu diperiksa terlebih dahulu apakah materi ini sudah didapatkan peserta didik di kelas X pada mata pelajaran Dasar-Dasar Otomotif. Jika memang sudah didapatkan, kemungkinan juga yang diberikan adalah siklus kerja *gasoline engine* yang memang bersifat umum. Jadi, perlu dijelaskan yang lebih spesifik pada *diesel engine*.

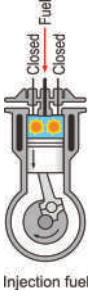
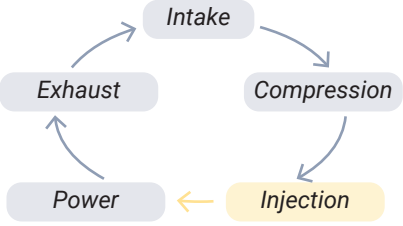
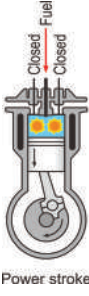
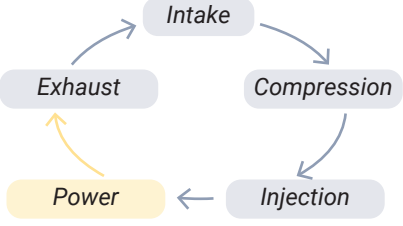

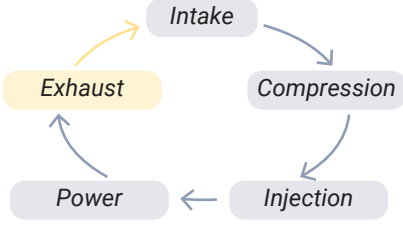


Guru dapat mengajak peserta didik langsung praktik melihat ke bengkel sekolah. Peserta didik melihat dari *engine stand* cara kerja siklus *diesel engine*. Dengan demikian, dalam mengerjakan aktivitas ini, peserta didik tidak hanya membayangkan saja, tetapi bagi anak yang memiliki kemampuan yang memerlukan melihat secara fisik, dapat juga mengerjakan dengan baik. Berikut kunci jawaban dari tugas yang ada di aktivitas 3.2 sebagai berikut.

Tabel 3.5 Jawaban Aktivitas 3.2

Langkah	Ilustrasi	Siklus
<p>1. <i>Intake stroke (langkah isap)</i></p> <ol style="list-style-type: none"> Gerakan piston: dari TMA ke TMB Posisi <i>intake valve</i>: terbuka Posisi <i>exhaust valve</i>: tertutup Jumlah putaran <i>crankshaft</i>: $\frac{1}{2}$ putaran Kondisi <i>combustion chamber</i>: udara diisap masuk dari <i>intake manifold</i> melalui <i>intake valve</i> memenuhi <i>combustion chamber</i> 		
<p>2. <i>Compression stroke (langkah kompresi)</i></p> <ol style="list-style-type: none"> Gerakan piston: dari TMB ke TMA Posisi <i>intake valve</i>: tertutup Posisi <i>exhaust valve</i>: tertutup Jumlah putaran <i>crankshaft</i>: $\frac{1}{2}$ putaran Kondisi <i>combustion chamber</i>: udara dimampatkan, tekanan, dan temperatur naik 		



Langkah	Ilustrasi	Siklus
<p>3. <i>Injection fuel</i> (penginjeksian bahan-bakar)</p> <ol style="list-style-type: none"> Gerakan <i>piston</i>: di akhir TMA Posisi <i>intake valve</i>: tertutup Posisi <i>exhaust valve</i>: tertutup Kondisi <i>combustion chamber</i>: <i>injector</i> menyemprotkan bahan bakar dalam bentuk kabut, kemudian terjadi pembakaran 		
<p>4. <i>Power stroke</i> (langkah tenaga)</p> <ol style="list-style-type: none"> Gerakan <i>piston</i>: bergerak dari TMA ke TMB Posisi <i>intake valve</i>: tertutup Posisi <i>exhaust valve</i>: tertutup Jumlah putaran <i>crankshaft</i>: ½ putaran Kondisi <i>combustion chamber</i>: ekspansi panas pembakaran mendorong <i>piston</i>. 		
<p>5. <i>Exhaust stroke</i> (langkah buang)</p> <ol style="list-style-type: none"> Gerakan <i>piston</i>: dari TMA ke TMB Posisi <i>intake valve</i>: tertutup Posisi <i>exhaust valve</i>: terbuka Jumlah putaran <i>crankshaft</i>: ½ putaran Kondisi <i>combustion chamber</i>: gas buang sisa pembakaran terdorong keluar menuju <i>exhaust manifold</i> melalui <i>exhaust valve</i>. 		





Aktivitas 3.3

Aktivitas 3.3 merupakan aktivitas mandiri. Pada aktivitas ini, peserta didik mampu secara mandiri membuat tabel *sequence* dari *engine* empat silinder dengan FO 1-3-4-2 dengan benar. Berikut jawaban tugas yang ada dalam aktivitas ini.

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 (4) silinder dengan FO 1-3-4-2, maka contoh tabel *sequence* berikut.

Tabel 3.6 Tabel *Sequence Engine* 4 silinder FO 1-3-4-2

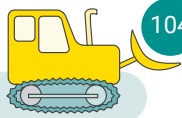
	0°	180°	360°	540°	720°
Silinder 1	<i>Intake</i>	<i>Compression</i>	<i>Power</i>	<i>Exhaust</i>	
Silinder 2	<i>Exhaust</i>	<i>Intake</i>	<i>Compression</i>	<i>Power</i>	
Silinder 3	<i>Compression</i>	<i>Power</i>	<i>Exhaust</i>	<i>Intake</i>	
Silinder 4	<i>Power</i>	<i>Exhaust</i>	<i>Intake</i>	<i>Compression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

Guru dapat mengembangkan aktivitas dalam membuat tabel *sequence* ini menjadi enam (6) silinder delapan (8) silinder dan seterusnya. Jadi, tidak terbatas hanya pada empat (4) silinder ini saja. Tujuannya agar kreativitas dan daya berpikir peserta didik dapat lebih berkembang.



Aktivitas 3.4

Aktivitas 3.4 merupakan aktivitas kelompok. Pada aktivitas ini, peserta didik mampu bekerja sama menjelaskan fungsi dan konstruksi dari *cylinder head*. Pada aktivitas 3.4 ini, guru direkomendasikan agar membawa alat peraga berupa komponen *cylinder head* ke dalam kelas. Jika memungkinkan, guru membawa beberapa jenis *cylinder head*. Pada *cylinder head diesel engine*, terdapat sedikitnya tiga jenis *direct injection combustion chamber*. Guru memberikan pemahaman yang utuh kepada peserta didik, akan lebih baik jika semua jenis *combustion chamber* pada *cylinder head* ini dapat dihadirkan fisiknya di dalam kelas. Namun,



jika tidak memungkinkan dapat ditayangkan video atau fotonya melalui LCD *projector*. Jawaban pertanyaan yang ada dalam kegiatan ini sebagai berikut.

1. Sebagai tempat kedudukan apa saja pada *cylinder head*?

Jawaban: *cylinder head* sebagai tempat kedudukan *valve mechanism* dan *injector*.

2. Medium kerja apa saja yang mengalir di *cylinder head* ke *cylinder block*?

Jawaban:

Mengalirnya oli (*lubricating system*)

Mengalirnya water (*cooling system*)

3. Pada *cylinder head* terdapat *combustion chamber*, apa fungsi *combustion chamber*?

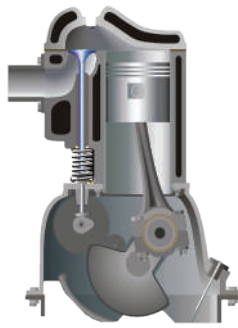
Jawaban: fungsi *combustion chamber* adalah sebagai tempat/wadah terjadinya proses pembakaran. Pada *cylinder head* biasanya *combustion chamber* adalah tipe *pre-chamber* yang merupakan jenis *indirect combustion system*.

Aktivitas 3.5

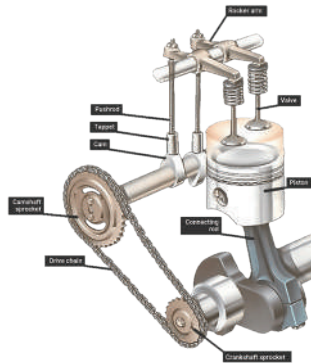
Aktivitas 3.5 merupakan aktivitas kelompok. Pada aktivitas ini, peserta didik mampu bekerja sama menjelaskan perbedaan karakteristik SV, OHV, dan OHC pada *valve mechanism*. Pada aktivitas 3.5 ini, guru pertama-tama perlu menjelaskan tentang pengertian *Side Valve* (SV), *Over Head Valve* (OHV), dan *Over Head Camshaft* (OHC). Dengan demikian, peserta didik mendapatkan pemahaman yang baik sebagai modal dalam melakukan diskusi. Karena posisi dari *valve mechanism* ini ada di dalam bagian *engine*, yang tidak memungkinkan untuk diperlihatkan komponen fisiknya, maka guru cukup memperlihatkan foto dan videonya saja. Jika peserta didik kesulitan dalam mendefinisikan berbagai karakteristik yang dimunculkan dalam diskusi ini, guru dapat membantu memberikan pertanyaan-pertanyaan pemantik. Hal itu bertujuan untuk menggali peserta didik menemukan narasi berbagai karakteristik yang akan dituliskan dalam tabel. Pertanyaan pemantik itu, contohnya sebagai berikut.

1. Apakah ada perbedaan dari segi jumlah komponen pada tiap-tipe *valve mechanism* ini (SV, OHV, dan OHC)?
2. Apakah tipe-tipe *valve mechanism* ini mempengaruhi dalam penentuan jenis *engine* dan penggunaannya?
3. Apakah tipe tersebut dapat dibedakan dari tahun produksinya? Misalnya produksi tahun terbaru dari tahun 2020 semuanya sudah menggunakan OHC, dan lain lain.
4. Apakah pilihan orientasi dari *engine* (*orientasi speed* atau *orientasi momen*) mempengaruhi penentuan tipe *valve mechanism*?

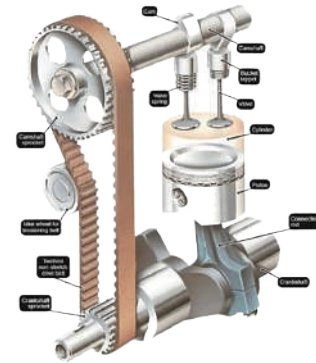




Side Valve (SV)



Over Head Valve (OHV)



Over Head Cam (OHC)

Gambar 3.2 Perbedaan konstruksi SV, OHV, dan OHC

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

Berikut kunci jawaban tugas yang ada di dalam kegiatan 3.5.

Tabel 3.7 Jawaban Tugas di 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 mempengaruhi laju udara masuk:	udara masuk lebih lambat	udara masuk lebih cepat	udara masuk lebih cepat
3.	Jumlah komponen	lebih banyak	lebih banyak	lebih sedikit
4.	Orientasi <i>output engine</i> (momen/kecepatan)	momen	momen	kecepatan
5.	Bobot/berat <i>engine</i>	lebih berat	lebih berat	lebih ringan

Penjelasan dari perbedaan konstruksi SV, OHV, dan OHC dimaksud adalah sebagai berikut. Pertama mari kita lihat gambar 3.2 di atas. Pada gambar Side Valve (SV) terlihat posisi kedudukan dari *valve* terletak di samping dari ruang bakar, atau letaknya dapat dikatakan di dalam *cylinder block*. Berbeda dengan *Over Head Valve* (OHV) dan *Over Head Cam* (OHC) yang kedudukan dari *valve*-nya di atas ruang bakar atau di dalam *cylinder head*. Selanjutnya, kalau dianalisis dari proses cara kerjanya, udara masuk yang mengalir pada konstruksi SV, udara mengalir dari bawah ke atas kemudian ke samping baru. Selanjutnya, masuk ke dalam ruang *combustion chamber*. Hal itu tidak menguntungkan karena mengingat ada gaya gravitasi bumi yang dilawan oleh udara yang masuk ini. Berbeda dengan tipe OHV dan OHC,



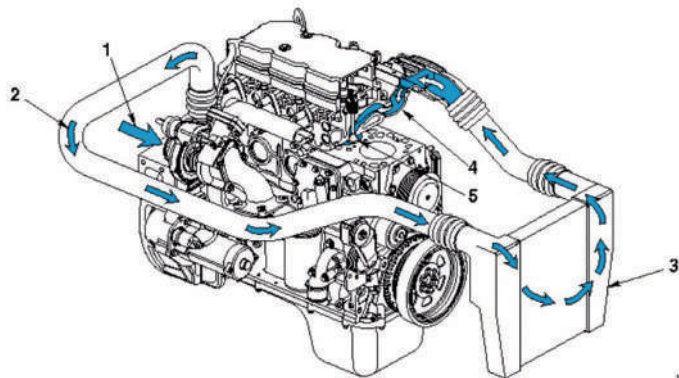
udara masuk melalui *intake manifold*, posisinya dapat lurus dari atas ke bawah, jadi justru lebih menguntungkan karena mendapatkan tambahan tenaga dorong dari gaya gravitasi. Selanjutnya, kalau dilihat dari mekanisme penggerak *rocker arm*, konstruksi SV dan OHV memiliki karakteristik yang sama, yaitu posisi *camshaft* berada di dekat dari *crankshaft*.

Dengan adanya posisi *camshaft* yang berdekatan dengan *crankshaft*, maka memungkinkan *camshaft* dapat digerakkan secara langsung melalui roda gigi oleh *crankshaft*. Berbeda dengan tipe OHC, *camshaft* berada di *cylinder head* jauh dari posisi *crankshaft*. Dengan demikian, pada OHC digunakan *chain* (rantai) atau *belt* (sabuk) untuk *crankshaft* agar dapat menggerakkan *camshaft*. Pada alat berat penggunaan *chain* atau *belt* pada *valve mechanism* tidak cocok karena ada potensi *chain* atau *belt* dapat putus. Dengan demikian, dalam operasinya berisiko mengalami *break down engine* nantinya.

Sementara itu, penggunaan pasangan tautan *gear* pada penggerak *valve mechanism* seperti tipe SV dan OHV lebih menguntungkan pada unit alat berat. Pada tipe SV dan OHV terdapat komponen *lifter/tappet* dan *push rod* sebagai komponen perantara dari *cam* menuju ke *rocker arm*. Secara kekuatan dan ketahanannya dapat lebih baik dibandingkan penggunaan *chain* atau *belt*. Dari analisis yang dilakukan, kesimpulan tipe Over Head Valve (OHV) adalah yang paling cocok diaplikasi pada *diesel engine* unit alat berat.

2. Air Intake & Exhaust System

Aktivitas pembelajaran selanjutnya, membahas tentang *air intake & exhaust system*. Pada subbab ini, hal pertama guru dapat menjelaskan bahwa terdapat dua sistem pada subbab ini, yakni *air intake system* dan *exhaust system* yang dibahas menjadi satu dalam satu subbab. Hal ini karena kedua sistem ini saling berkaitan dalam sistem pengoperasiannya. Misalnya, dioperasikan oleh *valve mechanism* dalam membuka dan menutup saluran *intake* dan *exhaust*. Begitu juga pada *engine* yang menggunakan *turbocharger*, *air intake* dan *exhaust system* di sini bersinggungan kerjanya.



Gambar 3.3 Bagan air intake system dengan turbocharger

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



Aktivitas 3.6

Aktivitas 3.6 merupakan aktivitas kelompok. Pada aktivitas ini, peserta didik mampu bekerja sama menjelaskan perbedaan *turbocharger* dan *naturally aspirated*. Pada aktivitas 3.6 peserta didik diajak berdiskusi mengenai perbedaan *naturally* dan *turbocharger intake system*. Jika sekolah memiliki komponen *turbocharger*, maka akan lebih bagus untuk diperlihatkan di dalam kelas sebagai bahan diskusi peserta didik. Namun, jika tidak memungkinkan, cukup dengan memperlihatkan tayangan video dan foto-foto *turbocharger*. Guru dapat menjelaskan terlebih dahulu mengenai fungsi, konstruksi, dan cara kerja dari sistem ini. Selanjutnya, peserta didik dapat melanjutkan dengan diskusi sesuai dengan panduan aktivitas 3.5. Namun, guru boleh memberikan alternatif materi diskusi lainnya atau menambahkan sesuai dengan kondisi dan situasi serta kebutuhan kelas masing-masing. Berikut kunci jawaban tugas yang ada di dalam aktivitas ini.

Tabel 3.8 Jawaban Perbandingan *Turbocharger* dan *Naturally Aspirated*

No.	Pokok Bahasan	Dengan <i>Turbocharger</i>	<i>Naturally Aspirated</i>
1.	Komponen utama	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Pre cleaner</i> 2. <i>Air cleaner</i> 3. <i>Intake manifold</i> 4. <i>Exhaust manifold</i> 5. <i>Muffler</i> 6. <i>Turbocharger</i> 7. <i>Intercooler/after cooler</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Pre cleaner</i> 2. <i>Air cleaner</i> 3. <i>Intake manifold</i> 4. <i>Exhaust manifold</i> 5. <i>Muffler</i>
2.	Keuntungan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Meningkatkan daya & torsi <i>engine</i> 30–40% (Karyanto, 2000) 2. Bahan bakar lebih ekonomis (Aris Munandar, 1988) 3. Meredam suara gas buang (<i>turbocharger</i> dilengkapi <i>silencer</i>) 4. <i>Engine</i> bekerja lebih baik di ketinggian karena tekanan atmosfer rendah dan kerapatan udara berkurang, dengan <i>turbocharger</i> hal ini dapat diatasi. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Suara <i>engine</i> lebih kecil (tidak berisik dibandingkan <i>turbocharger</i>) 2. Perawatan lebih simpel dibandingkan <i>turbocharger</i> 3. Pengawasan operasional lebih simpel dibandingkan <i>turbocharger</i>



No.	Pokok Bahasan	Dengan Turbocharger	Naturally Aspirated
3	Kerugian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perawatan yang lebih ekstra 2. Suara <i>engine</i> yang dihasilkan lebih berisik 3. Pengawasan pengoperasian lebih ekstra 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Daya lebih rendah dibandingkan <i>turbocharger</i> 2. Penggunaan bahan bakar lebih boros dibandingkan <i>turbocharger</i> 3. <i>Engine</i> bekerja kurang baik di ketinggian dibandingkan <i>turbocharger</i>

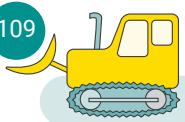
3. Fuel Delivery System

Pada subbab *fuel delivery system* membahas mengenai sistem penghantaran bahan bakar dari tangki hingga ke *injector*. Ada beberapa tipe dari sistem yang dibahas dalam buku siswa, yakni konvensional (FIP in-line dan distributor/*rotary*) dan *common rail* hingga *high pressure common rail*. Berdasarkan kemajuan teknologi memang tipe konvensional sudah mulai ditinggalkan penggunaannya pada diesel *engine* alat berat. Namun, di sini pada buku siswa dirasa perlu dibahas mengingat prinsip-prinsip dasar dari *fuel delivery system* berawal dari sistem konvensional. Umumnya, sekolah memiliki unit praktik atau *engine stand* masih menggunakan *engine* dengan *fuel delivery system* yang konvensional.

Aktivitas 3.7

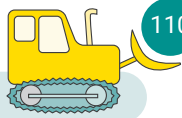
Aktivitas 3.7 merupakan aktivitas mandiri. Pada aktivitas ini, peserta didik mampu secara mandiri dapat menggambar bagan *fuel delivery system* dan mengidentifikasi nama-nama komponen dari *fuel delivery system* dengan benar. Pada aktivitas 3.7 ini peserta didik dapat diajak guru untuk melihat langsung melakukan observasi di bengkel sekolah yang memiliki unit alat berat/*engine stand* – *diesel engine*, atau unit *pick up/truck diesel engine*. Bisa saja terdapat perbedaan antara gambar dan komponen yang ada secara fisik, baik tipe maupun konstruksinya. Oleh karena itu, guru perlu untuk mendampingi dan menjelaskan perbedaan-perbedaan yang ada antara gambar pada buku guru dan kondisi fisik alat yang ada di sekolah. Berikut kunci jawaban tugas yang ada di dalam aktivitas ini.

Nama nama komponen pada gambar, sebagai berikut: (1) *fuel tank*, (2) *fuel lines*, (3) *fuel filter*, (4) *fuel injection pump (fip) tipe rotari/distributor*, (5) pipa tekanan tinggi, (6) injektor, (7) *return pipelines*, (8) *glow plug*.



Tabel 3.9 Kunci Jawaban Aktivitas 3.7

No.	Nama	Fungsi
1.	<i>Fuel tank</i>	Menampung <i>fuel</i> sebelum diisap oleh pompa melalui filter
2.	<i>Fuel lines</i>	Saluran <i>fuel</i> yang menghubungkan antara komponen, seperti <i>fuel tank</i> dengan <i>fuel filter</i>
3.	<i>Fuel filter</i>	Menyaring kotoran, air, dan kontaminan lainnya yang dibawa <i>fuel</i> . Filter biasanya ada dua tingkat, yang pertama adalah pre-filter yang biasanya terdapat <i>water separator</i> dan <i>priming pump</i> . Selanjutnya, yang kedua adalah <i>main fuel filter</i> yang mampu menyaring partikel kotoran yang lebih kecil dibandingkan <i>pre filter</i> .
4.	FIP tipe <i>rotary</i>	<i>Fuel injection pump</i> (FIP) tipe <i>rotary</i> /distributor berfungsi menghasilkan <i>output fuel</i> bertekanan tinggi untuk disalurkan ke <i>injector</i> sesuai dengan <i>firing order</i> (FO) per <i>silinder</i> dan <i>timing</i> penginjeksian.
5.	Pipa tekanan tinggi	Menyalurkan <i>fuel</i> bertekanan tinggi dari FIP ke injektor-injektor.
6.	Injektor	Menyemprotkan <i>fuel</i> dalam bentuk kabut ke <i>combustion chamber</i> , sesuai dengan <i>timing</i> penginjeksian dan <i>firing order</i> per silindernya.
7.	<i>Return pipelines</i>	Menyalurkan kelebihan <i>fuel</i> dari FIP dan dari injektor untuk dikembalikan ke <i>fuel tank</i> .
8.	<i>Glow plug</i>	Memanaskan <i>combustion chamber</i> . Biasanya <i>glow plug</i> dipasangkan pada <i>diesel engine type in-direct injection</i> . Jadi, <i>glow plug</i> dipasang pada <i>pre combustion chamber</i> . Proses memanaskan <i>combustion chamber</i> ini hanya dilakukan pada saat awal <i>start engine</i> saja (kondisi <i>engine</i> masih dingin).



Aktivitas 3.8

Aktivitas 3.8 merupakan aktivitas kelompok. Pada aktivitas ini, peserta didik mampu bekerja sama menjelaskan cara kerja dari *glow plug* dengan disertai pembuktian di lapangan. Aktivitas ini berhubungan dengan *glow pug*. Pada materi tersebut, guru dapat memberikan terlebih dahulu tentang cara kerja dari sistem pemanas mula ini. Guru dapat menayangkan video bagaimana sistem pemanas mula ini bekerja. Contoh tautan videonya: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/TAB19>. Peserta didik diharapkan dapat memahami secara utuh cara *glow plug* bekerja dalam sistem pemanas mula ini. Isian tabel berikut tergantung hasil dari praktik peserta didik.

Tabel 3.10 Isian Pengukuran *Glow Plug*

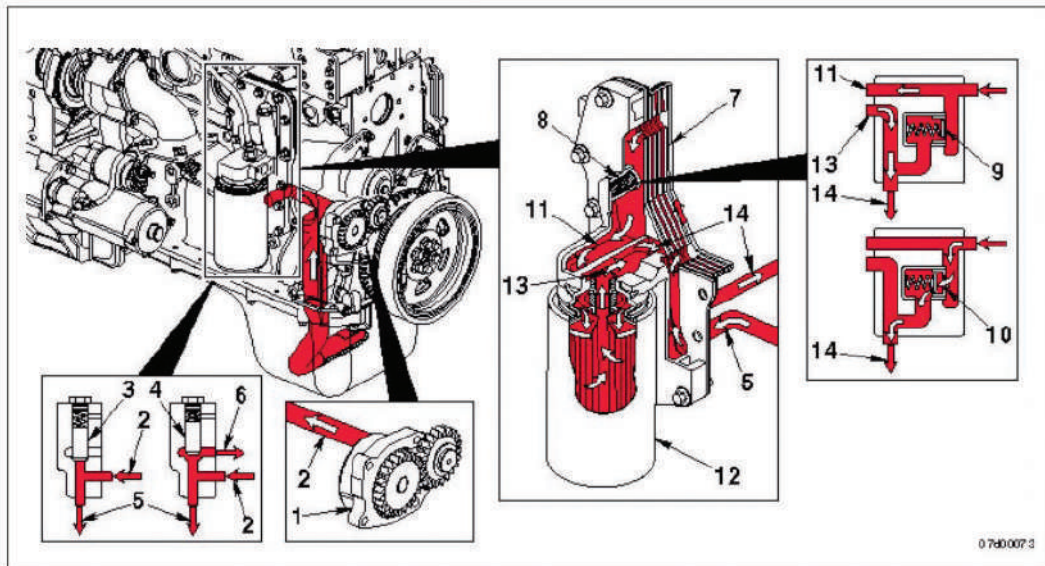
<i>Glow Plug</i> Nomor	Hasil Ukur Tahanan <i>Glow Plug</i> (Ohm)	Nilai Spesifikasi Tahanan <i>Glow Plug</i> (Ohm)	Waktu Hingga <i>Glow Plug</i> Mulai Memerah/Berpijar
1			
2			
3			
4			

Pada aktivitas 3.8 diperlukan pengawasan yang ketat oleh guru kepada para peserta didik. Hal itu karena memerlukan praktik yang dapat menimbulkan potensi bahaya dan kecelakaan kerja. Oleh karena itu, disarankan agar guru meminta bantuan guru rekan sejawat atau teknisi bengkel (jika sekolah memiliki teknisi) untuk membantu dalam pengawasan selama peserta beraktivitas. Jika tidak memungkinkan mendapatkan bantuan pengawasan, guru dapat memberikan contoh saja dengan mempersilakan satu kelompok mendemonstrasikannya di depan kelas. Dengan demikian, dalam hal ini guru dapat mengawasi proses aktivitas peserta didik dengan baik.



4. Lubricating System

Pada subbab *lubricating system* ini sangat erat kaitannya dengan Bab 7 Perawatan Berkala. Pada perawatan *diesel engine* yang utama adalah perhatian pada pemeriksaan dan penggantian oli *engine* dan oil filter *engine*. Pada subbab ini guru dapat menjelaskan pentingnya peserta didik memiliki pengetahuan yang baik mengenai fungsi, konstruksi, cara kerja, dan karakteristik dari *lubricating system*.



1. Gerotor lubricating oil pump
2. From lubricating oil pump
3. Pressure regulating valve closed
4. Pressure regulating valve open
5. To lubricating oil cooler
6. To oil pan
7. Lubricating oil cooler
8. Filter bypass valve
9. Filter bypass valve closed
10. Filter bypass valve open
11. To lubricating oil filter
12. Full-flow lubricating oil filter
13. From lubricating oil filter
14. Main lubricating oil rifle

Gambar 3.4 Bagan lubricating system

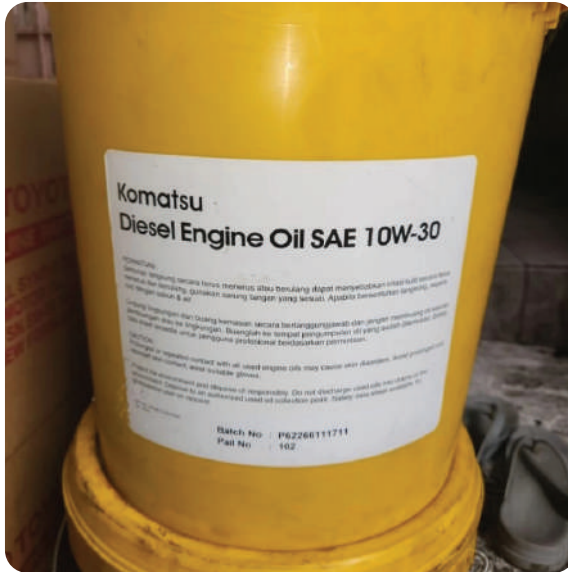
Sumber: Shop Manual 107E-1 series Engine, Komatsu, 2006, Printed in USA



Aktivitas 3.9

Aktivitas 3.9 merupakan aktivitas kelompok. Pada aktivitas ini, peserta didik mampu bekerja sama menjelaskan klasifikasi oli dengan baik. Pada aktivitas 3.9 ini guru dapat memberikan contoh kemasan oli yang dimiliki sekolah. Jika tidak memiliki atau hanya satu jenis saja, guru dapat mengajak peserta didik berkunjung ke dealer terdekat atau hanya sekadar mengambil foto dari internet dari sumber yang tepercaya. Produk oli yang dibahas mulai dari *engine oil*, *hydraulic oil*, dan *gear oil*.





Gambar 3.5 Stiker kemasan oli

Sumber: Edi Fakhri

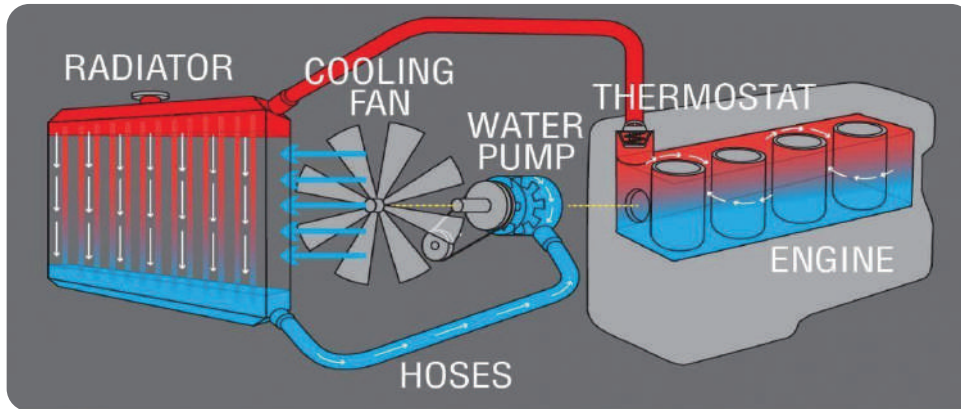
Produk oli yang dibahas mulai dari *engine oil*, *hydraulic oil*, hingga *gear oil*.

5. Cooling System

Pada subbab *cooling system* ini, guru dapat menjelaskan *cooling system* dengan dibantu media, seperti video dan foto tambahan. Akan lebih baik, jika memiliki unit *engine* di sekolah. Untuk unit *engine* sendiri tidak harus persis milik unit alat berat, tetapi dapat disesuaikan, misalnya unit *engine-engine* kecil. Pada prinsipnya, *cooling system* baik itu *engine* besar dan *engine* kecil adalah sama. Peserta didik dapat diajak mengeksplorasi sistem dan komponen secara



langsung dengan adanya unit *engine* yang sesungguhnya. Pembelajaran yang diterapkan adalah pembelajaran berdiferensiasi. Benda dapat dilihat melalui video, foto, atau bahan praktik secara langsung.



Gambar 3.6 Bagan *cooling system*

Sumber: tacomatruck.repair



Aktivitas 3.10

Aktivitas 3.10 merupakan aktivitas kelompok. Pada aktivitas ini, peserta didik mampu bekerja sama menjelaskan cara kerja *thermostat* berdasarkan bukti data yang didapatkan di lapangan. Pada aktivitas 3.10 kali ini, peserta didik diajak melakukan eksperimen praktik langsung. Jadi, tidak membahas teori semata dari buku atau referensi lainnya. Namun, tentu saja diperlukan referensi, seperti nilai spesifikasi temperatur pembukaan *valve* pada *thermostat*. Jawaban tugas pada aktivitas ini bervariasi tergantung hasil eksperimen yang diperoleh.

D.

Refleksi Guru

Bagian refleksi guru mengajak peserta didik untuk merasakan semua yang telah dijalani selama proses pembelajaran berlangsung. Bagian manakah peserta didik merasakan kemudahan dan dapat belajar secara efektif? Lingkungan dan situasi seperti apa yang mendukung pembelajaran? Pada bagian refleksi ini peserta didik diajak untuk merefleksikan diri, kapan dirinya kurang antusias dalam pembelajaran. Jika mengalami hal yang serupa, pada masa mendatang apa yang harus dilakukan agar pembelajaran dapat berjalan dengan baik?



E. Asesmen

Asesmen terdapat pada tiap akhir bab adalah asesmen formatif untuk menilai perkembangan kompetensi peserta didik yang dipelajarinya. Penyusunan asesmen mengacu pada tujuan pembelajaran (TP). Fungsi asesmen adalah sebagai alat untuk mengukur ketercapaian TP, baik aspek pengetahuan, keterampilan, dan sikap.

1. Rubrik Penilaian

Pada rubrik penilaian ini ada tiga aspek yang akan diukur, yaitu pengetahuan, keterampilan, dan sikap.

Tabel 3.11 Rubrik Penilaian Pengetahuan dan Keterampilan

No. Soal	Soal	Jumlah Soal	Aspek yang Diukur	Skor Nilai	Jawaban Salah/Tidak Menjawab
1	Menyebutkan fungsi lima sistem pada <i>engine</i>	5	Pengetahuan	5	0
2	Menyebutkan lima nama komponen pada lima sistem	25	Pengetahuan	25	0
3a	Menjelaskan cara kerja siklus <i>engine</i> 4 tak	1	Pengetahuan	25	0
3b	Menggambar ilustrasi cara kerja siklus <i>engine</i> 4 tak	1	Keterampilan	40	0
4	Menyebutkan lima perbedaan <i>diesel engine</i> dan <i>gasoline engine</i>	5	Keterampilan	5	0

Tabel 3.12 Rubrik Penilaian Sikap

Aspek	Sangat Baik	Baik	Cukup	Kurang
Disiplin	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas sebelum waktunya.	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas tepat waktu.	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas 1-2 menit dari waktu yang ditentukan.	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas lebih dari 3 menit dari waktu yang ditentukan.



Aspek	Sangat Baik	Baik	Cukup	Kurang
Ketelitian	Peserta didik melaksanakan tugas dengan baik dan tepat.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan baik, tetapi kurang tepat.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan cukup baik, tetapi kurang tepat.	Peserta didik melaksanakan tugas, tetapi kurang baik dan kurang tepat.
Tanggung jawab	Peserta didik selalu melaksanakan seluruh tugas dan kewajiban dengan baik.	Peserta didik sudah menjalankan tugas dan kewajiban dengan baik.	Peserta didik kadang-kadang menjalankan tugas dan kewajiban yang seharusnya dilakukan.	Peserta didik belum menjalankan tugas dan kewajiban yang semestinya dilakukan.
Mandiri	Peserta didik melaksanakan tugas sendirian tanpa dibantu orang lain.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan sedikit diberi petunjuk/bantuan dari guru.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan dibimbing guru.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan mencontek.

2. Soal Asesmen

Guru dapat menggunakan materi asesmen pada buku siswa. Guru juga dapat mengembangkan materi asesmen sendiri yang lebih relevan dengan situasi di lingkungan sekolah. Khusus untuk asesmen *soft skills*, guru dapat mengembangkan model sendiri dengan menggunakan model berikut sebagai contoh atau model lain yang lebih relevan.

Jawaban soal asesmen

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan singkat dan jelas!

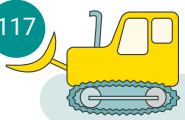
1. Sebutkan fungsi dari sistem berikut:
 - a. *mechanical power build up system*
 - b. *air intake & exhaust system*
 - c. *fuel system*
 - d. *lubricating system*
 - e. *cooling system*



2. Sebutkan nama-nama komponen berikut:
 - a. *mechanical power build up* (5 komponen)
 - b. *air intake & exhaust system* (5 komponen)
 - c. *fuel system* (5 komponen)
 - d. *lubricating system* (5 komponen)
 - e. *cooling system* (5 komponen)
3. Jelaskan cara kerja siklus *diesel engine* 4 tak disertai gambarnya!
4. Sebutkan lima perbedaan *diesel engine* dengan *gasoline engine*!


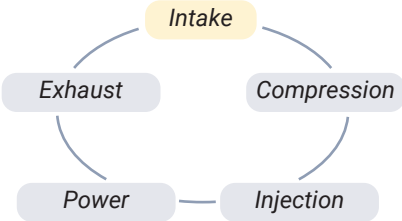

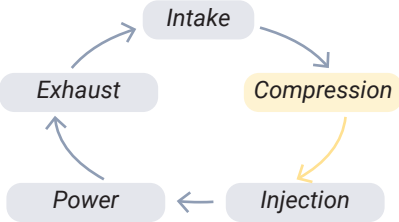

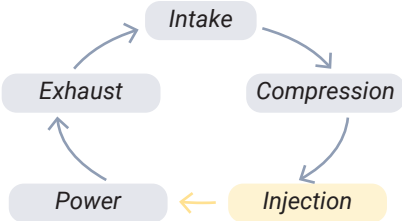
Kunci Jawaban

1. Fungsi dari beberapa yang disebutkan, sebagai berikut.
 - a. *Mechanical power build up system* merupakan sistem yang berfungsi untuk membangkitkan tenaga putar mekanis sebagai *output* dari *engine*.
 - b. *Air intake* dan *exhaust system* merupakan sistem yang berfungsi menyediakan dan mengatur udara masuk berdasarkan kebutuhan *engine* dan mengatur *exhaust gas* yang keluar hasil dari pembakaran yang terjadi pada *engine*.
 - c. *Fuel system* berfungsi menghantarkan *fuel* ke *combustion chamber* dengan tekanan dan volume yang sesuai spesifikasi yang ditetapkan.
 - d. *Lubricating system* berfungsi memberikan layanan pelumasan pada komponen-komponen di dalam *engine* yang bergerak, berputar, bergesekan, dan bertumbukan.
 - e. *Cooling system* berfungsi menjaga temperatur kerja *engine* tetap stabil sesuai spesifikasi yang ditetapkan.
2. Komponen utama
 - a. Komponennya terdiri dari *cylinder head, cylinder block, piston, connecting rod, dan crankcase*.
 - b. Komponennya terdiri dari *pre-cleaner, air cleaner, intake manifold, inter cooler (optional), turbocharger (optional), exhaust manifold, dan muffler*.
 - c. Komponen utamanya terdiri dari *fuel tank, fuel filter, fuel pump, fuel injection pump, fuel lines, dan injector*.
 - d. Komponen utamanya terdiri dari *oil tank, oil pump, oil filter, oil lines, dan oil pressure control valve*.
 - e. Komponen utamanya terdiri dari *water pump, water jacket, thermostat, cooling fan, dan radiator*


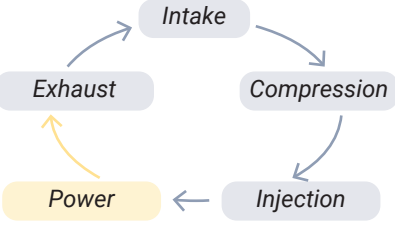

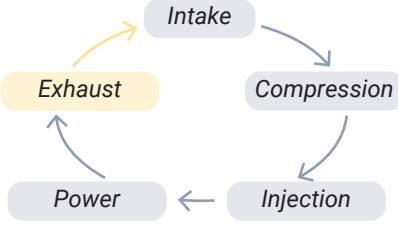


3. Cara kerja siklus diesel *engine* 4 tak, sebagai berikut.

Tabel 3.13 Cara Kerja Siklus *Engine* 4 Tak

Cara Kerja	Ilustrasi	Siklus
<p>1. <i>Intake stroke</i> (langkah isap) Piston bergerak dari TMA ke TMB, <i>intake valve</i> terbuka dan <i>exhaust valve</i> tertutup. Udara kemudian diisap masuk melalui <i>intake manifold</i> memenuhi ruang bakar di atas <i>piston</i>, pada langkah ini <i>crankshaft</i> berputar $\frac{1}{2}$ putaran.</p>		
<p>2. <i>Compression stroke</i> (langkah kompresi) Piston bergerak dari TMB ke TMA, kedua <i>valve</i> tertutup. Udara yang berada di atas <i>piston</i> dikompresi hingga temperatur dan tekanannya menjadi naik. Pada langkah ini <i>crankshaft</i> berputar $\frac{1}{2}$ putaran.</p>		
<p>3. <i>Injection fuel</i> (penginjeksian bahan-bakar) Di akhir langkah kompresi, <i>injector</i> menyemprotkan bahan bakar ke ruang bakar dalam bentuk kabut. Bahan bakar bercampur dengan udara yang panas dan tekanan tinggi sehingga terjadi pembakaran sendiri (<i>self burning</i>). Energi pembakaran</p>		



Cara Kerja	Ilustrasi	Siklus
mengekspansikan gas dengan sangat cepat mendorong <i>piston</i> ke bawah (TMB).		
4. <i>Power stroke</i> (langkah tenaga) <i>Piston</i> didorong dari TMA ke TMB oleh tenaga ekspansi panas hasil pembakaran. Pada langkah tenaga ini <i>crankshaft</i> berputar $\frac{1}{2}$ putaran.		
5. <i>Exhaust stroke</i> (langkah buang) <i>Piston</i> bergerak dari TMB ke TMA. Sementara itu, gas buang hasil pembakaran didorong keluar menuju <i>muffler</i> melalui <i>exhaust valve</i> . <i>Crankshaft</i> berputar $\frac{1}{2}$ putaran.		

4. Lima perbedaan *diesel engine* dan *gasoline engine*.

Tabel 3.14 Perbedaan *Diesel Engine* dan *Gasoline Engine*

No.	Pokok Bahasan	<i>Gasoline Engine</i>	<i>Diesel Engine</i>
1.	Jenis bahan bakar	Bensin (Oktan Number)	Solar (Cetane Number)
2.	Konsumsi bahan bakar	230 – 270 g/PS-hours	170–210 g/PS-hours
3.	<i>Flash point</i>	> 50°C	> 25°C
4.	Metode pembakaran	Dibakar melalui letikan api busi	Terbakar dengan sendirinya karena temperatur & tekanan tinggi.
5.	<i>Compression ratio</i>	5 – 10 Kg/cm ²	14 – 22 Kg/cm ²



F. Sumber Belajar

Guru dapat memperkaya pengetahuan, keterampilan, dan pengalaman sebagai pengajar untuk mengembangkan potensi diri secara maksimal. Sumber belajar yang dapat digunakan dalam materi pada Bab 3 oleh guru, antara lain, buku-buku suplemen dan bahan referensi berikut.

1. *Specification Handbook*
Tim Sekolah Menengah Teknik Alat Berat. Modul *Engine* dan Unit Alat Berat. Jakarta: United Tractors, 2020.
2. *Manual Book*
Shop Manual. Engine. 125E Series. SE N00177-01 Komatsu.
Operation & Maintenance Manual Book PC 200-8
3. *Part Book D85ESS*
4. *Website* yang relevan dan tepercaya.
Contoh link video *diesel engine* <<http://bit.ly/3WVzWZz> >

G. Lembar Kegiatan Siswa

Lembar kegiatan peserta didik dapat dikembangkan dari materi yang sudah tertera dalam buku siswa, terutama materi penugasan baik yang bersifat individu maupun kelompok. Lembar kegiatan ini dapat bersifat individu maupun kelompok yang terintegrasi di dalam aktivitas-aktivitas. Penugasan pada bagian ini mencakup aspek inkuiri, seperti pengamatan terhadap konstruksi sistem dan komponen, fungsi dan cara kerja, hingga keterkaitan antarsistem yang menjadi satu kesatuan dalam sebuah *engine*.

H. Kegiatan Tindak Lanjut

Kegiatan tindak lanjut setelah pembelajaran dalam bab ini dilakukan pada bab selanjutnya. Tindak lanjut berupa perbaikan cara memfasilitasi pembelajaran selanjutnya berdasarkan refleksi sendiri oleh guru. Guru menggunakan cara yang lebih tepat dengan cara belajar peserta didik di lingkungan sekolah masing-masing. Selain itu, kegiatan tindak lanjut didasarkan pada hasil asesmen yang dilakukan, baik asesmen formal di akhir pembelajaran maupun asesmen informal, seperti pengamatan oleh guru setiap harinya.

Pengayaan yang disajikan dalam buku siswa dapat dimanfaatkan bagi peserta didik yang telah tuntas mencapai tujuan pembelajaran. Pengayaan dapat menambah wawasan peserta didik tentang gambar teknik. Selain itu, guru membentuk kegiatan tutorial dengan menggunakan tutor sebaya. Peserta didik yang tertinggal dalam pelajaran sebelumnya dapat belajar bersama dengan peserta didik yang terdepan dalam pembelajaran.

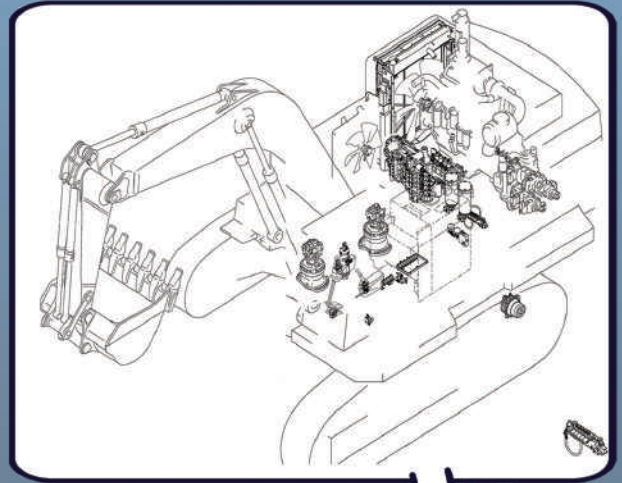


KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2024

Panduan Guru Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XI

Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin

ISBN: 978-634-00-0165-5



Bab

4



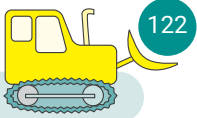
Sistem *Hydraulic* Alat Berat

Bab 4 mengenai Sistem *Hydraulic* Alat Berat ini terdiri dari beberapa subbab, yaitu dasar sistem *hydraulic*, tangki *hydraulic*, pompa *hydraulic*, katup kendali (*control valve*) *hydraulic*, dan aktuator *hydraulic*. Selain itu, ada subbab tentang komponen *hydraulic* lainnya, seperti *swivel joint*, akumulator dan *oil cooler*. Setiap subbab ini memuat materi dan aktivitas yang dapat membuat peserta didik paham aliran oli dan tenaga *hydraulic* serta jenis, fungsi, lokasi komponen-komponen *hydraulic* pada alat berat.

Aktivitas-aktivitas dalam bab ini disajikan untuk membangun semangat belajar guna meningkatkan pengetahuan dan keterampilan *improvement* melalui *critical & creative thinking* peserta didik. Selain itu, melatih peserta didik untuk terbiasa dalam penggunaan media teknologi dalam pencarian informasi serta melatih keterampilan *life & career* melalui kegiatan-kegiatan proyek bersama dalam kelompok. Sementara itu, pada bagian akhir Bab 4 ini akan terdapat tantangan yang terjadi di industri dan asesmen guna mempertajam tingkat pemahaman peserta didik terkait model unit alat berat.

Proses pengajaran yang dilakukan oleh rekan-rekan guru dapat menyesuaikan dengan metode pembelajaran yang paling sesuai dengan kondisi di sekolah serta bahan dan objek praktik untuk sistem peserta didik pada *workshop* yang dimilikinya. Beberapa pilihan metode pembelajaran yang dapat digunakan diutamakan terpusat pada peserta didik. Misalnya, pengerjaan tugas mandiri, pembelajaran berbasis proyek, praktik pembongkaran, inspeksi, pengukuran, dan perakitan komponen-komponen *hydraulic* yang melibatkan kelompok dari peserta didik. Selain itu, ada pemecahan masalah pada kasus di industri. Hal tersebut memberikan kesempatan kepada guru untuk menggunakan metode pembelajaran lain yang paling sesuai dengan kondisi pada peralatan praktik dan *workshop* yang dimiliki.

Aktivitas yang tertera pada buku siswa dapat dijadikan inspirasi untuk meningkatkan pemahaman konsep, melatih keterampilan praktis, serta mengembangkan pemikiran kritis dan kreatif. Selain itu, aktivitas dapat meningkatkan keaktifan dan partisipasi, membangun kepercayaan diri, mendorong kemandirian belajar, dan meningkatkan kemampuan kolaborasi. Walaupun demikian, guru dapat membuat sendiri aktivitasnya sesuai dengan kebutuhan. Guru dapat menyiapkan laptop, *projector*, komponen dan *tool* praktik, *job sheet* praktik. Selain itu, guru juga dapat menyediakan media lain untuk menampilkan gambar atau video aliran dan komponen-komponen pada alat berat, seperti dasar sistem *hydraulic*, tangki *hydraulic*, pompa *hydraulic*, katup kendali (*control valve*) *hydraulic*, dan aktuator *hydraulic*. Selain itu, guru juga dapat menyediakan gambar atau video tentang komponen *hydraulic* lainnya, seperti *swivel joint*, akumulator, dan *oil cooler*. Gambar dan video yang dipilih, menekankan pada aliran oli dan tenaga *hydraulic*, serta jenis, fungsi, lokasi dan komponen-komponen *hydraulic* pada alat berat.



A. Skema Pembelajaran

Skema pembelajaran pada bab ini meliputi tujuan pembelajaran, peta materi, mengetahui dan kemampuan awal peserta didik. Selain itu, ada rekomendasi alokasi waktu, apersepsi, materi pokok, alternatif aktivitas pembelajaran, refleksi, dan *soft skill* dalam pembelajaran.

1. Tujuan Pembelajaran

Guru perlu untuk mencermati tujuan pembelajaran dari bab ini yang dituliskan pada buku siswa sebagai berikut.

Tujuan Pembelajaran

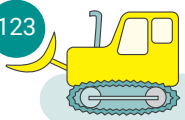
Setelah mempelajari bab ini, peserta didik dapat mengidentifikasi dan menjelaskan aliran oli, tenaga *hydraulic*, jenis, fungsi, dan lokasi komponen-komponen *hydraulic*.

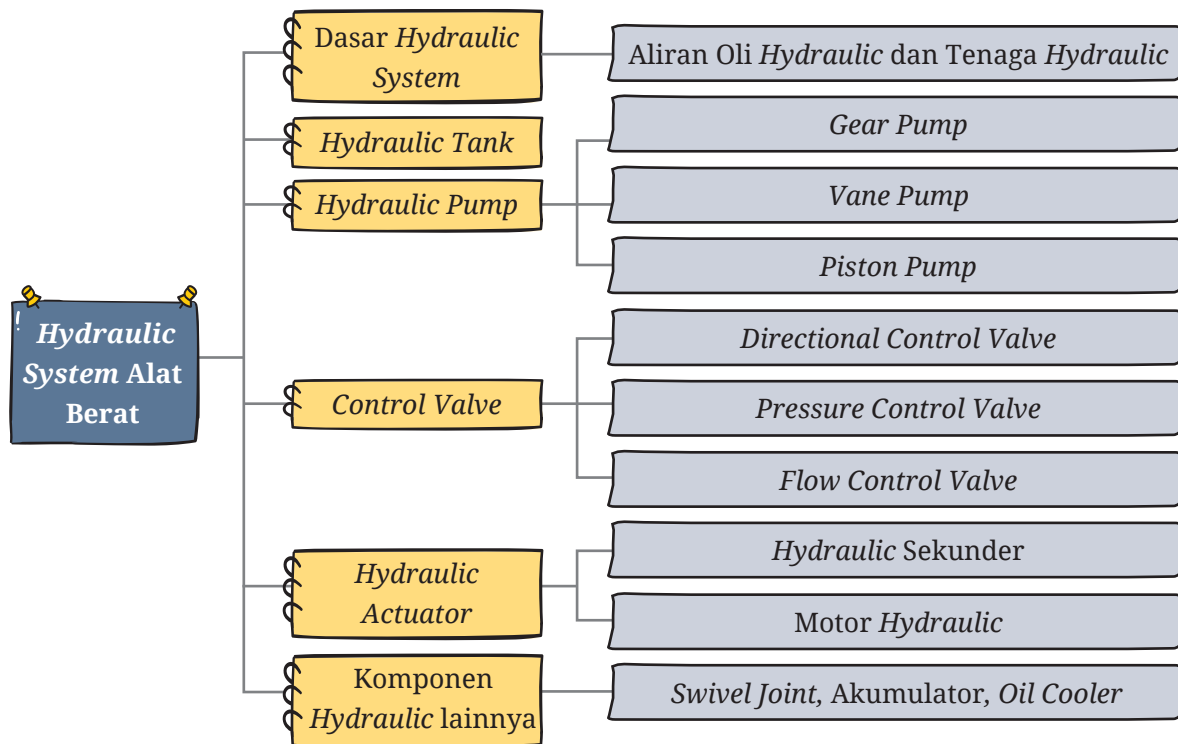
Tujuan pembelajaran tersebut dapat diuraikan lagi, yaitu peserta didik mampu menjelaskan aliran oli dan tenaga *hydraulic* dan jenis, fungsi, lokasi komponen-komponen *hydraulic* pada alat berat, yaitu

- a. tangki *hydraulic*,
- b. pompa *hydraulic*,
- c. katup kendali (*control valve*) *hydraulic*,
- d. aktuator *hydraulic*,
- e. *swivel joint*,
- f. akumulator, dan
- g. *oil cooler*.

2. Peta Materi

Bagian ini menyajikan bagan atau peta materi yang perlu dikuasai untuk mencapai tujuan pembelajaran. Materi menyangkut pada aliran oli dan tenaga *hydraulic* serta jenis, fungsi, lokasi komponen-komponen *hydraulic* pada alat berat.





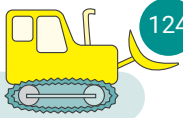
Gambar 4.1 Peta materi pembelajaran *hydraulic system* alat berat

Peta materi tersebut dibuat untuk mempermudah peserta didik dan guru dalam proses pembelajaran. Guru dipersilakan, jika berkeinginan untuk mengembangkan sendiri peta materi yang paling mudah untuk dipahami dan diaplikasikan oleh peserta didik.

3. Mengetahui Kemampuan Awal Peserta Didik

Bagian ini sangat penting untuk merancang pengajaran yang efektif dan sesuai dengan kebutuhan peserta didik (*learning need analysis*). Berikut beberapa cara untuk mengidentifikasi kemampuan awal peserta didik.

- Pre-test/tes* diagnostik, mengukur pengetahuan awal peserta didik sebelum materi baru diajarkan.
- Kuesioner/survei, mengumpulkan informasi tentang pengetahuan, minat, dan kepercayaan diri peserta didik.
- Observasi kelas, mengamati peserta didik saat bekerja dan berinteraksi dalam kegiatan belajar.



- d. Diskusi/tanya jawab, melibatkan peserta didik dalam diskusi atau sesi tanya jawab untuk menilai pemahaman mereka.
- e. Portofolio peserta didik, meninjau karya sebelumnya untuk memahami kemampuan awal mereka.
- f. Refleksi diri, meminta peserta didik menilai diri mereka sendiri melalui jurnal atau *self-assessment*.
- g. Proyek pendahuluan, memberikan proyek sederhana untuk mengidentifikasi kemampuan peserta didik.
- h. Interaksi dengan orang tua, mendiskusikan kemampuan peserta didik dengan orang tua atau wali.
- i. Penggunaan teknologi, menggunakan aplikasi atau *platform* yang menganalisis kemajuan peserta didik.

Penggunaan berbagai metode ini disesuaikan dengan situasi dan kondisi di sekolah. Tujuannya agar dapat membantu guru menilai kemampuan awal peserta didik secara menyeluruh dan memungkinkan penyesuaian pengajaran yang efektif.

4. Rekomendasi Alokasi Waktu

Buku ini menyajikan rekomendasi alokasi waktu yang dirancang khusus untuk memudahkan pengelolaan waktu dalam mengajar. Dengan demikian, setiap aspek penting dari kurikulum dapat tersampaikan secara efektif dan efisien. Dalam menyusun rekomendasi alokasi waktu ini, kami telah mempertimbangkan berbagai faktor, termasuk kebutuhan peserta didik, materi pelajaran, serta tantangan yang dihadapi dalam proses pembelajaran. Pengaturan waktu yang tepat, diharapkan setiap guru dapat melaksanakan tugasnya dengan lebih terstruktur, memaksimalkan waktu pembelajaran, dan mencapai tujuan pendidikan yang diharapkan.

Bab 4 ini terdapat 96 JP yang terbagi menjadi 28 JP untuk porsi teori (30%) dan 67 JP digunakan untuk praktik/pengayaan/ pembelajaran berbasis proyek (70%). Teruntuk sekolah yang belum memiliki komponen *hydraulic* alat berat, dapat berkunjung ke industri atau sekolah terdekat yang memiliki komponen *hydraulic* alat berat. Waktunya sesuai dengan porsi praktik selama 67 JP. Jumlah alokasi waktu per pekan disesuaikan berdasarkan kebutuhan, situasi, dan kondisi di sekolah.

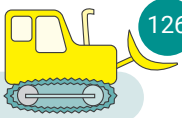


Tabel 4.1 Alokasi Waktu Pembelajaran

No.	Subbab	Alokasi Waktu
1.	<p>Teori</p> <p>Aliran oli dan tenaga <i>hydraulic</i></p> <p>Jenis, fungsi, dan lokasi komponen-komponen <i>hydraulic</i> pada alat berat, yaitu</p> <ol style="list-style-type: none"> tangki <i>hydraulic</i>, pompa <i>hydraulic</i>, katup kendali (<i>control valve</i>) <i>hydraulic</i>, aktuator <i>hydraulic</i>, <i>swivel joint</i>, akumulator, dan <i>oil cooler</i>. 	28 JP
2.	<p>Praktik dan Kunjungan Industri</p> <p>Aliran oli dan tenaga <i>hydraulic</i></p> <p>Jenis, fungsi, dan lokasi komponen-komponen <i>hydraulic</i> pada alat berat, yaitu</p> <ol style="list-style-type: none"> tangki <i>hydraulic</i>, pompa <i>hydraulic</i>, katup kendali (<i>control valve</i>) <i>hydraulic</i>, aktuator <i>hydraulic</i>, <i>swivel joint</i>, akumulator, dan <i>oil cooler</i>. 	67 JP

5. Apersepsi

Sebagai tahap awal dalam setiap proses pembelajaran, apersepsi memainkan peran yang sangat penting dalam mengaitkan pengetahuan sebelumnya dengan materi baru yang akan dipelajari. Hal itu berlaku untuk bab ini yang membahas tentang sistem *hydraulic* alat berat. Guru dapat membangun jembatan pemahaman yang kuat melalui apersepsi yang efektif. Dengan demikian, peserta didik lebih siap dan termotivasi untuk mengikuti pelajaran. Berikut contoh apersepsi yang ada dalam buku siswa Bab 4.



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?

6. Materi Pokok dan Alternatif Aktivitas Pembelajaran

Materi pokok yang disajikan dalam bab ini dirancang untuk memberikan landasan pengetahuan yang solid bagi peserta didik sesuai dengan kurikulum yang berlaku. Selain itu, bab ini juga menyertakan berbagai alternatif aktivitas pembelajaran yang bertujuan untuk memperkaya pengalaman belajar peserta didik sehingga mereka dapat lebih memahami dan mengaplikasikan konsep-konsep yang diajarkan.

Aktivitas pembelajaran yang diusulkan dalam buku ini dirancang untuk mendorong keterlibatan aktif peserta didik, memfasilitasi pembelajaran yang bermakna, serta mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif. Dengan berbagai pendekatan yang ditawarkan, diharapkan guru dapat memilih dan menyesuaikan aktivitas yang paling cocok dengan karakteristik dan kebutuhan peserta didik di kelas mereka.

Tabel 4.2 Materi Pokok *Hydraulic System* Alat Berat

Subbab	Materi Pokok	Alternatif Aktivitas Pembelajaran
Dasar sistem <i>hydraulic</i> , tangki <i>hydraulic</i> , pompa <i>hydraulic</i> , katup kendali (<i>control valve hydraulic</i> , aktuator <i>hydraulic</i> , komponen <i>hydraulic</i> lainnya	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aliran oli dan tenaga <i>hydraulic</i> 2. Jenis komponen-komponen <i>hydraulic</i> 3. Fungsi komponen-komponen <i>hydraulic</i> 4. Lokasi komponen-komponen <i>hydraulic</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pekerjaan mandiri 2. Diskusi kelompok 3. Praktik pembongkaran, inspeksi, pengukuran dan perakitan 4. Kasus industri 5. Menonton dan mereview video

Aktivitas pembelajaran yang dapat dilakukan di kelas tidak terbatas pada yang tersaji di Tabel 1.2. Guru dapat mengembangkan alternatif aktivitas belajar yang lain.

7. Refleksi

Refleksi bukan hanya sebuah langkah akhir dari pembelajaran. Refleksi dapat menjadi sebuah proses penting yang memungkinkan peserta didik dan guru untuk merenungkan, menilai, dan memahami lebih dalam pengalaman belajar yang telah dilalui.



Dalam bab ini, terdapat dua pertanyaan sebagai pendekatan refleksi yang dapat digunakan untuk membantu peserta didik menggali makna dari materi yang telah mereka pelajari. Pertanyaan tersebut, sebagai berikut.

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!

Pertanyaan-pertanyaan refleksi tersebut dapat dihubungkan dengan pengalaman peserta didik sehari-hari. Hal tersebut dapat mempersiapkan mereka untuk penerapan pengetahuan tersebut pada masa yang akan datang. Kami percaya bahwa melalui refleksi yang baik, pembelajaran dapat menjadi lebih bermakna dan relevan. Guru dapat menanyakan hal-hal terkait hasil refleksi agar peserta didik merasa terbantu dalam menemukan jawabannya.

8. Soft Skill dalam Pembelajaran

Soft skill merupakan keterampilan nonteknis yang penting dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam proses pembelajaran. Pada bab ini yang ditekankan pada keterampilan hidup dan karier, keterampilan pembelajaran dan inovasi, keterampilan informasi, media, dan teknologi.

Tabel 4.3 *Soft Skill Hydraulic System Alat Berat*

Subbab	Soft Skill
Dasar sistem <i>hydraulic</i> , tangki <i>hydraulic</i> , pompa <i>hydraulic</i> , katup kendali (<i>control valve</i>) <i>hydraulic</i> , aktuator <i>hydraulic</i> , komponen <i>hydraulic</i> lainnya.	Keterampilan hidup dan karier Keterampilan pembelajaran dan inovasi Keterampilan informasi, media, dan teknologi

B. Persiapan Pembelajaran

Persiapan yang matang adalah kunci untuk menciptakan pengalaman belajar yang efektif dan bermakna. Tahap persiapan melibatkan lebih dari sekadar merencanakan materi ajar. Hal itu mencakup perencanaan yang cermat, pemilihan metode yang sesuai, serta penyusunan strategi yang mendukung kebutuhan dan potensi peserta didik.

Bab ini dirancang untuk memberikan panduan praktis dan komprehensif bagi para guru dalam menyusun persiapan pembelajaran yang optimal. Kami menyajikan berbagai teknik dan strategi yang dapat membantu guru dalam merencanakan dan mengorganisasi kegiatan pembelajaran. Selain itu, dapat membantu guru dalam menyesuaikan pendekatan dengan



karakteristik peserta didik yang berbeda. Sebagai persiapan pembelajaran pada bab ini, guru dapat menyusun rancangan pembelajaran. Penyusunan rancangan pembelajaran berbasis pada karakteristik dan kebutuhan peserta didik dalam mencapai tujuan pembelajaran. Tujuan pembelajaran selanjutnya dapat diturunkan menjadi Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) dan selanjutnya dapat membuat modul ajar.

Guru dapat menyiapkan berbagai sumber pembelajaran video unit alat berat pada *website*, buku manual, buku pengayaan, komponen *hydraulic* alat berat yang dimiliki sekolah. Jika sekolah belum memiliki komponen *hydraulic* alat berat, sekolah dapat bekerja sama dengan melakukan kunjungan ke perusahaan yang memiliki alat berat (distributor alat berat, kontraktor pertambangan, konstruksi, pertanian, dan *forestry*). Hal itu dapat dilakukan dengan membuat janji dan permohonan izin kerja sama untuk kunjungan ke perusahaan terlebih dahulu. Selain itu, juga membuat jadwal dan memastikan kesiapan para peserta didik yang akan berkunjung ke perusahaan tersebut.

C. Kegiatan Pembelajaran

Sebelum memasuki materi, guru dapat menampilkan pertanyaan pemantik beserta video komponen *hydraulic* alat berat yang menggugah peserta didik untuk tertarik mempelajari bab ini. Video yang ditampilkan dapat berupa aliran sistem *hydraulic* alat berat serta komponen-komponen *hydraulic*. Pencarian video terkait sistem *hydraulic* alat berat dapat dilakukan jaringan internet. Peserta didik diharapkan dapat memiliki gambaran mengenai bab ini dengan menjawab pertanyaan pemantik dan menonton video-video tersebut. Video dapat diperoleh dengan mencari di internet (YouTube) atau memanfaatkan video yang sudah dibuat sekolah atau rekan guru (teman sejawat).

Materi dalam bab ini dilengkapi dengan berbagai aktivitas. Aktivitas tersebut dapat dibedakan menjadi aktivitas mandiri dan kelompok. Berikut beberapa aktivitas mandiri dan kelompok yang disajikan.

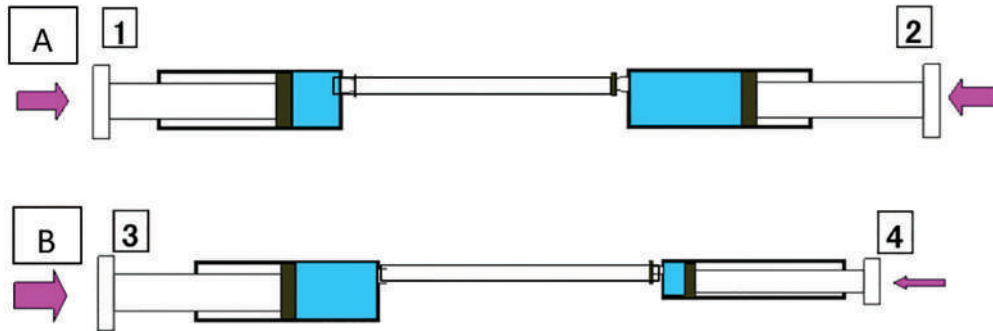
Aktivitas 4.1

Aktivitas 4.1 adalah aktivitas mandiri. Pada aktivitas ini, peserta didik secara mandiri mencermati prinsip kerja *hydraulic system*. Pada aktivitas ini, guru dapat memberikan pengantar sebelum aktivitas dimulai. Guru dapat membuka buku siswa pada aliran oli dan tenaga *hydraulic* (guru dapat memberikan potongan materi dari buku suplemen: *Shop Manual*,



Eksperimen 1 ini, guru dapat mempersiapkan peralatan praktik 2 injeksi (besar dan kecil), selang/pipa penghubung dan air yang telah diwarnai dalam bejana. Selanjutnya, peserta didik melakukan eksperimen beberapa kali, melakukan pergerakan masuk injeksi kecil. Selanjutnya, guru dan peserta didik melakukan evaluasi bersama-sama untuk memantik peserta didik dalam melakukan pemahaman dalam eksperimen yang dilakukan.

Eksperimen 2



Gambar 4.3 Eksperimen 2

Tabel 4.5 Tabel Lembar Kerja Siswa Eksperimen 2

Ketika Tekanan Rendah		Ketika Tekanan Tinggi	
A Apa yang kamu rasakan saat menekan ujung alat injeksi menggunakan jari tanganmu? <input type="radio"/>	Apa yang kamu rasakan saat menekan ujung alat injeksi menggunakan jari tanganmu? <input type="radio"/>	Apa yang kamu rasakan saat menekan ujung alat injeksi menggunakan jari tanganmu? <input type="radio"/>	Apa yang kamu rasakan saat menekan ujung alat injeksi menggunakan jari tanganmu? <input type="radio"/>
B Apa yang kamu rasakan saat menekan ujung alat injeksi menggunakan jari tanganmu? <input type="radio"/>	Apa yang kamu rasakan saat menekan ujung alat injeksi menggunakan jari tanganmu? <input type="radio"/>	Apa yang kamu rasakan saat menekan ujung alat injeksi menggunakan jari tanganmu? <input type="radio"/>	Apa yang kamu rasakan saat menekan ujung alat injeksi menggunakan jari tanganmu? <input type="radio"/>



Pada Eksperimen 2 ini, guru dapat menyiapkan peralatan praktik tiga (3) injeksi besar dan satu (1) injeksi kecil, dua (2) selang/pipa penghubung dan air yang telah diwarnai dalam bejana. Selanjutnya, peserta didik melakukan eksperimen 2 A dan B beberapa kali. Selanjutnya, guru bersama peserta didik melakukan evaluasi bersama-sama. Peserta didik dapat merasakan tekanan yang diterima oleh tangan mereka saat melakukan eksperimen. Hal tersebut berguna untuk memantik peserta didik dalam melakukan pemahaman dalam eksperimen yang mereka lakukan.



Aktivitas 4.2

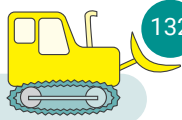
Aktivitas 4.2 adalah aktivitas mandiri. Pada aktivitas ini, peserta didik secara mandiri mencermati dan memahami tentang pompa *hydraulic* melalui media video. Pada aktivitas ini, guru dapat memberikan pengantar sebelum aktivitas dimulai. Guru dapat membuka buku siswa pada pompa *hydraulic* (guru dapat memberikan potongan materi dari buku suplemen: *Shop Manual*, buku C3, dan lain-lain). Selanjutnya, guru dapat menayangkan empat video yang tautannya ada di buku siswa. Guru memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengulang dan membuat rangkumannya. Selanjutnya, hasil rangkuman dievaluasi bersama-sama untuk memantik peserta didik dalam melakukan pemahaman dalam latihan yang akan didiskusikan.



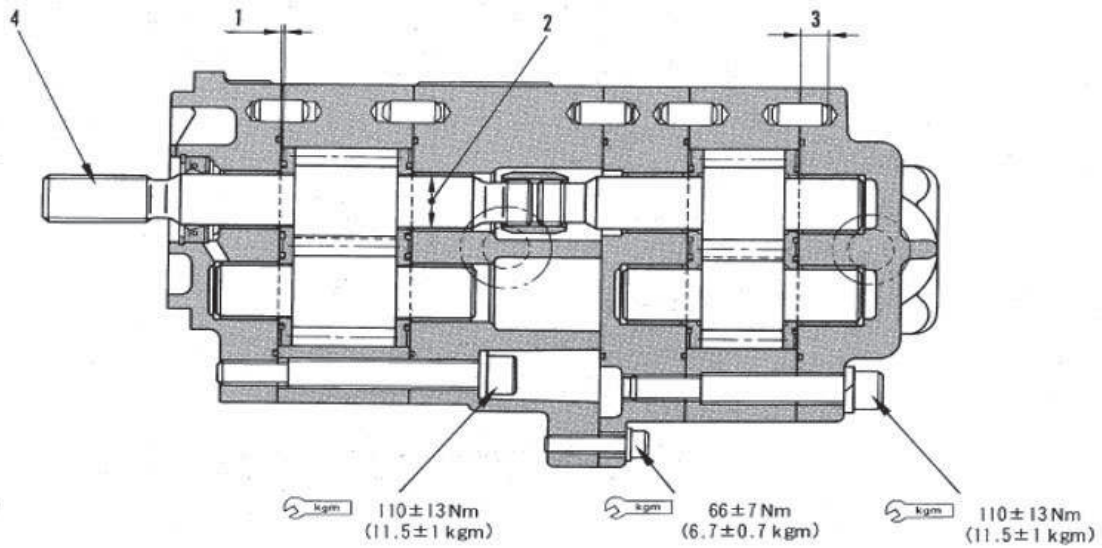
Aktivitas 4.3

Aktivitas 4.3 adalah aktivitas kelompok. Pada aktivitas ini, peserta didik secara bekerja sama mengidentifikasi nama dan fungsi *hydraulic pump* melalui kegiatan praktik. Pada praktik komponen pompa *hydraulic* ini, guru dapat menyiapkan peralatan praktik di *workshop* berupa komponen pompa *hydraulic*, *common* dan *measurement tools*, lembar kerja/*job sheet*, *manual book*. Selanjutnya, guru mendampingi peserta didik melakukan pembongkaran, inspeksi, pengukuran, dan perakitan komponen pompa *hydraulic*.

Pada proses mendampingi ini, guru dapat menjelaskan struktur, fungsi, dan lokasi pompa *hydraulic*. Selain itu, guru memastikan selama praktik, kondisi dan tindakan para peserta didik aman dari bahaya. Hal tersebut berguna memantik peserta didik dalam melakukan pemahaman dalam praktik yang mereka lakukan. Berikut contoh *manual book* untuk praktik pompa *hydraulic*.



• SAL(2)-045 + 045



Unit: mm

No.	Check item	Criteria			Remedy	
		Standard clearance	Clearance limit			
1	Clearance between gear case and side plate	0.10 — 0.15	0.19		Replace	
2	Clearance between inside diameter of plain bearing and outside diameter of gear shaft	0.060 — 0.125	0.20			
3	Depth for hitting in pin	Standard size	Tolerance	Repair limit		
		12	0 -0.5	—		
4	Spline shaft rotating torque	5.8 — 13.8 Nm (0.6 — 1.4 kgm)				
—	Discharge amount (oil: EO10-CD, oil temperature: 45 — 55°C)	Speed (rpm)	Discharge pressure	Standard discharge amount (ℓ/min)	Discharge amount limit (ℓ/min)	—
		3,000	2.9 MPa (30 kg/cm ²)	126	115	

Gambar 4.4 Inspection measurement standard gear pump

Sumber: Shop Manual Komatsu D85SS-2A





Aktivitas 4.4, 4.5, 4.6, 4.7

Aktivitas 4.4, 4.5, 4.6, dan 4.7 adalah aktivitas mandiri. Pada beberapa aktivitas tersebut peserta didik secara mandiri mampu

- a. menyimak tentang materi *open* dan *close hydraulic system*,
- b. mencermati dan menyimpulkan materi tentang *directional control valve*,
- c. menyimak materi tentang *pressure control valve*, dan
- d. menyimak dan mencermati materi tentang *flow control valve*.

Pada aktivitas-aktivitas ini guru dapat memberikan pengantar sebelum kegiatan dimulai. Guru membuka buku siswa pada materi yang sesuai dengan aktivitas (guru dapat memberikan potongan materi dari buku suplemen: *Shop Manual*, buku C3, dan lain-lain). Selanjutnya, guru dapat menayangkan video-video terkait masing-masing materi dalam aktivitas yang tersedia di buku siswa. Guru memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengulang dan membuat rangkumannya dan dievaluasi bersama-sama. Tujuannya untuk memantik peserta didik dalam melakukan pemahaman dalam latihan yang akan didiskusikan.



Aktivitas 4.8

Aktivitas 4.8 adalah aktivitas kelompok. Pada aktivitas ini, peserta didik secara bekerja sama mengidentifikasi nama dan fungsi *control valve* dalam kegiatan berbentuk praktik. Pada praktik komponen *control valve* ini, guru dapat mempersiapkan di *workshop* berupa peralatan praktik berupa komponen *control valve* (diutamakan pada *directional control valve*), *common* dan *measurement tools*, lembar kerja/*job sheet*, *manual book*. Selanjutnya, guru mendampingi peserta didik melakukan pembongkaran, inspeksi, pengukuran, dan perakitan komponen *control valve*. Pada proses pendampingan praktik ini, guru dapat menjelaskan struktur, fungsi, dan lokasi *control valve*. Selain itu, guru memastikan selama praktik kondisi dan tindakan para peserta didik aman dari bahaya. Hal itu berguna untuk memantik peserta didik dalam melakukan pemahaman dalam praktik yang mereka lakukan. Berikut adalah contoh *manual book* untuk praktik *control valve*.



Disassembly and assembly of control valve assembly

★ This section explains only the precautions for assembling the control valve assembly.

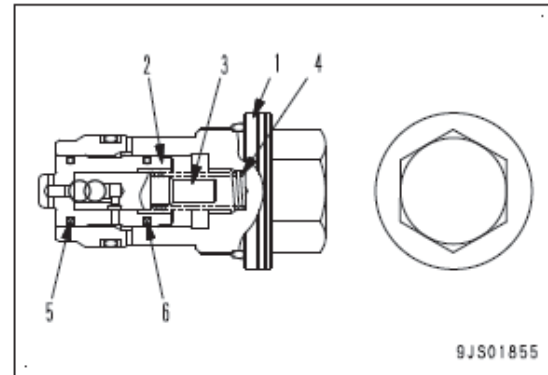
Special tools

Symbol	Part No.	Part name	Necessity	Qty	
1	796-946-1310	Guide diameter 21.8 mm (for 723-46-40100 and 723-46-40601)	■	1	
	796-946-1410	Guide diameter 21.6 mm (for 723-46-47300)	■	1	
	796-946-1810	Guide diameter 21.2 mm (723-46-43100 and 723-46-43600)	■	1	
	796-946-2110	Guide diameter 20.9 mm (for 723-46-44100)	■	1	
	796-946-2210	Guide diameter 20.6 mm (for 723-46-45100 and 723-46-45700)	■	1	
	M 2	796-946-1320	Guide diameter 21.8 mm (for 723-46-40100 and 723-46-40601)	■	1
796-946-1420		Guide diameter 21.6 mm (for 723-46-43700)	■	1	
796-946-1520		Guide diameter 21.6 mm (for 723-46-42800)	■	1	
796-946-1820		Guide diameter 21.2 mm (for 723-46-43100, 723-46-43600 and 723-46-43700)	■	1	
796-946-2120		Guide diameter 20.9 mm (for 723-46-44100)	■	1	
796-946-2220		Guide diameter 20.6 mm (for 723-46-45100 and 723-46-45700)	■	1	
3		796-946-1330	Sleeve (for 723-46-40100 and 723-46-40601)	■	1
		796-946-1430	Sleeve (for 723-46-42800 and 723-46-43700)	■	1
		796-946-1830	Sleeve (for 723-46-43100 and 723-46-43600)	■	1
		796-946-2130	Sleeve (for 723-46-44100)	■	1
	796-946-2230	Sleeve (for 723-46-45100 and 723-46-45700)	■	1	

Procedure for replacing pressure compensation valve seal

★ There are multiple types of pressure compensation valves. Record the positions of removal by marking them not to install them wrongly.

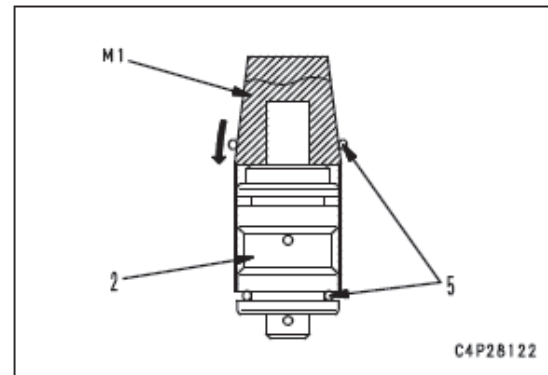
1. Remove piston (2), plug (3), and spring (4) from pressure compensation valve (1).
2. Remove seals (5) and (6) from piston (3).



★ There are multiple types of pistons.

3. Install tool M1 on piston (2), put the seal on the tool and slowly push seal (5) down by hand so that it evenly expands.

★ You can also push in the seal up to the flat part of the tool, and then install the tool to the piston to push it in further.

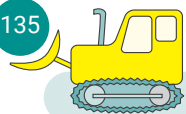


4. Repeat the same process to install another seal (6). Install tool M2 on the same end of piston (2). Slowly push seal (6) down so that it evenly expands.

★ You can also push in the seal up to the flat part of the tool, and then install the tool to the piston to push it in further.

Gambar 4.5 Contoh manual book untuk praktik control valve.

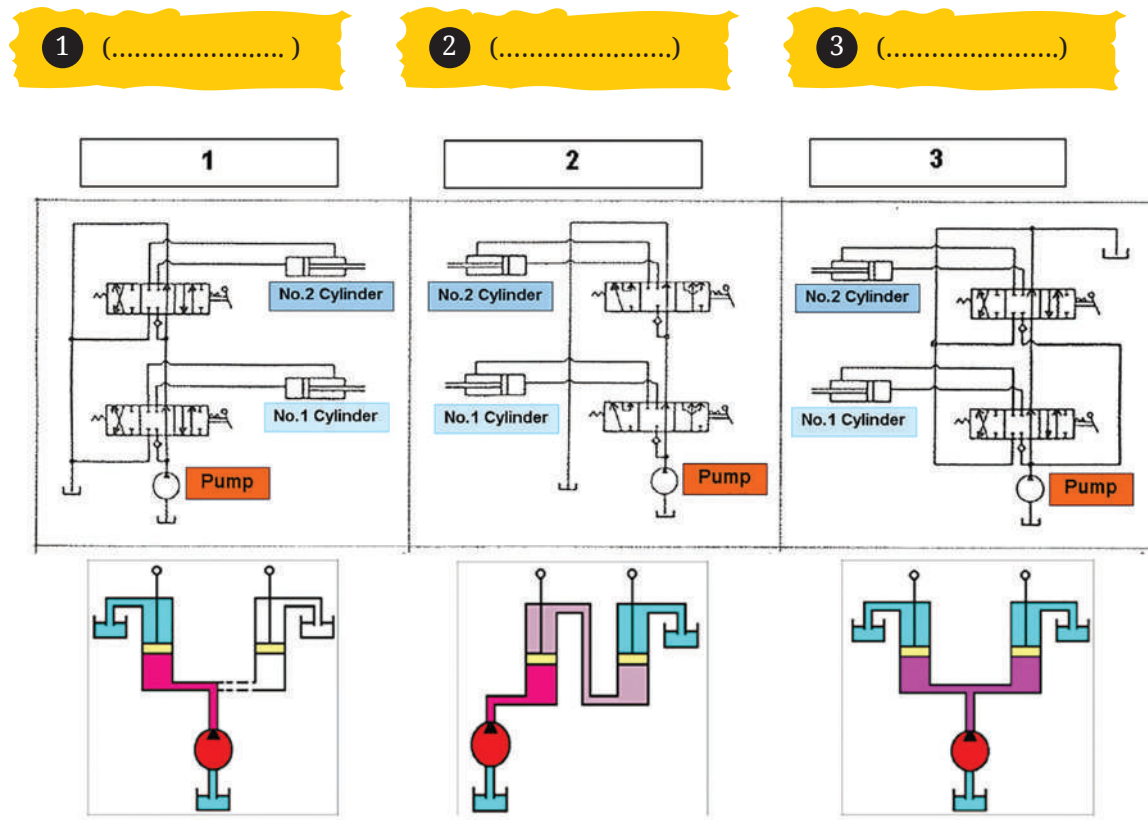
Sumber: Shop Manual Komatsu PC200-8



Latihan

Pertanyaan

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!



Gambar 4.6 Jenis-jenis *hydraulic circuit*

Sumber: Komatsu Hydraulic System/Margono/2021

Jawaban

1. **Sirkuit Tandem:** Silinder No.1 memiliki prioritas lebih tinggi daripada silinder No.2. Silinder dapat menghasilkan gaya besar, operasi simultan/bersama-sama tidak tersedia.
2. **Sirkuit Seri:** Operasi simultan/bersama-sama tersedia, gaya silinder hampir setengah saat operasi simultan.
3. **Sirkuit Paralel:** Operasi simultan/bersama-sama tersedia, kecepatan silinder hampir setengah saat operasi simultan, oli mengalir ke silinder dengan beban rendah terlebih dahulu.



Pada latihan penentuan jenis sirkuit ini, guru memberikan pengantar terkait dengan jenis dan penjelasan sirkuit seri, paralel dan tandem. Selanjutnya, guru dapat memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menentukan dan menuliskan penjelasan pada lembar kerja siswa guna memantik peserta didik dalam melakukan pemahaman dalam latihan kali ini.

Aktivitas 4.9

Aktivitas 4.9 adalah aktivitas mandiri. Pada aktivitas ini, peserta didik secara mandiri menyimak informasi dari video tentang *hydraulic*. Pada aktivitas, peserta didik melakukan penjelajahan melalui media video tentang *hydraulic actuator*. Guru dapat memberikan pengantar sebelum diskusi dimulai. Guru dapat membuka buku siswa bagian aktuator dan *valve* lainnya (guru dapat memberikan potongan materi dari buku suplemen: *Shop Manual*, buku C3, dan lain-lain). Selanjutnya, guru dapat menayangkan video-video terkait aktuator dan *valve* lainnya. Guru memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengulang dan membuat rangkumannya serta dievaluasi bersama-sama. Tujuannya guna memantik peserta didik dalam melakukan pemahaman dalam latihan yang akan didiskusikan.

Aktivitas 4.10

Aktivitas 4.10 adalah aktivitas kelompok. Pada aktivitas ini, peserta didik secara bekerja sama mengidentifikasi nama dan fungsi aktuator dan komponen *hydraulic* lainnya. Pada praktik komponen aktuator *hydraulic* dan *control valve* lainnya. Guru dapat menyiapkan di *workshop* berupa peralatan praktik berupa komponen *hydraulic cylinder*, motor *hydraulic*, PPC, *swivel joint* (diutamakan pada *hydraulic cylinder*), *common* dan *measurement tools*, lembar kerja/*job sheet*, dan *manual book*. Selanjutnya, guru mendampingi peserta didik melakukan pembongkaran, inspeksi, pengukuran, dan perakitan komponen aktuator *hydraulic*. Pada proses pendampingan praktik ini, guru dapat menjelaskan struktur, fungsi, dan lokasi *control valve*. Guru juga memastikan selama praktik dalam kondisi dan tindakan para peserta didik aman dari bahaya. Hal itu berguna untuk memantik peserta didik dalam melakukan pemahaman dalam praktik yang mereka lakukan. Berikut contoh *manual book* untuk praktik *hydraulic cylinder*.

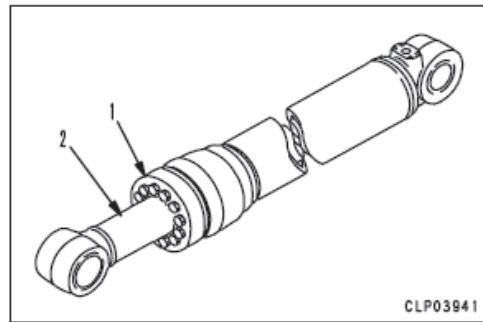


Disassembly and assembly of hydraulic cylinder assembly

★ Place a container under the cylinder to catch the oil.

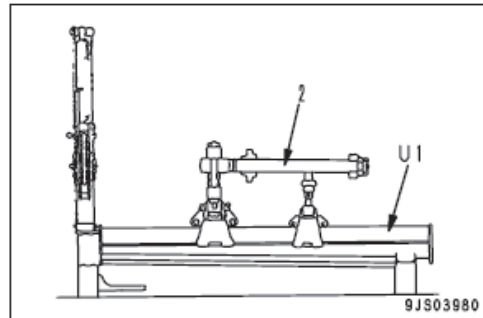
Special tools

Symbol	Part number	Part name	Necessity	Qty	N/R	Sketch
1	790-502-1003	Cylinder repair stand	●	1		
	790-101-1102	Pump	●	1		
2	790-102-4300	Wrench assembly	■	1		
	790-102-4310	Pin	■	2		
3	790-720-1000	Eexpander	●	1		
4	796-720-1670	Rubber band (for boom and arm)	●	1		
	07281-01279	Clamp	●	1		
	796-720-1660	Rubber band (for bucket)	●	1		
	07281-01159	Clamp	●	1		
U 5	790-201-1702	Push tool kit	■	1		
	• 790-201-1831	• Push tool (for bucket)		1		
	• 790-201-1930	• Push tool (for arm)		1		
	• 790-201-1940	• Push tool (for boom)		1		
	• 790-101-5021	• Grip		1		
	• 01010-50816	• Bolt		1		
	6	790-201-1500	Push tool kit (for bucket)	●	1	
• 790-201-1640		• Push tool		1		
• 790-101-5021		• Grip		1		
• 01010-50816		• Bolt		1		
790-201-1980		Plate (for boom)	●	1		
790-201-1990		Plate (for arm)	●	1		
790-101-5021		Grip	●	1		
	01010-50816	Bolt	●	1		



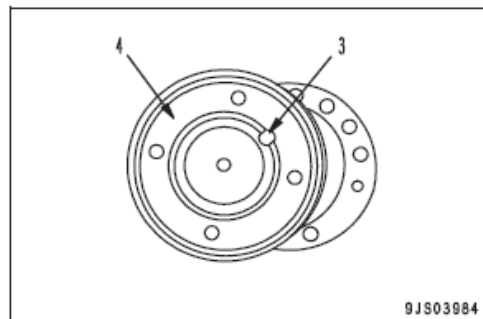
4) Disassemble the piston rod assembly as follows.

1] Set piston rod assembly (2) in tool U1.



2] Remove stopper screw (3) of piston assembly.

★ Common to the boom, arm and bucket cylinder. Screw size: M12 x Pitch 1.75



Disassembly

1. Piston rod assembly

- 1) Remove piping from the cylinder assembly.
- 2) Remove the mounting bolts and then disconnect head assembly (1).
- 3) Pull out piston rod assembly (2).

Gambar 4.7 Contoh manual book untuk praktik hydraulic cylinder.

Sumber: Shop Manual Komatsu PC200-8

Aktivitas 4.11

Aktivitas 4.11 adalah aktivitas mandiri. Pada aktivitas ini, peserta didik secara mandiri praktik mengukur tekanan melalui mesin monitor pada *hydraulic excavator*.

Tabel 4.6 Tabel Pengukuran *Hydraulic Pressure* pada PC200-8

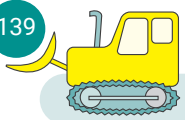
Measuring hydraulic pressure through the monitor panel on PC200-8			
Un-load		rpm	MPa
Slow (P mode)	Engine slow speed	F pump relief pressure	R pump relief pressure
Full (P mode)	Engine full speed	F pump relief pressure	R pump relief pressure
		MPa	MPa
	Bucket Curl PPC Pressure	Arm Curl PPC Pressure	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

Sumber: Shop Manual Komatsu PC200-8

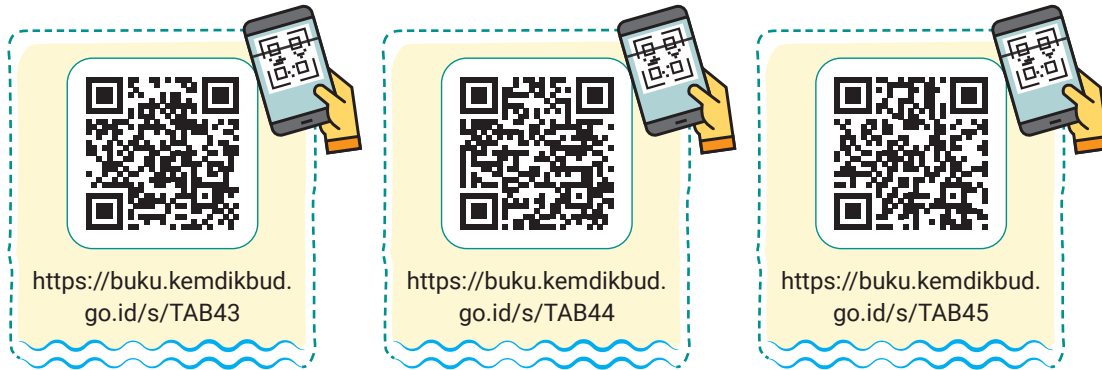
Pada praktik pengukuran tekanan *oil hydraulic* pada *hydraulic excavator* kelas 20 ton. Guru dapat mempersiapkan unit yang dimiliki di sekolah. Jika sekolah tidak memiliki *hydraulic excavator*, peserta didik dapat melakukan praktik unit yang dimiliki perusahaan mitra atau sekolah lain yang memiliki unit tersebut. Guru terlebih dahulu mengajukan izin kerja sama. Sebelum memulai pengukuran, guru membimbing peserta didik melakukan *check before starting* dan *warming up unit*. Selanjutnya, peserta didik melakukan pengukuran dengan menggunakan *machine* monitor yang mana masuk dalam *service mode* sebelumnya.

Guru memastikan bahwa kondisi yang diperlukan dalam pengukuran tekanan *hydraulic* telah terpenuhi, sebagai contoh temperatur kerja pada air radiator, *oil hydraulic* hingga perlakuan untuk mendapatkan tekanan *oil hydraulic* yang masuk (*relief*). Guru menyiapkan lembar kerja/*job sheet*, *manual book*. Selanjutnya, guru mendampingi peserta didik untuk melakukan pengukuran, inspeksi, pengukuran, dan perakitan komponen aktuator *hydraulic*.

Pada proses pendampingan praktik ini, guru dapat menerangkan cara melakukan pengukuran tekanan *hydraulic* yang benar. Guru juga memastikan selama praktik dalam kondisi dan tindakan para peserta didik aman dari bahaya. Hal itu berguna untuk memantik



peserta didik dalam melakukan pemahaman dalam praktik yang mereka lakukan. Guru dan peserta didik bersama-sama mempelajari video yang tersedia, sebelum melakukan pengukuran tekanan *hydraulic* yang bertujuan untuk memahami pengukuran *oil hydraulic*.



Guru bersama peserta didik juga melakukan pembahasan cara pengukuran tekanan *hydraulic* pada *manual book* unit yang akan dilakukan pengukuran.

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

		MPa	{kg/cm ² }	34.8 ± 1.0	33.3 – 36.8
Boom relief	• Hydraulic oil temperature: Within operating range	Normal relief	{MPa}	{355 ± 10}	{340 – 375}
		Power max.	{MPa}	{380 ± 10}	{370 – 400}
Arm relief	• Engine at high idle • Working mode: P mode	Normal relief	{MPa}	{355 ± 10}	{340 – 375}
		Power max.	{MPa}	{380 ± 10}	{370 – 400}
Bucket relief	• Hydraulic pump output pressure with all measurement circuits relieved	Normal relief	{MPa}	{355 ± 10}	{340 – 375}
		Power max.	{MPa}	{380 ± 10}	{370 – 400}

Gambar 4.8 Contoh manual book.

Sumber: Shop Manual Komatsu PC200-8





Kasus Industri

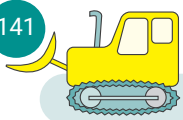
Kasus

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 tadi yang menjadi penyebab utamanya.

Pembahasan

Tabel 4.7 Tabel Penyelesaian Masalah Perlengkapan Kerja, *Swing*, dan *Travel* Tidak Dapat Bekerja

Permasalahan	Perlengkapan Kerja, <i>Swing</i> dan <i>Travel</i> Tidak Dapat Bekerja			
	Penyebab	Standar Nilai Saat Normal	Nilai Hasil Pengujian	Keputusan (Baik/Buruk)
Kemungkinan penyebab masalah dan standar pengujian	<i>Malfunction of PPC lock solenoid valve</i>	<i>Lock Lever pada posisi Lock: 0 MPa {0 kg/cm²}</i> <i>Lock Lever pada posisi Free: 2.9 MPa {30 kg/cm²}</i>		
	<i>Malfunction of self pressure reducing valve</i>	<i>Control Pressure pada saat All levers in neutral: 2.84 – 3.43 MPa {29 – 35 kg/cm²}</i>		

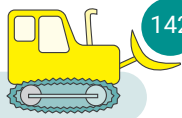


Permasalahan	Perengkapan Kerja, <i>Swing</i> dan <i>Travel</i> Tidak Dapat Bekerja			
	Penyebab	Standar Nilai Saat Normal	Nilai Hasil Pengujian	Keputusan (Baik/Buruk)
	<i>Defective piston pump</i>	<i>Piston pump may have malfunction or internal defect. Check it by following method. 1) Remove pump discharge pressure pickup plugs (F and R). 2) Crank engine at flywheel (manually). 3) If oil flows out of pickup plugs, piston pump is normal.</i>		
	<i>Defective damper</i>	<i>Pump shaft may not revolve because of defect in damper. Check damper directly</i>		

Sumber: Shop Manual Komatsu PC200-8

Pada kasus industri untuk sistem *hydraulic* alat berat ini, guru dapat mempersiapkan *manual book*. Selanjutnya, guru bersama peserta didik mencari cara penyelesaian permasalahan ini di dalamnya. Guru dan peserta didik dapat membahasnya bersama-sama, setelah menemukannya. Pembahasan tentang hal yang menjadi penyebab kasus dan cara menentukan atau menyelesaikannya.

Jika di sekolah terdapat unit alat berat, dapat dilakukan pengukuran secara langsung di unit tersebut. Apabila sekolah tidak memiliki alat berat, guru dapat melakukan praktik unit pada perusahaan mitra atau sekolah lain yang memiliki alat berat. Sebelumnya, guru mengajukan izin kerja sama. Sebelum memulai pengukuran, guru membimbing peserta didik melakukan *check before starting, warming up unit*. Selanjutnya, melakukan pengukuran dengan sesuai *manual book*. Pada proses pendampingan praktik ini, guru memastikan kondisi dan tindakan para peserta didik aman dari bahaya. Hal itu berguna untuk memantik peserta didik dalam melakukan pemahaman dalam praktik yang mereka lakukan. Guru dan peserta didik, bersama-sama mempelajari video yang tersedia, sebelum melakukan pengukuran



tekanan *hydraulic*. Berikut petunjuk yang berasal dari *manual book*, terkait permasalahan pada sistem *hydraulic* pada kasus industri.

Tabel 4.8 Tabel Penyelesaian Masalah pada *Manual Book* untuk Kasus Perlengkapan Kerja, *Swing*, dan *Travel* Tidak Dapat Bekerja

H-3 Work equipment, swing, and travel systems do not work

Trouble	• Whole work equipment, swing, and travel systems do not work.			
Related information	• Carry out all troubleshooting in power mode (P) of working mode.			
Possible causes and standard value in normal state	Cause		Standard value in normal state/Remarks on troubleshooting	
	1	Malfunction of PPC lock solenoid valve	★ Prepare with engine stopped, then run engine at high idle and carry out troubleshooting.	
			Lock lever	PPC lock solenoid valve output pressure
			Lock	0 MPa {0 kg/cm ² }
			Free	2.9 MPa {30 kg/cm ² }
	2	Malfunction of self pressure reducing valve	★ Prepare with engine stopped, then run engine at high idle and carry out troubleshooting.	
			Control lever	Control circuit basic pressure
			All levers in neutral	2.84 – 3.43 MPa {29 – 35 kg/cm ² }
	3	Defective piston pump	Piston pump may have malfunction or internal defect. Check it by following method. 1) Remove pump discharge pressure pickup plugs (F and R). 2) Crank engine at flywheel (manually). 3) If oil flows out of pickup plugs, piston pump is normal.	
	4	Defective damper	Pump shaft may not revolve because of defect in damper. Check damper directly.	

Sumber: Shop Manual Komatsu PC200-8

D. Refleksi Guru

Bagian refleksi guru mengajak peserta didik untuk merasakan semua yang telah dijalani selama proses pembelajaran berlangsung. Bagian manakah peserta didik merasakan kemudahan dan dapat belajar secara efektif? Lingkungan dan situasi seperti apa yang mendukung pembelajaran? Pada bagian refleksi ini peserta didik diajak untuk merefleksikan diri, kapan dirinya kurang antusias dalam pembelajaran. Jika mengalami hal yang serupa, pada masa mendatang apa yang harus dilakukan agar pembelajaran dapat berjalan dengan baik?



E. Asesmen

Asesmen terdapat pada tiap akhir bab adalah asesmen formatif untuk menilai perkembangan kompetensi peserta didik yang dipelajarinya. Penyusunan asesmen mengacu pada tujuan pembelajaran (TP). Fungsi asesmen adalah sebagai alat untuk mengukur ketercapaian TP, baik aspek pengetahuan, keterampilan, dan sikap.

1. Rubrik Penilaian

Pada rubrik penilaian ini ada tiga aspek yang akan diukur, yaitu pengetahuan, keterampilan, dan sikap.

Tabel 4.9 Rubrik Penilaian Pengetahuan dan Keterampilan

No. Soal	Soal	Jumlah Soal	Aspek yang Diukur	Jawaban Benar	Jawaban Salah	Tidak Menjawab
a	Dasar sistem <i>hydraulic</i> dan Komponen-komponen hidrolik	7	Pengetahuan	2	1	0
b	Pengujian tekanan hidrolik pada unit	9	Keterampilan	2	1	0

Tabel 4.10 Rubrik Penilaian Sikap

Aspek	Sangat Baik	Baik	Cukup	Kurang
Disiplin	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas sebelum waktunya.	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas tepat waktu.	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas 1-2 menit dari waktu yang ditentukan.	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas lebih dari 3 menit dari waktu yang ditentukan.
Ketelitian	Peserta didik melaksanakan tugas dengan baik dan tepat.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan baik, tetapi kurang tepat.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan cukup baik, tetapi kurang tepat.	Peserta didik melaksanakan tugas, tetapi kurang baik dan kurang tepat.



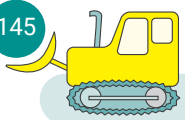
Aspek	Sangat Baik	Baik	Cukup	Kurang
Tanggung jawab	Peserta didik selalu melaksanakan seluruh tugas dan kewajiban dengan baik.	Peserta didik sudah menjalankan tugas dan kewajiban dengan baik.	Peserta didik kadang-kadang menjalankan tugas dan kewajiban yang seharusnya dilakukan.	Peserta didik belum menjalankan tugas dan kewajiban yang semestinya dilakukan.
Mandiri	Peserta didik melaksanakan tugas sendirian tanpa dibantu orang lain.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan sedikit diberi petunjuk/ bantuan dari guru.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan dibimbing guru.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan mencontek.

2. Materi Asesmen

A. Pilihan Ganda

Peserta didik memilih salah satu jawaban yang benar dari pertanyaan. Berikut pertanyaan dan kunci jawabannya.

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, 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
 (Jawaban: d)



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
- mekanik A
 - mekanik B
 - mekanik A dan Mekanik B
 - tidak ada pernyataan yang benar**
 - mekanik A salah dan Mekanik B salah

(Jawaban: d)

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
- mekanik A
 - mekanik B
 - mekanik A dan mekanik B**
 - tidak ada pernyataan yang benar
 - kedua-duanya salah

(Jawaban: c)

4. Cermati pernyataan-pernyataan berikut ini! Mekanik A menyatakan bahwa akumulator *pneumatic* tidak boleh diisi dengan gas oksigen karena dapat menimbulkan karat. Mekanik B menyatakan bahwa akumulator *pneumatic* 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

(Jawaban: b)

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

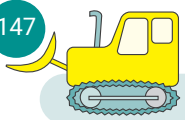
(Jawaban: b)

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

(Jawaban: d)

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

(Jawaban: a)



B. Uraian

Lakukan pengukuran tekanan melalui mesin monitor pada *hydraulic excavator*, seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut.

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	
		Hvd.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	1	799-101-5002	Hydraulic tester
		790-261-1204	Digital hydraulic tester
	2	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



F. Sumber Belajar

Guru dapat memperkaya pengetahuan, keterampilan, dan pengalaman sebagai pengajar untuk mengembangkan potensi diri secara maksimal. Sumber belajar yang dapat digunakan dalam materi pada Bab 4 oleh guru, antara lain, buku-buku suplemen dan bahan referensi berikut.

1. *Leaflet product* alat berat

2. *Specification handbook*

Tim Sekolah Menengah Teknik Alat Berat. *Modul Teknik Dasar Otomotif*. United Tractors. 2020

3. *Manual book*

Shop Manual. Hydraulic Excavator. PC210- 10 MO. PC2100LC-10MO. Serial Number: C00001. Komatsu.

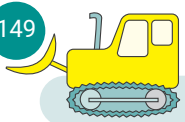
4. *Website* yang relevan dan tepercaya.

Guru juga dapat mencari sendiri materi pengayaan yang paling sesuai dengan kebutuhannya. Guru dapat mengajak para peserta didik untuk sama-sama membahas beberapa materi pada buku suplemen dan juga berselancar di *website* yang telah dikurasi terlebih dahulu.

G. Lembar Kegiatan Peserta Didik

Lembar kerja peserta didik disusun dengan tujuan untuk membantu peserta didik dalam memperdalam pemahaman materi pengenalan alat berat melalui latihan yang terstruktur dan terarah. Lembar ini dapat bersifat individu maupun kelompok yang terintegrasi di dalam aktivitas-aktivitas. Dengan mengikuti lembar kerja ini, diharapkan peserta didik dapat lebih aktif, kreatif, dan kritis dalam proses belajar. Selain itu, peserta didik mampu mengembangkan keterampilan berpikir yang diperlukan untuk mencapai kompetensi yang diharapkan.

Pada bagian ini, penugasan lebih diarahkan dalam kelompok. Dengan demikian, lembar kegiatan peserta didik yang akan dikembangkan sebagai acuan aktivitas kelompok. Latihan pada bab 4 ini mencakup pekerjaan mandiri, diskusi kelompok, kerja bersama dalam praktik, penggunaan *manual book* secara optimal, dan kasus industri. Selain itu, mengamati dan



mereviu video terkait sistem dan komponen *hydraulic* alat berat. Semoga lembar kerja ini bermanfaat dan dapat memotivasi peserta didik untuk terus belajar dan berprestasi. Dengan demikian, keterampilan pembelajaran dan inovasi, keterampilan informasi, media, serta teknologi dapat tercapai.

H. Kegiatan Tindak Lanjut

Tindak lanjut ini disusun sebagai bagian penting dari proses pembelajaran. Tujuannya untuk memastikan bahwa setiap materi yang telah dipelajari dapat dipahami secara menyeluruh dan mendalam oleh peserta didik. Peserta didik diharapkan dapat lebih menguasai kompetensi yang telah diajarkan dengan adanya tindak lanjut ini. Selain itu, peserta didik mampu mengaplikasikannya dalam berbagai konteks pada pekerjaan alat berat.

Kegiatan tindak lanjut setelah pembelajaran dalam bab ini dilakukan pada bab selanjutnya. Tindak lanjut berupa perbaikan cara memfasilitasi pembelajaran selanjutnya berdasarkan refleksi sendiri oleh guru. Guru menggunakan cara yang lebih tepat dengan cara belajar peserta didik di lingkungan sekolah masing masing. Selain itu, kegiatan tindak lanjut didasarkan pada hasil asesmen yang dilakukan, baik asesmen formal di akhir pembelajaran maupun asesmen informal, seperti pengamatan oleh guru setiap harinya.

Pengayaan yang disajikan dalam buku siswa dapat dimanfaatkan bagi peserta didik yang telah tuntas mencapai tujuan pembelajaran. Pengayaan dapat menambah wawasan peserta didik tentang alat berat. Selain itu, guru membentuk kegiatan tutorial dengan menggunakan tutor sebaya. Peserta didik yang tertinggal dalam pelajaran sebelumnya dapat belajar bersama dengan peserta didik yang terdepan dalam pembelajaran.

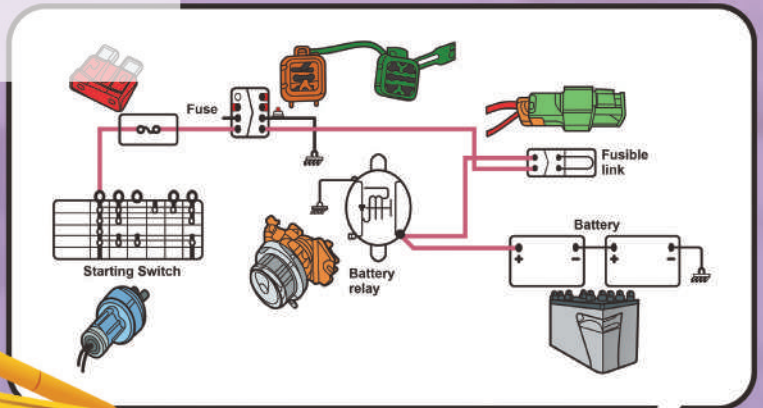


KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2024

Panduan Guru Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XI

Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin

ISBN: 978-634-00-0165-5



Bab
5



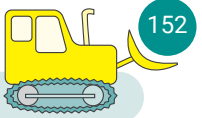
Sistem Kelistrikan Alat Berat

Pada bab 5 mengenai Sistem Kelistrikan Alat Berat ini terdiri dari delapan subbab. Setiap subbab tersebut memuat materi dan aktivitas yang dapat membuat peserta didik paham mengenai konsep dasar listrik. Konsep listrik tersebut meliputi tegangan, arus, hambatan, dan satuan besaran listrik. Selain itu, materi dalam bab ini tentang mengidentifikasi tipe dan struktur penghantar listrik (*wire, connector, fuse*) dan menjelaskan nama fungsi, lokasi, struktur, serta prinsip kerja dari baterai. Selain itu, juga ada komponen-komponen *starting, charging, dan preheating system* pada alat berat dan juga tentang merangkai rangkaian yang benar *starting, charging, dan preheating*.

Aktivitas-aktivitas dalam bab ini disajikan untuk membangun semangat belajar guna meningkatkan pengetahuan dan keterampilan *improvement* melalui *critical & creative thinking* peserta didik. Aktivitas juga bertujuan untuk melatih peserta didik untuk terbiasa dalam penggunaan media *technology* dalam pencarian informasi serta melatih keterampilan *life & career* melalui kegiatan-kegiatan proyek bersama peserta didik dalam kelompok. Pada bagian akhir Bab 5 ini akan terdapat tantangan yang terjadi di industri dan asesmen yang bertujuan untuk mempertajam tingkat pemahaman peserta didik terkait model unit alat berat.

Proses pengajaran yang dilakukan oleh rekan-rekan guru dapat menyesuaikan dengan metode pembelajaran yang paling sesuai dengan kondisi di sekolah serta bahan dan objek praktik untuk sistem peserta didik pada *workshop* yang dimilikinya. Beberapa pilihan metode pembelajaran yang dapat digunakan diutamakan terpusat pada peserta didik. Misalnya, pengerjaan tugas mandiri, pembelajaran berbasis proyek, praktik pembongkaran, inspeksi, pengukuran, dan perakitan komponen-komponen kelistrikan, seperti motor, alternator, dan *ribbon heater*, yang melibatkan kelompok dari peserta didik. Selain itu, ada pemecahan masalah pada kasus di industri. Hal tersebut memberikan kesempatan kepada guru untuk menggunakan metode pembelajaran lain yang paling sesuai dengan kondisi pada peralatan praktik dan *workshop* yang dimiliki.

Aktivitas yang tertera pada buku siswa dapat dijadikan inspirasi untuk meningkatkan pemahaman konsep, melatih keterampilan praktis, serta mengembangkan pemikiran kritis dan kreatif. Selain itu, aktivitas dapat meningkatkan keaktifan dan partisipasi, membangun kepercayaan diri, mendorong kemandirian belajar, dan meningkatkan kemampuan kolaborasi. Walaupun demikian, guru dapat membuat sendiri aktivitasnya sesuai dengan kebutuhan. Guru dapat menyiapkan laptop, *projector*, komponen, *tool* praktik, simulator kelistrikan, dan *job sheet* praktik. Selain itu, guru juga dapat menyediakan media lain untuk menampilkan gambar atau video komponen-komponen kelistrikan pada alat berat. Misalnya, baterai, *starting switch*, baterai relai, *safety relay, starting motor, alternator, heater relay, glow plug*, dan *ribbon heater*. Gambar atau video yang dipilih menekankan pada konsep dasar listrik, mengidentifikasi tipe, dan struktur penghantar listrik. Selain itu, menjelaskan nama fungsi, lokasi, struktur dan prinsip



kerja dari baterai. Gambar dan video tersebut juga menjelaskan tentang komponen-komponen *starting*, *charging*, dan *preheating system* pada alat berat dan juga tentang rangkaian sistem *starting*, *charging*, dan *preheating* yang benar.

A. Skema Pembelajaran

Skema pembelajaran pada bab ini meliputi tujuan pembelajaran, peta materi, dan mengetahui kemampuan awal peserta didik. Selain itu, ada rekomendasi alokasi waktu, apersepsi, materi pokok, alternatif aktivitas pembelajaran, refleksi, dan *soft skill* dalam pembelajaran.

1. Tujuan Pembelajaran

Guru perlu untuk mencermati tujuan pembelajaran dari bab ini yang dituliskan pada buku siswa sebagai berikut.

Tujuan Pembelajaran

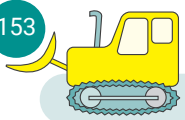
Setelah mempelajari bab ini, peserta didik dapat menjelaskan konsep dasar listrik, mengidentifikasi tipe dan struktur penghantar listrik serta mengidentifikasi nama, fungsi, lokasi, struktur, prinsip kerja dari baterai, komponen-komponen *starting*, *charging*, dan *preheating system* pada alat berat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

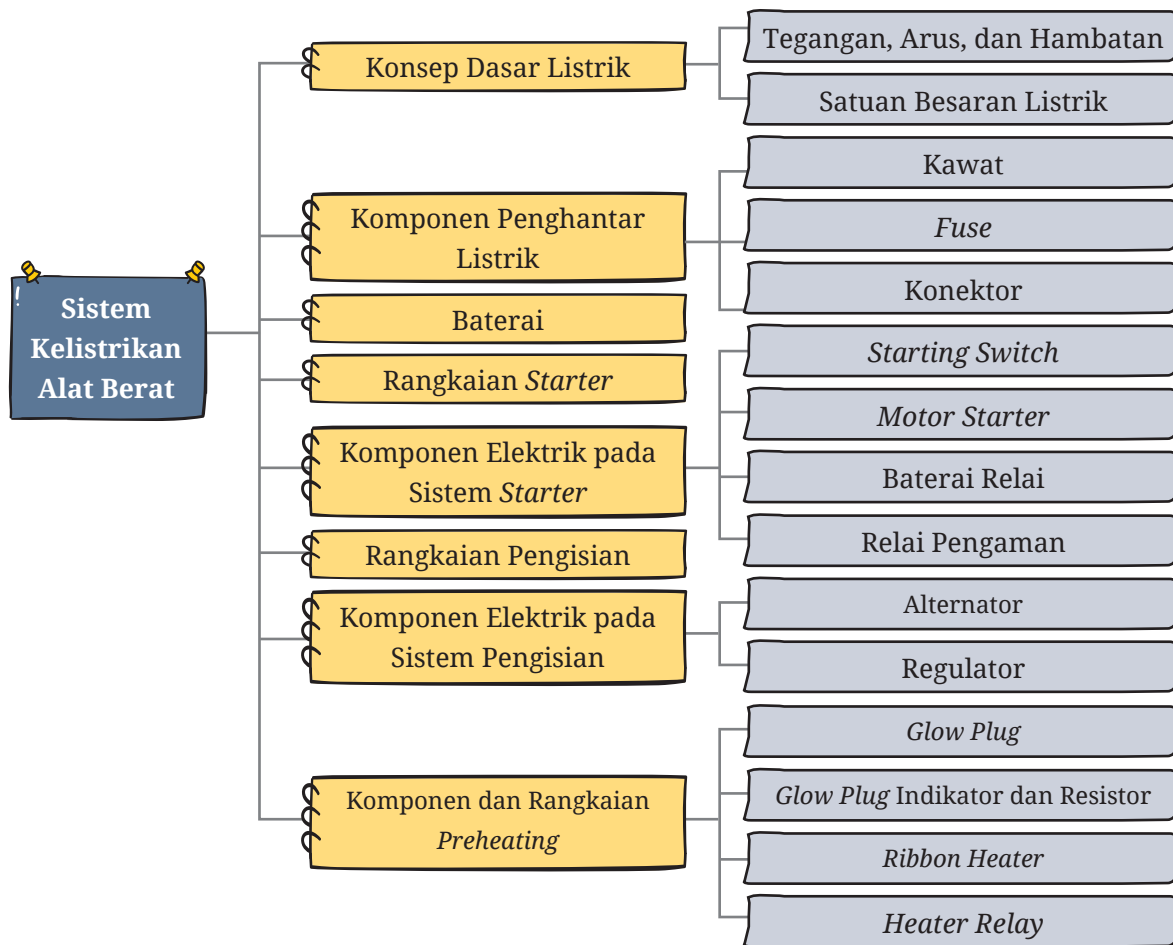
Tujuan pembelajaran tersebut dapat diuraikan sebagai berikut.

- Peserta didik mampu menjelaskan konsep dasar listrik (tegangan, arus, hambatan, satuan besaran listrik).
- Peserta didik mampu mengidentifikasi tipe dan struktur penghantar listrik (*wire*, *connector*, *fuse*).
- Peserta didik mampu menjelaskan nama fungsi, lokasi, struktur dan prinsip kerja dari baterai.
- Peserta didik mampu menjelaskan komponen-komponen *starting*, *charging*, dan *preheating system* pada alat berat.
- Peserta didik mampu merangkai rangkaian yang benar sistem *starting*, *charging*, dan *preheating*.

2. Peta Materi

Peta materi dalam bab ini adalah bagan yang menunjukkan materi yang perlu dikuasai untuk mencapai tujuan pembelajaran. Materi menyangkut konsep dasar listrik, komponen penghantar listrik, baterai, rangkaian *starter*, *charging*, dan *preheating*. Selain itu, mengidentifikasi komponen-komponen elektrik pada *starting*, *charging*, dan *preheating system* pada alat berat.





Gambar 5.1 Peta materi pembelajaran sistem kelistrikan alat berat

Peta materi tersebut dibuat untuk mempermudah peserta didik dan guru dalam proses pembelajaran. Guru dipersilakan, jika berkeinginan untuk mengembangkan sendiri peta materi yang paling mudah untuk dipahami dan diaplikasikan oleh peserta didik.

3. Mengetahui Kemampuan Awal Peserta Didik

Bagian ini sangat penting untuk merancang pengajaran yang efektif dan sesuai dengan kebutuhan peserta didik (*learning need analysis*). Berikut beberapa cara untuk mengidentifikasi kemampuan awal peserta didik.

- Pre-test*/tes diagnostik, mengukur pengetahuan awal peserta didik sebelum materi baru diajarkan.
- Kuesioner/survei, mengumpulkan informasi tentang pengetahuan, minat, dan kepercayaan diri peserta didik.



- c. Observasi kelas, mengamati peserta didik saat bekerja dan berinteraksi dalam kegiatan belajar.
- d. Diskusi/tanya jawab, melibatkan peserta didik dalam diskusi atau sesi tanya jawab untuk menilai pemahaman mereka.
- e. Portofolio peserta didik, meninjau karya sebelumnya untuk memahami kemampuan awal mereka.
- f. Refleksi diri, meminta peserta didik menilai diri mereka sendiri melalui jurnal atau *self-assessment*.
- g. Proyek pendahuluan, memberikan proyek sederhana untuk mengidentifikasi kemampuan peserta didik.
- h. Interaksi dengan orang tua, mendiskusikan kemampuan peserta didik dengan orang tua atau wali.
- i. Penggunaan teknologi, menggunakan aplikasi atau *platform* yang menganalisis kemajuan peserta didik.

Penggunaan berbagai metode ini disesuaikan dengan situasi dan kondisi di sekolah. Tujuannya agar dapat membantu guru menilai kemampuan awal peserta didik secara menyeluruh dan memungkinkan penyesuaian pengajaran yang efektif.

4. Rekomendasi Alokasi Waktu

Buku ini menyajikan rekomendasi alokasi waktu yang dirancang khusus untuk memudahkan pengelolaan waktu dalam mengajar. Dengan demikian, setiap aspek penting dari kurikulum dapat tersampaikan secara efektif dan efisien. Dalam menyusun rekomendasi alokasi waktu ini, kami telah mempertimbangkan berbagai faktor, termasuk kebutuhan peserta didik, materi pelajaran, serta tantangan yang dihadapi dalam proses pembelajaran. Pengaturan waktu yang tepat, diharapkan setiap guru dapat melaksanakan tugasnya dengan lebih terstruktur, memaksimalkan waktu pembelajaran, dan mencapai tujuan pendidikan yang diharapkan.

Bab 5 ini terdapat 96 JP yang terbagi 28 JP untuk porsi teori (30%) dan 67 JP digunakan untuk praktik/pengayaan/pembelajaran berbasis proyek (70%). Sekolah yang belum memiliki komponen kelistrikan alat berat dan *simulator electric*, dapat berkunjung ke industri atau sekolah terdekat yang memiliki komponen kelistrikan alat berat dan simulator kelistrikan dengan waktu praktik sesuai dengan porsi praktik selama 67 JP. Jumlah alokasi waktu per pekan disesuaikan berdasarkan kebutuhan, situasi, dan kondisi di sekolah.



Tabel 5.1 Alokasi Waktu Pembelajaran

No.	Subbab	Alokasi Waktu
1.	Teori Konsep dasar listrik, mengidentifikasi tipe dan struktur penghantar listrik serta mengidentifikasi nama, fungsi, lokasi, struktur, prinsip kerja dari baterai, komponen-komponen <i>starting</i> , <i>charging</i> , dan <i>preheating system</i> pada alat berat.	28 JP
2.	Praktik dan Kunjungan Industri Konsep dasar listrik, mengidentifikasi tipe dan struktur penghantar listrik serta mengidentifikasi nama, fungsi, lokasi, struktur, prinsip kerja dari baterai, komponen-komponen <i>starting</i> , <i>charging</i> , dan <i>preheating system</i> pada alat berat.	67 JP

5. Apersepsi

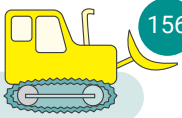
Sebagai tahap awal dalam setiap proses pembelajaran, apersepsi memainkan peran yang sangat penting dalam mengaitkan pengetahuan sebelumnya dengan materi baru yang akan dipelajari. Hal itu berlaku untuk bab ini yang membahas tentang sistem kelistrikan alat berat. Guru dapat membangun jembatan pemahaman yang kuat melalui apersepsi yang efektif. Dengan demikian, peserta didik lebih siap dan termotivasi untuk mengikuti pelajaran. Berikut contoh apersepsi yang ada dalam buku siswa Bab 5.

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.

6. Materi Pokok dan Alternatif Aktivitas Pembelajaran

Materi pokok yang disajikan dalam bab ini dirancang untuk memberikan landasan pengetahuan yang solid bagi peserta didik sesuai dengan kurikulum yang berlaku. Selain itu, bab ini juga menyertakan berbagai alternatif aktivitas pembelajaran yang bertujuan untuk memperkaya pengalaman belajar peserta didik sehingga mereka dapat lebih memahami dan mengaplikasikan konsep-konsep yang diajarkan.



Aktivitas pembelajaran yang diusulkan dalam buku ini dirancang untuk mendorong keterlibatan aktif peserta didik, memfasilitasi pembelajaran yang bermakna, serta mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif. Guru diharapkan dapat memilih dan menyesuaikan aktivitas dengan karakteristik dan kebutuhan peserta didik di kelas melalui berbagai pendekatan.

Tabel 5.2 Tabel Materi Pokok Sistem Kelistrikan

Subbab	Materi Pokok	Alternatif Aktivitas Pembelajaran
Konsep dasar listrik, komponen penghantar listrik, baterai, rangkaian starter, komponen elektrik pada sistem starter, rangkaian pengisian (<i>charging</i>), dan <i>preheating</i> .	<ol style="list-style-type: none"> 1. Konsep dasar listrik (tegangan, arus, hambatan, satuan besaran listrik) 2. Tipe dan struktur penghantar listrik (<i>wire, connector, fuse</i>) 3. Nama, fungsi, lokasi, struktur dan prinsip kerja dari baterai, komponen-komponen <i>starting, charging, dan preheating</i> sistem pada alat berat 4. Merangkai rangkaian yang benar sistem <i>starting, charging, dan preheating</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pekerjaan mandiri 2. Diskusi kelompok 3. Praktik pembongkaran, inspeksi, pengukuran, dan perakitan 4. Merangkain rangkaian <i>starting</i> dan <i>charging</i> 5. Kasus industri

Aktivitas pembelajaran yang dapat dilakukan di kelas tidak terbatas pada yang tersaji di Tabel 5.2. Guru dapat mengembangkan alternatif aktivitas belajar yang lain.

7. Refleksi

Refleksi bukan hanya sebuah langkah akhir dari pembelajaran. Refleksi dapat menjadi sebuah proses penting yang memungkinkan peserta didik dan guru untuk merenungkan, menilai, dan memahami lebih dalam pengalaman belajar yang telah dilalui.

Dalam bab ini, terdapat dua pertanyaan sebagai pendekatan refleksi yang dapat digunakan untuk membantu peserta didik menggali makna dari materi yang telah mereka pelajari. Pertanyaan tersebut, sebagai berikut.

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!

Atas pertanyaan-pertanyaan refleksi di atas dapat dihubungkan dengan pengalaman siswa kita sehari-hari, serta mempersiapkan mereka untuk penerapan pengetahuan tersebut pada masa mendatang. Pembelajaran dapat menjadi lebih bermakna dan relevan melalui



refleksi yang baik. Guru dapat menanyakan hal-hal terkait hasil refleksi agar peserta didik merasa terbantu dalam menemukan jawabannya.

8. Soft Skill dalam Pembelajaran

Soft skill merupakan keterampilan nonteknis yang penting dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam proses pembelajaran. Pada bab ini yang ditekankan pada keterampilan hidup dan karier, keterampilan pembelajaran dan inovasi, keterampilan informasi, media, dan teknologi.

Tabel 5.3 Tabel *Soft Skill* Sistem Kelistrikan Alat Berat

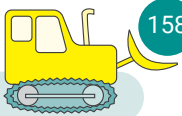
Subbab	<i>Soft Skill</i>
Konsep dasar listrik, komponen penghantar listrik, baterai, rangkaian <i>starter</i> , komponen elektrik pada sistem <i>starter</i> , rangkaian pengisian (<i>charging</i>), dan komponen elektrik pada sistem pengisian serta komponen dan rangkaian <i>preheating system</i> .	Keterampilan hidup dan karier. Keterampilan pembelajaran dan inovasi. Keterampilan informasi, media, dan teknologi.

B. Persiapan Pembelajaran

Persiapan yang matang adalah kunci untuk menciptakan pengalaman belajar yang efektif dan bermakna. Tahap persiapan melibatkan lebih dari sekadar merencanakan materi ajar. Hal itu mencakup perencanaan yang cermat, pemilihan metode yang sesuai, serta penyusunan strategi yang mendukung kebutuhan dan potensi peserta didik.

Bab ini dirancang untuk memberikan panduan praktis dan komprehensif bagi para guru dalam menyusun persiapan pembelajaran yang optimal. Kami menyajikan berbagai teknik dan strategi yang dapat membantu guru dalam merencanakan dan mengorganisasi kegiatan pembelajaran. Selain itu, dapat dapat membantu guru dalam menyesuaikan pendekatan dengan karakteristik peserta didik yang berbeda. Sebagai persiapan pembelajaran pada bab ini, guru dapat menyusun rancangan pembelajaran. Penyusunan rancangan pembelajaran berbasis pada karakteristik dan kebutuhan peserta didik dalam mencapai tujuan pembelajaran. Tujuan pembelajaran selanjutnya dapat diturunkan menjadi Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) dan selanjutnya dapat membuat modul ajar.

Guru dapat menyiapkan berbagai sumber pembelajaran video sistem kelistrikan alat berat dari buku manual, buku pengayaan, *website* atau komponen dan simulator kelistrikan alat berat yang dimiliki sekolah. Jika sekolah belum memiliki simulator kelistrikan alat berat, sekolah dapat melakukan praktik pada perusahaan melalui kerja sama atau sekolah



mitra yang memiliki komponen dan simulator kelistrikan alat berat (distributor alat berat, kontraktor pertambangan, konstruksi, pertanian dan *forestry*). Hal itu dapat dilakukan dengan membuat janji dan permohonan izin kerja sama untuk kunjungan ke perusahaan terlebih dahulu. Selain itu, guru juga membuat jadwal dan memastikan kesiapan para peserta didik yang akan berkunjung ke perusahaan tersebut.

C. Kegiatan Pembelajaran

Sebelum memasuki materi, guru dapat menampilkan pertanyaan pemantik beserta video sistem kelistrikan alat berat yang menggugah peserta didik untuk tertarik mempelajari bab ini. Video yang ditampilkan dapat berupa sistem kelistrikan alat berat serta komponen-komponen *starting*, *charging*, dan *preheating system*. Pencarian video terkait sistem kelistrikan alat berat pada jaringan internet. Peserta didik diharapkan dapat memiliki gambaran mengenai bab ini dengan menjawab pertanyaan pamantik dan menonton video-video tersebut. Video dapat diperoleh dengan mencari di internet (YouTube) atau memanfaatkan video yang sudah dibuat sekolah atau rekan guru (teman sejawat). Kegiatan pembelajaran tentunya akan lebih efektif, sekolah memiliki simulator dan komponen kelistrikan alat berat yang dapat digunakan dalam praktik.

Latihan

Pada bagian ini peserta didik mengisi pernyataan yang salah dan benar berhubungan dengan materi sistem kelistrikan alat berat. Berikut kunci jawaban latihan tersebut.

Beri tanda “✓” di sebelah pernyataan jika benar, dan beri tanda “✗” 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 0Ω 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 Ω], jika dikonversi ke [Ω] adalah 6.700 [Ω].
7. Dalam rangkaian dengan tegangan suplai konstan, jika resistansi diturunkan, arus juga akan berkurang.
8. Jika lampu 60W dan 80W dihubungkan seri, arus yang lebih besar mengalir pada lampu 80W.





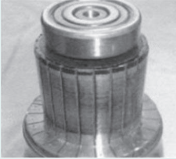
Pada latihan ini, guru dapat memberikan pengantar sebelum kegiatan dimulai. Guru dapat membuka buku siswa pada konsep dasar listrik (tegangan, arus, hambatan, satuan besaran listrik), dan tipe dan struktur penghantar listrik (*wire, connector, fuse*). Guru juga dapat memberikan potongan materi dari buku suplemen: *Shop Manual*, buku C3, dan lain-lain). Guru juga dapat menayangkan beberapa video yang berkaitan dengan materi ini. Guru memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menuntaskan latihan ini secara mandiri serta dievaluasi bersama-sama. Tujuannya untuk memantik peserta didik dalam mendukung peningkatan pemahaman dalam subbab ini.

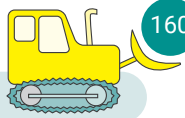
Aktivitas 5.1

Aktivitas 5.1 adalah aktivitas kelompok. Pada aktivitas ini, peserta didik bekerja sama melakukan inspeksi dan pengukuran bagian-bagian *starting motor*.

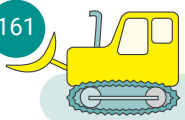
Tabel 5.4 Tabel Inspeksi Motor Starter

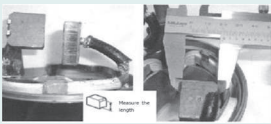
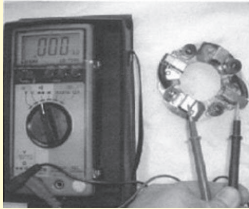
Lembar Inspeksi

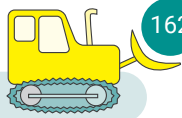
No.	Item Inspeksi	Gambar	Motor Starter		
			DENSO	NIKKO	HITACHI
1.	<p>Uji Resistansi Isolasi <i>Armature</i> Menggunakan penguji Megger, ukur nilai resistansi isolasi antara komutator dan inti <i>armature</i>.</p> <p>Standar 0,1 MΩ atau lebih (Biasanya ditunjukkan sebagai ∞)</p>				
2.	<p>Diameter Luar dan Penampilan Komutator Pengukuran diameter luar komutator atau goresan dan noda pada permukaan komutator (perbaikan, ampelas #300/kekasaran serupa).</p>	 			

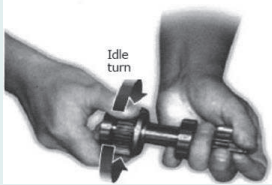


No.	Item Inspeksi	Gambar	Motor Starter		
			DENSO	NIKKO	HITACHI
	<p>Standar</p> <p>Komutator memiliki diameter alur setidaknya 1 mm. (Standar ini diukur pada tempat dengan komutator dan sikat tidak saling bersentuhan).</p>				
3.	<p>Inspeksi Bantalan (<i>Bearing</i>)</p> <p>Putar bantalan secara manual dan periksa adanya suara atau hambatan yang tidak normal. (Tanpa cacat, bantalan tidak perlu dilepas).</p> <p>Standar</p> <p>Tidak ada suara abnormal, putaran halus tanpa hambatan atau goresan.</p>				
4.	<p>Konduksi Kumpan Medan dan Sikat</p> <p>Keberadaan konduksi antara sikat dan kumpan medan dan terminal M.</p> <p>Standar</p> <p>Terkonduksi atau terhubung.</p>				
5.	<p>Konduksi Kumpan Medan (<i>Field Coil</i>) dan Rangka (<i>Yoke</i>)</p> <p>Keberadaan konduksi antara sikat dari kumpan medan (<i>field oil</i>) dan badan rangka (<i>yoke</i>).</p> <p>Standar</p> <p>Tidak ada konduksi/terhubung (Untuk penguji Megger, biasanya ditunjukkan sebagai ∞)</p>				

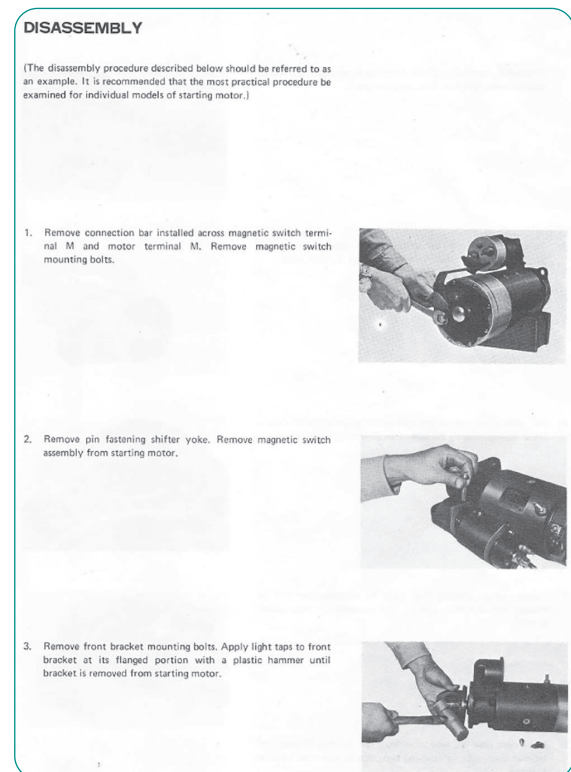


No.	Item Inspeksi	Gambar	Motor Starter		
			DENSO	NIKKO	HITACHI
6.	<p>Inspeksi Sikat (<i>Carbon Brush</i>) Menggunakan jangka sorong, ukur panjang bagian tengah dari sikat.</p> <p>Standar Tergantung pada model (Referensi: 13 mm atau lebih)</p>				
7.	<p>Pemeriksaan Konduksi Dudukan Sikat Menggunakan penguji rangkaian, periksa konduksi dudukan sikat pada sisi positif dan negatif.</p> <p>Standar Tidak ada konduksi/hubungan (Untuk penguji Megger, biasanya ditunjukkan sebagai ∞)</p>				
8.	<p>Inspeksi Pegas Sikat Periksa secara visual pegas sikat untuk melihat.</p> <p>Standar Tidak boleh ditemukan karat, kelelahan, atau deformasi.</p>	-			
9.	<p>Inspeksi Sakelar Magnetik Resistansi Kumparan Tarik (antara terminal C dan M) Resistansi Kumparan Penahan (antara terminal C dan badan sakelar)</p> <p>Standar Tergantung pada model.</p>	-			



No.	Item Inspeksi	Gambar	Motor Starter		
			DENSO	NIKKO	HITACHI
10.	<p>Inspeksi Overrunning Clutch</p> <p>Periksa secara visual roda gigi untuk kerusakan atau kehausan.</p> <p>Putar kopling dengan satu tangan dan periksa apakah putaran bebas terjadi hanya dalam satu arah.</p>				

Pada praktik pengukuran komponen listrik *starting motor*, guru dapat mempersiapkan di *workshop* berupa peralatan praktik, yaitu komponen *starting motor*, *common*, *measurement*, dan *diagnostic tool* (*multitester*, *megger tester*). Selain itu, guru juga menyiapkan lembar kerja/*job sheet* (seperti di atas) dan *manual book*. Selanjutnya, guru mendampingi peserta didik melakukan pembongkaran, inspeksi, pengukuran dan perakitan komponen *starting motor*. Guru dapat menjelaskan struktur, fungsi, dan lokasi dari *starting motor* pada proses pendampingan praktik ini. Selain itu, guru memastikan peserta didik melakukan praktik dalam kondisi aman dari bahaya. Hal itu berguna untuk memantik peserta didik dalam melakukan pemahaman dan praktik yang mereka lakukan. Berikut contoh *manual book* untuk praktik komponen listrik *starting motor*.



Gambar 5.2 Contoh *manual book* untuk praktik komponen listrik *starting motor*

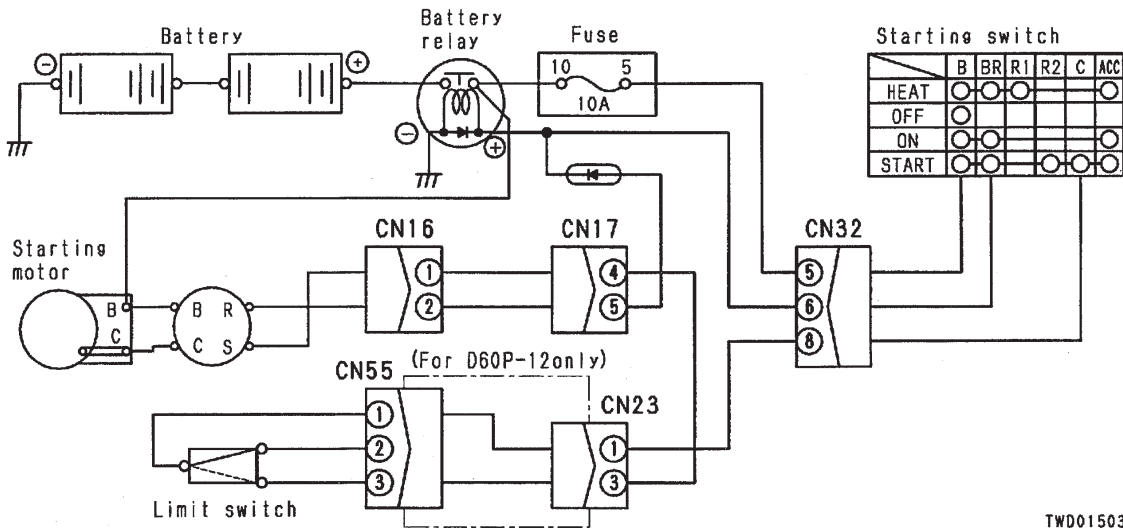
Sumber: Shop Manual Komatsu D85SS-2A





Aktivitas 5.2

Aktivitas 5.2 adalah aktivitas kelompok. Pada aktivitas ini, peserta didik bekerja sama menjelaskan cara kerja dari rangkaian *starting*.



Gambar 5.3 Rangkaian *starting system* menggunakan *limit switch*

Sumber: Shop Manual Komatsu D85SS-2A

Pada aktivitas ini, pembacaan alur kerja *starting system* gambar 5.3. Guru dapat memulainya dengan pengidentifikasian nama dan fungsi dari setiap komponen *starting*, seperti baterai, baterai relai positif, *starting switch*, *safety relay*, *starting motor*, *fuse*, konektor, dan *limit switch*. Selanjutnya, guru bersama peserta didik melakukan pembahasan akan cara kerja dari rangkaian *starting system* tersebut. Selanjutnya, peserta didik diminta mengulas kembali dengan menuliskan cara kerjanya pada lembar kerja siswa. Tujuannya agar peserta didik meningkatkan pemahamannya dalam latihan pembacaan diagram atau rangkaian listrik sistem *starting*.

Guru disarankan menjelaskan nama dan fungsi komponen listrik *starting system*. Guru dapat menggunakan komponen yang sesuai untuk ditunjukkan kepada peserta didik. Selanjutnya, peserta didik diberi kesempatan untuk mengeksplorasi kembali komponen-komponen listrik *starting system* ini. Berikut kunci jawaban tugas dalam aktivitas ini.

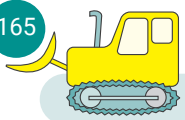


Jawaban:

Rangkaian pada gambar 5.3 merupakan rangkaian *starting* dan terdapat komponen utama untuk rangkaian ini, yaitu dua (2) baterai terangkai seri (masing-masing bertegangan 12V), *battery relay positif*, *starting switch* dengan empat posisinya (*heat*, *off*, *on*, *start*), dan *safety relay*. Selain itu, ada *starting motor*, *fuse* sebagai pembatas arus, konektor sebagai penghubung serta adanya *limit switch* sebagai *device safety* yang dapat teraktuasi oleh *safety lock* (digunakan pada *Bulldozer* dan *Excavator*).

Pada saat *starting*, terminal *starting switch* BR, R2, C, dan ACC terhubung dengan terminal B. Hal itu membuat arus listrik dari baterai mengalir menuju dari terminal B ke 4 terminal tadi. Arus yang mengalir melalui terminal BR *starting switch* akan mengaktifasi baterai relai sehingga membuat positif baterai terhubung dengan terminal B *starting motor*, dan *alternator*. Di sisi yang lain, arus Listrik yang mengalir dari terminal C *starting switch* melalui konektor CN32, CN23 dan CN55 menuju ke *limit switch* yang terhubung dengan *safety lock*. Arus listrik akan diteruskan, apabila *safety lock* dalam kondisi *lock* dan begitu sebaliknya. Penerusan arus listrik ini diberikan ke *safety relay* pada terminal S dan *starting motor* pada terminal C melalui konektor CN17 dan CN 16. Dengan demikian, apabila *safety lock* tidak pada posisi *lock*, terminal S *safety relay* tidak dapat tersuplai dan membuat *starting motor* tidak bekerja. Hal itu bertujuan untuk keselamatan agar unit tidak bergerak saat *engine* di *starting*.

Jika *safety lock* pada posisi *lock*, aliran arus C dari *starting switch* akan diteruskan ke *safety relay* dan membuat terminal B dan C pada relai ini terhubung (karena terminal R belum tersuplai Listrik dari *alternator*). Hal itu juga membuat *starting motor* dapat berputar untuk menggerakkan *crankshaft engine* melalui *flywheel gear*. Pada *engine* telah *running*, maka *alternator* akan mengeluarkan arus melalui terminal R-nya. Hal itu membuat *safety relay* memutuskan arus ke terminal C *starting motor*. Dengan demikian, mengakhiri proses *starting* ini sekaligus melindungi *starting motor* dari gerakan *engine* yang telah *running*.

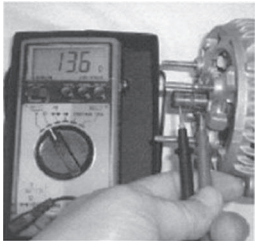
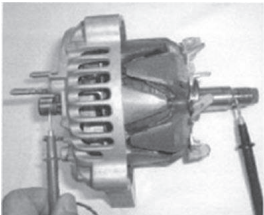
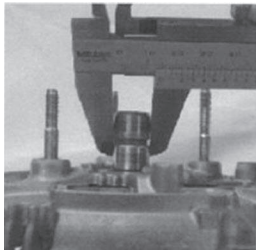




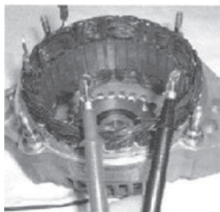
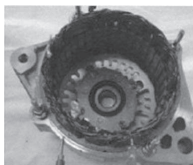
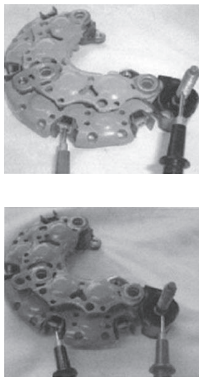
Aktivitas 5.3

Aktivitas 5.3 adalah aktivitas kelompok. Pada aktivitas ini, peserta didik bekerja sama melakukan inspeksi dan pengukuran dari bagian-bagian alternator.

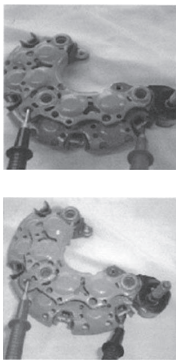
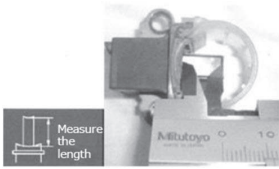

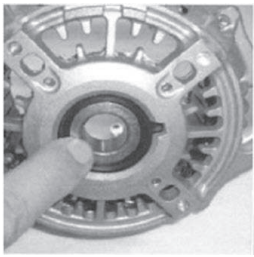
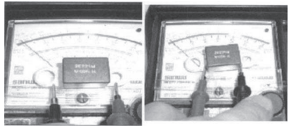
Tabel 5.5 Tabel Inspeksi Alternator

No.	Item Inspeksi	Gambar	Alternator		
			DENSO	NIKKO	HITACHI
1.	<p>Pengukuran Resistansi Slip Ring Menggunakan penguji sirkuit, ukur resistansi antara slip ring. Standar Tergantung pada modalnya.</p>			X	
2.	<p>Kondisi Konduksi Slip Ring dan Poros Rotor Menggunakan penguji sirkuit, periksa konduksi slip ring dan poros rotor. Standar Tidak ada konduksi (terhubung)</p>			X	
3.	<p>Pengukuran Diameter Luar dan Pemeriksaan Penampilan Slip Ring Ukur diameter luar slip ring Periksa penampilan slip ring Standar Tergantung pada modelnya. Tidak boleh ada kekasaran atau noda pada permukaan</p>			X	



No.	Item Inspeksi	Gambar	Alternator		
			DENSO	NIKKO	HITACHI
4.	<p>Pemeriksaan Konduksi Kumparan Stator</p> <p>Menggunakan penguji sirkuit, periksa bahwa ada konduksi antara terminal-terminal kumparan.</p> <p>Standar</p> <p>Ada konduksi atau hubungan antara semua terminal.</p>				
5.	<p>Pemeriksaan Konduksi antara Kumparan Stator dan Bodi</p> <p>Menggunakan penguji sirkuit, periksa apakah ada konduksi antara setiap terminal kumparan dan bodi.</p> <p>Standar</p> <p>Tidak ada konduksi/hubungan dengan setiap terminal</p>				
6.	<p>Pemeriksaan Konduksi Dioda</p> <p>Pemeriksaan sisi positif dioda. Periksa konduksi antara terminal B dan setiap terminal. Tukar batang uji penguji sirkuit.</p> <p>Standar</p> <p>Ada konduksi dalam arah maju dan tidak ada konduksi dalam arah sebaliknya.</p>				



No.	Item Inspeksi	Gambar	Alternator		
			DENSO	NIKKO	HITACHI
7.	<p>Pemeriksaan Konduksi Dioda</p> <p>Pemeriksaan sisi negatif dioda.</p> <p>Periksa konduksi antara terminal B dan setiap terminal.</p> <p>Tukar batang uji penguji sirkuit.</p> <p>Standar</p> <p>Ada konduksi dalam arah maju dan tidak ada konduksi dalam arah sebaliknya.</p>				
8.	<p>Pengukuran Panjang dan Pemeriksaan Penampilan Sikat</p> <p>Ukur panjang sikat yang menonjol dari panahan sikat.</p> <p>Periksa permukaan untuk kekasaran, serpihan, atau retak.</p> <p>Standar</p> <p>Panjang tergantung pada modelnya. Tidak boleh ada kekasaran, serpihan, atau retak.</p>				
9.	<p>Pemeriksaan Semua Bantalan</p> <p>Periksa adanya suara abnormal, goresan, dan hambatan.</p> <p>Standar</p> <p>Tidak boleh ditemukan cacat-cacat yang disebutkan di atas.</p>				
Inspeksi pada Alternator Tanpa Sikat (Brush-less)					
10	<p>Pemeriksaan Kapasitor</p> <p>Gunakan multimeter analog:</p> <p>Atur rentang multimeter ke ΩX dan isi kapasitor.</p> <p>Hubungkan batang uji secara terbalik.</p>				



No.	Item Inspeksi	Gambar	Alternator		
			DENSO	NIKKO	HITACHI
	<p>Standar</p> <p>Jarum sedikit bergerak dan kemudian kembali ke posisi semula.</p>				
11.	<p>Pemeriksaan Dioda Eksitasi Awal</p> <p>Atur rentang multimeter ke $\Omega \times 100$.</p> <p>Hubungkan batang uji secara langsung dan terbalik.</p> <p>Standar</p> <p>Nilai resistansi tinggi untuk salah satu arah dan nilai resistansi rendah setelah menukar batang uji.</p>				
12.	<p>Pemeriksaan Kumaran Lapangan</p> <p>Periksa konduksi antara terminal-terminal kumaran lapangan dan bodi.</p> <p>Standar</p> <p>Tidak ada konduksi/terhubung.</p>				
13.	<p>Resistansi antara Terminal Kumaran Lapangan</p> <p>Ukur resistansi antara terminal-terminal kumaran lapangan</p> <p>Standar</p> <p>Tergantung pada modelnya</p>				

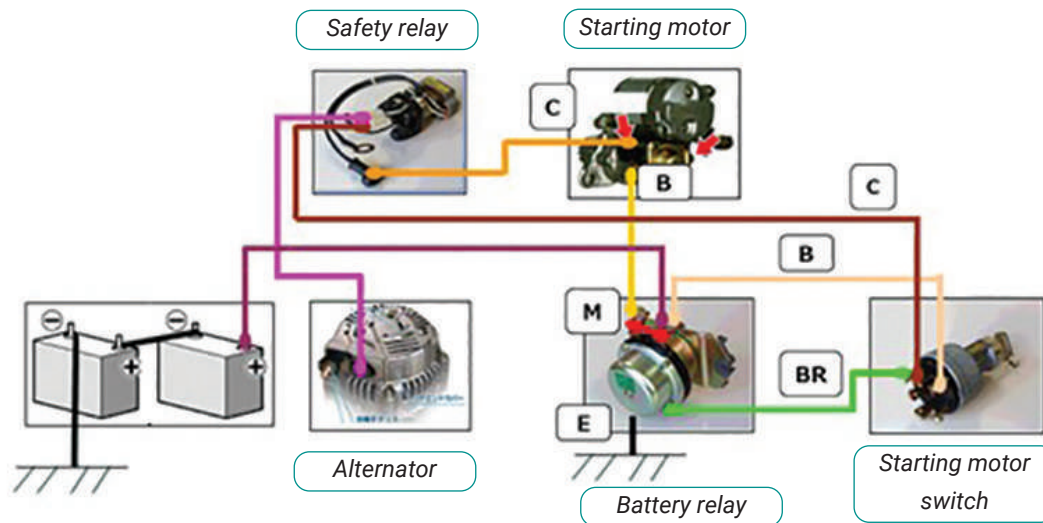
Pada praktik pengukuran komponen listrik *alternator*, guru dapat menyiapkan peralatan berupa komponen *alternator*, *common*, *measurement*, dan *diagnostic tool* (*multitester*, *megger tester*), lembar kerja/*job sheet* (seperti di atas) dan manual book di *workshop*. Selanjutnya, guru mendampingi peserta didik melakukan pembongkaran, inspeksi, pengukuran, dan perakitan komponen alternator. Pada proses pendampingan praktik ini, guru dapat



menjelaskan struktur, fungsi, dan lokasi dari alternator. Selain itu, guru memastikan peserta didik selama praktik dalam kondisi aman dari bahaya. Hal itu berguna meningkatkan pemahaman peserta didik dalam praktik yang mereka lakukan.

Aktivitas 5.4

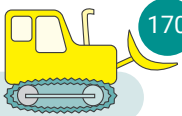
Aktivitas 5.4 adalah aktivitas mandiri. Pada aktivitas ini, peserta didik secara mandiri membuat rangkaian pada simulator elektrik dan menguji rangkaian tersebut.



Gambar 5.4 Rangkaian starter dan pengisian (*charging*)

Sumber: Basic of Electrical Component, 2018

Peserta didik diminta membuat rangkaian secara mandiri pada simulator elektrik dan menguji rangkaian setelah diperiksa oleh guru pengampu/teknisi. Pada praktik merangkai rangkaian *starter* dan pengisian pada alat berat, guru sebelumnya mempersiapkan di *workshop* berupa simulator starter dan pengisian, multimeter, lembar kerja/*job sheet* (seperti di atas) dan *manual book*. Guru dapat memulainya dengan pengidentifikasian kembali nama dan fungsi dari setiap komponen *starter*. Selain itu, guru juga dapat memulai dari pengisian alat berat yang terdapat pada simulator elektrik, seperti baterai, baterai relai positif, *starting switch*, *safety relay*, *starting motor*, *fuse*, dan kabel-kabel penghubung. Selanjutnya, guru bersama peserta didik melakukan perangkaian *starter* dan pengisian tersebut. Peserta didik selanjutnya diberi kesempatan untuk merangkai secara mandiri dan didampingi oleh guru. Setelah peserta didik menyelesaikan rangkaian *starter* dan pengisian pada simulator



elektrik, guru dapat melakukan pengecekan dari hubung singkat, rangkaian terbuka/belum terhubung, kesalahan perangkaian, dan lain-lain. Selanjutnya, guru bersama peserta didik melakukan pengujian rangkaian yang mereka buat. Hal itu bertujuan untuk meningkatkan pemahaman peserta didik dan meningkatkan keterampilan dalam merangkai rangkaian *starter* dan pengisian yang telah mereka lakukan.

Peringatan, peserta didik jangan melakukan pengujian rangkaian *starter* dan pengisian secara mandiri tanpa pendampingan dari guru. Guru memastikan peserta didik selama praktik dalam kondisi aman dari bahaya. Sekolah yang tidak memiliki simulator elektrik, dapat melakukan praktik pada industri mitra atau sekolah lain yang terdekat dengan melakukan perizinan dan pengaturan jadwal praktik peserta didik.



Kasus Industri

Kasus

Beberapa permasalahan dapat terjadi pada sistem kelistrikan *starting*, *charging*, dan *preheating*. Misalnya, kalian dihadapkan dengan permasalahan pada sistem *starting*, seperti **engine tidak dapat *crank* atau berputar saat *starting switch* pada posisi *start***. Buatlah kelompok yang beranggotakan tiga atau empat peserta didik, lalu lakukan mitigasi kemungkinan-kemungkinan penyebab permasalahan. Selanjutnya, buatlah diagram alir seperti pada gambar 5.4 untuk menentukan penyebab utama dan penyelesaiannya.

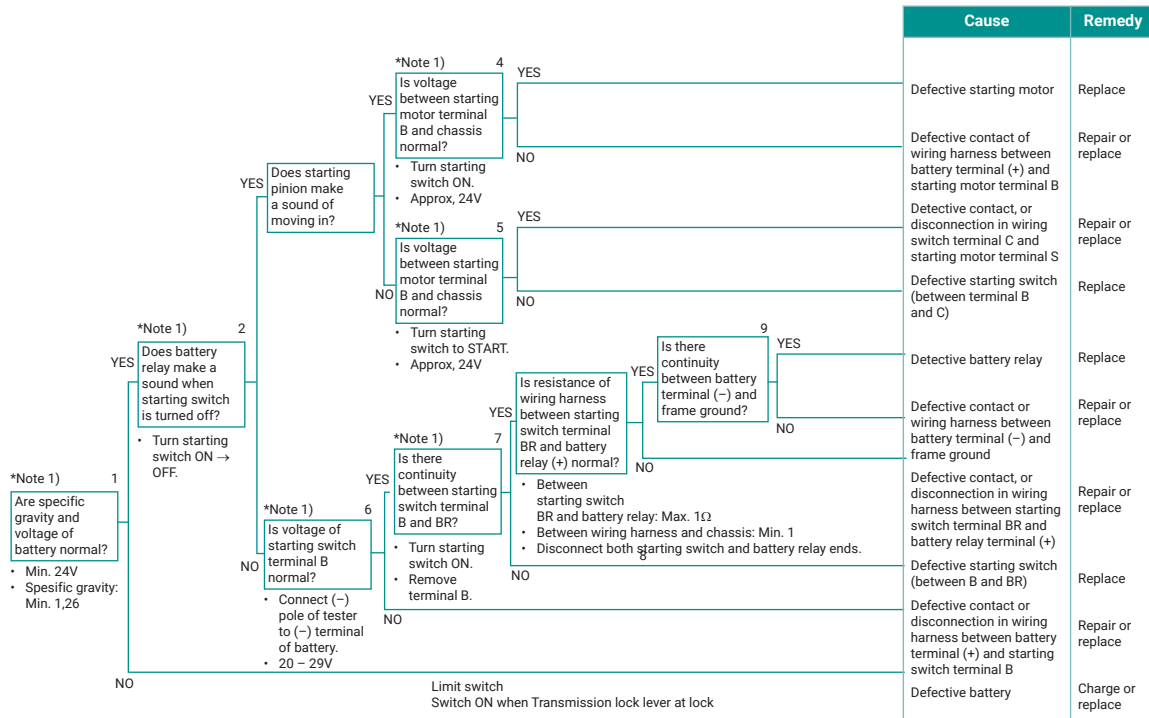
Penyelesaian

Penyelesaian pada kasus industri ini yang berupa **engine tidak dapat *crank* atau berputar saat *starting switch* pada posisi *start***, guru dapat menuntaskannya bersama-sama dengan peserta didik. Guru mengawali dengan menstimulus dan menggali informasi dari peserta didik dengan mengeluarkan pendapat. Peserta didik diminta pendapat tentang penyebab permasalahan. Hal itu, dapat melatih *creative* dan *critical thinking* peserta didik. Setelah terdapat beberapa kemungkinan penyebab, lalu guru memandu peserta didik untuk membuat *troubleshooting chart* guna mengurutkan kemungkinan-kemungkinan penyebab tersebut agar terstruktur dan sistematis. Setiap kemungkinan penyebab dibuktikan dengan melakukan observasi serta pengambilan data. Dengan demikian, peserta didik dapat menentukan kemungkinan yang menjadi penyebab permasalahan dari **engine tidak dapat *crank* atau berputar saat *starting switch* pada posisi *start***.

Tiap tim atau kelompok telah melakukan pencarian penyebab permasalahan elektrik pada kasus industri. Contohnya, kemungkinan penyebab masalah, mengurutkannya dari yang mudah hingga yang sulit, serta menentukan kemungkinan hal yang menjadi penyebabnya.



Guru memberikan kesempatan tiap tim untuk menjelaskan hasil penyelesaian tersebut. Tujuannya agar peserta didik dapat meningkatkan pemahaman dan keterampilannya dalam merangkai rangkaian *starter* dan pengisian yang telah mereka lakukan. Berikut sebagai contoh penyelesaiannya.



Gambar 5.5 Troubleshooting chart permasalahan engine tidak dapat crank atau berputar saat starting switch pada posisi start.

Sumber: Shop Manual Komatsu D85SS-2A

D. Refleksi Guru

Bagian refleksi guru mengajak peserta didik untuk merasakan semua yang telah dialami selama proses pembelajaran berlangsung. Bagian manakah peserta didik merasakan kemudahan dan dapat belajar secara efektif? Lingkungan dan situasi seperti apa yang mendukung pembelajaran? Pada bagian refleksi ini peserta didik diajak untuk merefleksikan diri, kapan dirinya kurang antusias dalam pembelajaran. Jika mengalami hal yang serupa, pada masa mendatang apa yang harus dilakukan agar pembelajaran dapat berjalan dengan baik?



E. Asesmen

Asesmen terdapat pada tiap akhir bab adalah asesmen formatif untuk menilai perkembangan kompetensi peserta didik yang dipelajarinya. Penyusunan asesmen mengacu pada tujuan pembelajaran (TP). Fungsi asesmen adalah sebagai alat untuk mengukur ketercapaian TP, baik aspek pengetahuan, keterampilan, dan sikap.

1. Rubrik Penilaian

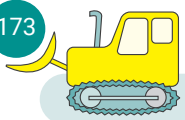
Pada rubrik penilaian ini ada tiga aspek yang akan diukur, yaitu pengetahuan, keterampilan, dan sikap.

Tabel 5.6 Rubrik Penilaian Pengetahuan dan Keterampilan

No. Soal	Soal	Jumlah Soal	Aspek yang Diukur	Jawaban Benar	Jawaban Salah	Tidak Menjawab
a	Jenis, spesifikasi & fungsi komponen-komponen elektrik	7	Pengetahuan	2	1	0
b	Menjelaskan cara kerja suatu rangkaian listrik	20	Pengetahuan dan Keterampilan	2	1	0

Tabel 5.7 Rubrik Penilaian Sikap

Aspek	Sangat Baik	Baik	Cukup	Kurang
Disiplin	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas sebelum waktunya.	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas tepat waktu.	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas 1-2 menit dari waktu yang ditentukan.	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas lebih dari 3 menit dari waktu yang ditentukan.
Ketelitian	Peserta didik melaksanakan tugas dengan baik dan tepat.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan baik, tetapi kurang tepat.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan cukup baik, tetapi kurang tepat.	Peserta didik melaksanakan tugas, tetapi kurang baik dan kurang tepat.



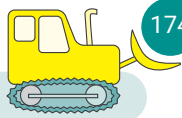
Aspek	Sangat Baik	Baik	Cukup	Kurang
Tanggung jawab	Peserta didik selalu melaksanakan seluruh tugas dan kewajiban dengan baik.	Peserta didik sudah menjalankan tugas dan kewajiban dengan baik.	Peserta didik kadang-kadang menjalankan tugas dan kewajiban yang seharusnya dilakukan.	Peserta didik belum menjalankan tugas dan kewajiban yang semestinya dilakukan.
Mandiri	Peserta didik melaksanakan tugas sendirian tanpa dibantu orang lain.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan sedikit diberi petunjuk/ bantuan dari guru.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan dibimbing guru.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan mencontek.

2. Materi Asesmen

A. Pilihan Ganda

Pilihlah salah satu jawaban yang benar dari pertanyaan berikut!

- Terminal dari *safety relay* yang berhubungan dengan pencegahan pinion motor starter saat mesin sedang berjalan adalah
 - terminal B
 - terminal R**
 - terminal S
 - terminal C
 - terminal E
 (Jawaban: b)
- Pada baterai relai, antara terminal satu dan lainnya yang terdapat kumparan adalah
 - terminal M dan terminal B
 - terminal BR dan terminal E**
 - terminal B dan terminal BR
 - terminal M dan terminal E
 - terminal B dan terminal E
 (Jawaban: b)



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

(Jawaban: c)

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

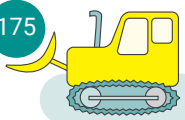
(Jawaban: b)

5. Terminal yang selalu terhubung ke terminal M dari baterai relai 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*

(Jawaban: d)

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 baterai relai
 - d. terminal B dari *motor starter*
 - e. terminal E dari *body*

(Jawaban: b)



7. Untuk menentukan start gagal karena kegagalan *internal motor starter*, tegangan *safety relay* perlu diukur pada terminal
- terminal B
 - terminal S
 - terminal R
 - terminal C**
 - terminal E
- (Jawaban: d)

B. Uraian

Pertanyaan

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.

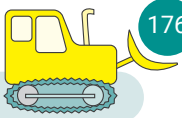
Untuk *relay electromagnetic* RL1, beri tanda “O” jika beroperasi dan “X” jika tidak.

Jawaban:

Tabel 5.8 Tabel Lembar Kerja Siswa Rangkaian Kendali Sederhana

Lembar Kerja Siswa

Step	PS	LS 1	LS 2	PL 1	PL 2	RL 1	Buzzer
Step 1	Press	NC side	NC side	O	X	X	O
Step 2	Held on	NO side	NC side	X	X	X	O
Step 3	Held on	NO side	NO side	X	X	O	X
Step 4	Held on	NC side	NO side	O	X	O	X
Step 5	Held on	NC side	NC side	O	O	O	X



F. Sumber Belajar

Guru dapat memperkaya pengetahuan, keterampilan, dan pengalaman sebagai pengajar untuk mengembangkan potensi diri secara maksimal. Sumber belajar yang dapat digunakan dalam materi pada Bab 4 oleh guru, antara lain, buku-buku suplemen dan bahan referensi berikut.

1. *Leaflet product* alat berat
2. *Specification handbook*
Tim Sekolah Menengah Teknik Alat Berat. *Modul Kelistrikan Sistem Kontrol Alat Berat*. United Tractors. 2020
3. *Manual book*
4. *Website* yang relevan dan tepercaya.

Guru juga dapat mencari sendiri materi pengayaan yang paling sesuai dengan kebutuhannya. Guru dapat mengajak para peserta didik untuk sama-sama membahas beberapa materi pada buku suplemen dan juga berselancar di *website* yang telah dikurasi terlebih dahulu.

G. Lembar Kegiatan Siswa

Lembar kerja peserta didik disusun dengan tujuan untuk membantu peserta didik dalam memperdalam pemahaman materi pengenalan alat berat melalui latihan yang terstruktur dan terarah. Lembar ini dapat bersifat individu maupun kelompok yang terintegrasi di dalam aktivitas-aktivitas. Dengan mengikuti lembar kerja ini, diharapkan peserta didik dapat lebih aktif, kreatif, dan kritis dalam proses belajar. Selain itu, peserta didik mampu mengembangkan keterampilan berpikir yang diperlukan untuk mencapai kompetensi yang diharapkan.

Pada bagian ini, penugasan lebih berimbang untuk individu maupun dalam kelompok. Dengan demikian, lembar kegiatan ini akan dikembangkan sebagai acuan aktivitas individu dan kelompok. Aktivitas pada Bab 5 ini mencakup pekerjaan mandiri, diskusi kelompok, kerja sama dalam praktik, penggunaan *manual book* secara optimal, kasus industri. Semoga lembar kerja ini bermanfaat dan dapat memotivasi peserta didik untuk terus belajar dan berprestasi. Dengan demikian, keterampilan pembelajaran dan inovasi, keterampilan informasi, media, serta teknologi dapat tercapai.

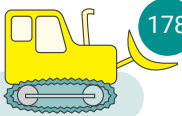


H. Kegiatan Tindak Lanjut

Tindak lanjut ini disusun sebagai bagian penting dari proses pembelajaran. Tujuannya untuk memastikan bahwa setiap materi yang telah dipelajari dapat dipahami secara menyeluruh dan mendalam oleh peserta didik. Peserta didik diharapkan dapat lebih menguasai kompetensi yang telah diajarkan dengan adanya tindak lanjut ini. Selain itu, peserta didik mampu mengaplikasikannya dalam berbagai konteks pada pekerjaan alat berat.

Kegiatan tindak lanjut setelah pembelajaran dalam bab ini dilakukan pada bab selanjutnya. Tindak lanjut berupa perbaikan cara memfasilitasi pembelajaran selanjutnya berdasarkan refleksi sendiri oleh guru. Guru menggunakan cara yang lebih tepat dengan cara belajar peserta didik di lingkungan sekolah masing masing. Selain itu, kegiatan tindak lanjut didasarkan pada hasil asesmen yang dilakukan, baik asesmen formal di akhir pembelajaran maupun asesmen informal, seperti pengamatan oleh guru setiap harinya.

Pengayaan yang disajikan dalam buku siswa dapat dimanfaatkan bagi peserta didik yang telah tuntas mencapai tujuan pembelajaran. Pengayaan dapat menambah wawasan peserta didik tentang alat berat. Selain itu, guru membentuk kegiatan tutorial dengan menggunakan tutor sebaya. Peserta didik yang tertinggal dalam pelajaran sebelumnya dapat belajar bersama dengan peserta didik yang terdepan dalam pembelajaran.

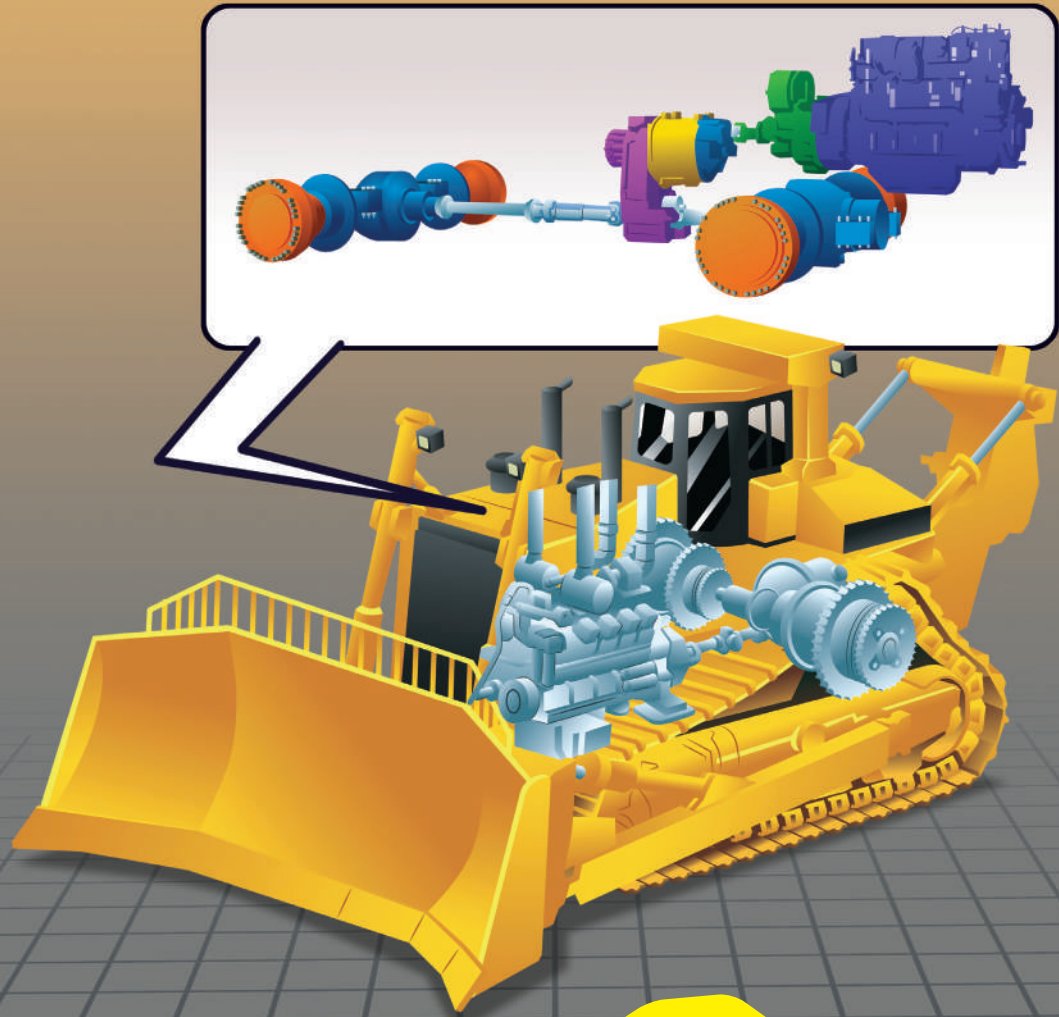


KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2024

Panduan Guru Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XI

Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin

ISBN: 978-634-00-0165-5



Bab

6



Power Train dan Undercarriage

Bab 6 tentang *Power Train* dan *Undercarriage* terdiri dari lima subbab. Setiap subbab memuat materi dan aktivitas yang membangun pemahaman peserta didik tentang sistem yang bekerja pada *power train* dan *undercarriage*. Aktivitas-aktivitas dalam bab ini disajikan untuk membangun *critical thinking* peserta didik dan melatih peserta didik untuk bekerja sama dalam kelompok (*teamwork*). Di akhir bab, disajikan aktivitas berupa proyek yang bertujuan memperdalam pemahaman peserta didik tentang *power train* dan *undercarriage*.

Guru dapat menggunakan metode pembelajaran yang paling sesuai dengan kondisi di sekolahnya. Beberapa pilihan metode pembelajaran yang dapat digunakan, antara lain, diskusi, pembelajaran berdiferensiasi, dan *project based learning (PBL)*. Guru dapat menggunakan metode pembelajaran lain yang paling sesuai dengan kondisi di sekolahnya dan mendorong pembelajaran yang berpusat pada peserta didik.

Aktivitas di buku siswa dapat dijadikan inspirasi untuk asesmen formatif dan sumatif. Walaupun demikian, guru dapat membuat sendiri asesmennya sesuai dengan kebutuhan. Guru dapat menyiapkan laptop, *projector*, dan media lain untuk menampilkan gambar komponen dan video cara kerja dan konstruksi dari *power train* dan *undercarriage*.

A. Skema Pembelajaran

Skema pembelajaran pada bab ini meliputi tujuan pembelajaran, peta materi, mengetahui kemampuan awal peserta didik, dan rekomendasi alokasi waktu. Selain itu, ada apersepsi, materi pokok, alternatif aktivitas pembelajaran, refleksi, dan *soft skill* dalam pembelajaran.

1. Tujuan Pembelajaran

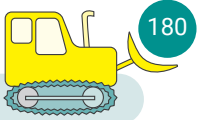
Guru perlu untuk mencermati tujuan pembelajaran dari bab ini yang dituliskan pada buku siswa sebagai berikut.

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik diharapkan dapat mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja sistem pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*).

Tujuan pembelajaran dapat dikembangkan lebih rinci, sebagai berikut.

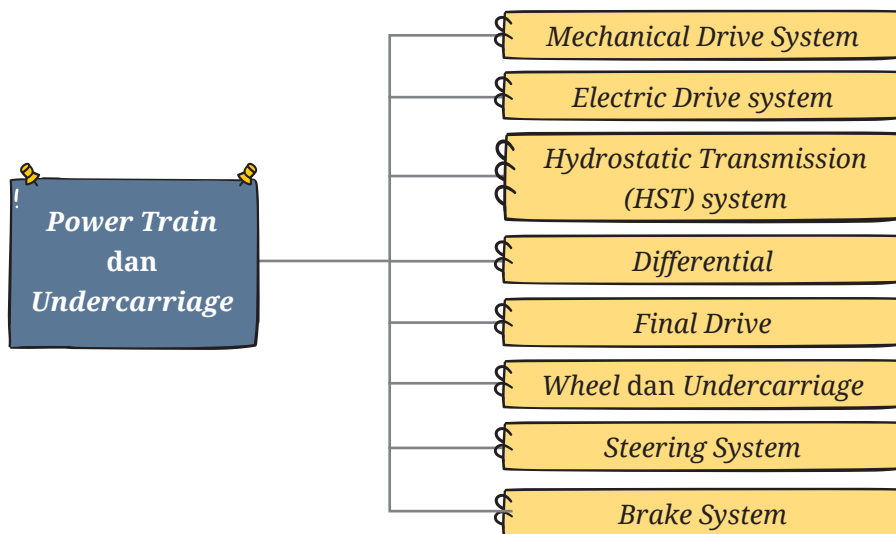
- a. Peserta didik dapat mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja *mechanical drive system (direct drive system, torqueflow drive system, hydrosift drive system)*



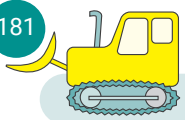
- b. Peserta didik dapat mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja *electric drive system*.
- c. Peserta didik dapat mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja *HST system*.
- d. Peserta didik dapat mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja *differential*.
- e. Peserta didik dapat mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja *final drive*.
- f. Peserta didik dapat mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja *wheel* dan *undercarriage*.
- g. Peserta didik dapat mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja *steering system*.
- h. Peserta didik dapat mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja *brake system*.

2. Peta Materi

Peta materi dalam bab ini adalah bagan yang menunjukkan materi yang perlu dikuasai untuk mencapai tujuan pembelajaran. Materi tersebut terdiri atas mengidentifikasi nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja dari lima subbab, yaitu *mechanical drive (direct drive system, torqueflow drive system, hydrosift drive system)*, *electric drive*, *HST system*, *differential*, *final drive*, *wheel* dan *undercarriage*, *steering system*, serta *brake system*.



Gambar 6.1 Peta materi power train dan undercarriage



Peta materi ini dibuat untuk mempermudah peserta didik dan guru dalam proses pembelajaran. Guru dapat mengembangkan sendiri peta materi yang paling mudah dipahami dan diaplikasikan.

3. Mengetahui Kemampuan Awal Peserta Didik

Hal yang perlu dilakukan setiap tahap pembelajaran adalah mengetahui kemampuan awal peserta didik. Dengan demikian, guru akan dapat merancang program pembelajaran yang tepat. Terdapat beberapa cara untuk mengetahui kemampuan awal peserta didik. Cara yang pertama, melalui asesmen tertulis atau praasesmen. Selanjutnya, menggunakan teknik wawancara dan penelusuran portofolio peserta didik. Guru dapat memilih cara yang diambil untuk mengetahui kemampuan awal peserta didik menyesuaikan dengan situasi dan kondisi di sekolah masing-masing.

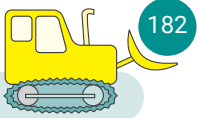
4. Rekomendasi Alokasi Waktu

Alokasi waktu yang diperlukan untuk pembelajaran Bab 6 tentang pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*) ini adalah lima pekan. Pada Kurikulum Merdeka, alokasi waktu dalam 1 minggu untuk mata pelajaran Teknik Alat Berat Kelas XI adalah 18 JP dengan 1 JP dengan 1 JP selama 45 menit dan rincian seperti tabel 6.1 berikut.

Tabel 6.1 Alokasi Waktu Pembelajaran

No.	Subbab	Alokasi Waktu
1.	<i>Mechanical drive (direct drive system, torqueflow drive system, hydrosift drive system)</i>	18 JP
2.	<i>Electric drive</i>	9 JP
3.	<i>HST system</i>	9 JP
4.	<i>Wheel dan undercarriage</i>	18 JP
5.	<i>Differential dan final drive</i>	18 JP
6.	<i>Steering system dan brake system</i>	18 JP
Total rekomendasi alokasi waktu		90 JP

Jumlah alokasi waktu ini hanyalah rekomendasi yang tidak mengikat. Alokasi waktu dapat ditambahkan atau dikurangi berdasarkan kebutuhan, situasi, dan kondisi di sekolah.



5. Apersepsi

Setiap bab disajikan apersepsi yang dibutuhkan untuk menggugah motivasi peserta didik dalam belajar. Apersepsi disajikan dengan memberikan informasi berupa narasi dan pertanyaan pemantik. Pada bab ini apersepsi disajikan berupa pengalaman hidup sehari-hari di bidang alat berat. Berikut contoh apersepsi.

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.

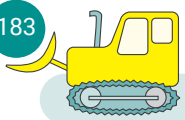
Apersepsi pada buku siswa ini sifatnya tidak wajib, guru bisa menambahkan atau justru menggantinya dengan yang lebih relevan sesuai dengan kondisi dan situasi di sekolah masing-masing.

6. Materi Pokok dan Alternatif Aktivitas Pembelajaran

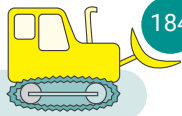
Materi pokok pada bab ini terdiri dari enam subbab. Guru dapat mempelajari materi pokok yang ada di buku siswa dan dapat mencari referensi lain yang sesuai untuk memperkaya pemahaman materi. Aktivitas-aktivitas pembelajaran yang disajikan dalam tabel 6.2 tidak hanya aktivitas yang ada di buku siswa, tetapi juga mencakup alternatif aktivitas lain yang dapat dilakukan oleh guru. Meskipun demikian, aktivitas pembelajaran yang dapat dilakukan di kelas tidak terbatas pada yang tersaji di tabel. Guru dapat menambah alternatif aktivitas pembelajaran lain yang sesuai dengan kondisi di sekolah dan potensi yang ada di wilayah masing-masing.

Tabel 6.2 Materi Pokok dan Alternatif Aktivitas Pembelajaran

No.	Subbab	Materi Pokok	Alternatif Aktivitas Pembelajaran
1.	<i>Mechanical Drive System</i>	<ul style="list-style-type: none">• <i>Direct drive system</i>• <i>Torqueflow drive system</i>• <i>Hydrosift drive system</i>	<ol style="list-style-type: none">1. Diskusi kelompok2. Mengamati langsung <i>direct drive system cutting</i>3. Mengamati langsung <i>torqueflow drive system</i>4. Mengamati langsung melalui <i>hydrosift drive system trainer</i>5. Menonton video



No.	Subbab	Materi Pokok	Alternatif Aktivitas Pembelajaran
2.	<i>Electric Drive System</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Electric drive system</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diskusi kelompok 2. Mengamati langsung komponen 3. Menonton video
3.	<i>HST System</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>HST system</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diskusi kelompok 2. Mengamati langsung di <i>HST system</i> 3. Mengamati langsung melalui <i>engine trainer</i> 4. Menonton video
4.	<i>Differential dan Final Drive</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Standar differential</i> • <i>No-spin differential</i> • <i>Limited slip differential</i> • <i>Differential lock</i> • <i>Bull type final drive</i> • <i>Planetary final drive</i> • <i>Idler</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diskusi kelompok 2. Mengamati langsung di <i>differential dan final drive cutting</i> 3. Menonton video
5.	<i>Wheel dan Undercarriage</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Track Link</i> • <i>Track pin dan track bushing</i> • <i>Track link joint</i> • <i>Track shoe</i> • <i>Track roller</i> • <i>Carrier roller</i> • <i>Sproker</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diskusi kelompok 2. Mengamati langsung <i>machine/unit alat berat</i> 3. Menonton video
6.	<i>Steering System dan Brake System</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Differential steering system</i> • <i>Steering clutch & brake</i> • <i>Steering dengan track motor</i> • <i>Expanding shoe</i> • <i>Contracting band</i> • <i>Caliper disc</i> • <i>Multiple disc</i> • <i>Service brake</i> • <i>Parking brake</i> • <i>Emergency/secondary brake</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diskusi kelompok 2. Mengamati langsung <i>machine/unit alat berat</i> 3. Menonton video



7. Refleksi

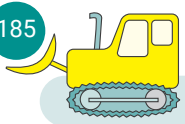
Refleksi langsung dapat dilakukan dengan mengarahkan peserta didik untuk membaca bagian refleksi di akhir bab. Pada bagian refleksi ini, guru mencermati hasil kerja peserta didik saat asesmen sebelum pembelajaran dan asesmen sumatif. Guru dapat memfasilitasi peserta didik yang masih kesulitan pada bab ini. Kesulitan apa saja yang ditemui peserta didik? Apa yang membuat peserta didik kurang memahami materi tertentu? Bagaimana caranya agar peserta didik dapat menguasai materi yang belum dipahaminya? Guru dapat menanyakan hal-hal terkait hasil refleksi agar peserta didik merasa terbantu dalam menemukan jawabannya.

8. Soft Skill dalam Pembelajaran

Soft skill dalam bab ini yang ditekankan, antara lain, kreatif, inovatif, kerja sama, komunikasi, ketelitian, kecermatan, mudah beradaptasi, pembelajar, dan kejujuran. *Soft skill* tiap subbab disajikan dalam tabel 2.3 berikut.

Tabel 6.3 Daftar *Soft Skill* dari Subbab *Power Train* dan *Undercarriage*

No.	Subbab	Soft Skill
1.	<i>Mechanical drive (direct drive system, torqueflow drive system, hydrosift drive system)</i>	Komunikasi, ketelitian, kecermatan, mudah beradaptasi, pembelajar, kejujuran, kreatif, dan inovatif
2.	<i>Electric drive system</i>	Komunikasi, ketelitian, kecermatan, mudah beradaptasi, pembelajar, kejujuran, kreatif, dan inovatif
3.	<i>HST system</i>	Komunikasi, ketelitian, kecermatan, mudah beradaptasi, pembelajar, kejujuran, kreatif, dan inovatif
4.	<i>Differential dan final drive</i>	Komunikasi, ketelitian, kecermatan, mudah beradaptasi, pembelajar, kejujuran, kreatif, dan inovatif
5.	<i>Wheel dan undercarriage</i>	Komunikasi, ketelitian, kecermatan, mudah beradaptasi, pembelajar, kejujuran, kreatif, dan inovatif
6.	<i>Steering system dan brake system</i>	Komunikasi, ketelitian, kecermatan, mudah beradaptasi, pembelajar, kejujuran, kreatif, dan inovatif



B. Persiapan Pembelajaran

Guru dapat menyusun rancangan pembelajaran sebagai persiapan pembelajaran pada bab ini. Penyusunan rancangan pembelajaran berbasis pada karakteristik dan kebutuhan peserta didik dalam mencapai tujuan pembelajaran. Tujuan pembelajaran selanjutnya dapat diturunkan menjadi Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) dan selanjutnya dapat membuat modul ajar.

Guru dapat menyiapkan berbagai sumber pembelajaran, seperti buku manual, buku pengayaan, video pembelajaran, dan unit alat berat yang dimiliki sekolah. Selain itu, jika dibutuhkan kunjungan ke dealer untuk melihat unit alat berat karena di sekolah tidak memilikinya. Jika diperlukan kunjungan ke dealer, guru perlu membuat janji dan permohonan izin berkunjung terlebih dahulu. Selain itu, guru juga membuat jadwal dan menyiapkan peserta didik yang akan dibawa berkunjung ke dealer.

C. Kegiatan Pembelajaran

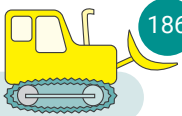
Sebelum memasuki materi, guru dapat menampilkan video yang menggugah peserta didik untuk tertarik mempelajari bab ini. Video yang ditampilkan dapat berupa gambaran mekanik alat berat, operator alat berat, atau unit alat berat yang sedang beroperasi di lahan tambang, dan lainnya. Peserta didik diharapkan dapat memiliki gambaran mengenai bab ini dengan menonton video tersebut. Video dapat diperoleh dengan mencari di internet (YouTube) atau memanfaatkan video yang sudah dibuat sekolah atau rekan guru (teman sejawat).



Aktivitas 6.1

Aktivitas 6.1 merupakan aktivitas kelompok. Pada aktivitas ini, peserta didik bekerja sama menelusuri dan mencari tahu informasi tambahan tentang *direct drive system*. Pada aktivitas ini, guru dapat memberikan pengantar sebelum diskusi dimulai dengan menayangkan video animasi *machine*/unit alat berat yang sedang beroperasi. Hal itu sebagai penggugah minat peserta didik dalam menggali informasi yang akan didiskusikan antara kelompok di kelas.

Peserta didik sebelumnya telah mempelajari tentang *direct drive system*. Selanjutnya, pada aktivitas ini, peserta didik mencari tahu informasi tambahan, baik menggunakan *service manual* yang ada di sekolah atau mengakses media daring dari sumber yang terpercaya. Tujuannya untuk menguatkan pemahaman peserta didik tentang materi *direct*



drive system. Informasi yang ditelusuri oleh peserta didik tentang *machine/unit* alat berat yang menggunakan jenis pemindah tenaga *direct drive system*. Peserta didik berkerja sama dengan tim kelompok dan membuat catatan hasil penelusuran. Masing-masing kelompok mempresentasikan hasil penelusuran di depan kelas secara bergantian.

Aktivitas 6.2

Aktivitas 6.2 merupakan aktivitas kelompok. Pada aktivitas ini, peserta didik bekerja sama menelusuri dan mencari tahu informasi tambahan tentang *torqflow drive system*. Pada aktivitas ini, guru dapat memberikan pengantar sebelum diskusi dimulai dengan menayangkan video animasi *machine/unit* alat berat yang sedang beroperasi. Hal itu sebagai menggugah minat peserta didik dalam menggali informasi yang akan didiskusikan antara kelompok di kelas.

Peserta didik sebelumnya telah mempelajari tentang *torqflow drive system*. Selanjutnya, pada aktivitas ini, peserta didik mencari tahu informasi tambahan, baik menggunakan *service manual* yang ada di sekolah atau mengakses media daring dari sumber yang terpercaya. Tujuannya untuk menguatkan pemahaman peserta didik tentang materi *direct drive system*. Informasi yang ditelusuri oleh peserta didik tentang *machine/unit* alat berat yang menggunakan jenis pemindah tenaga *torqflow drive system*. Peserta didik berkerja sama dengan tim kelompok dan membuat catatan hasil penelusuran. Masing-masing kelompok mempresentasikan hasil penelusuran di depan kelas secara bergantian.

Aktivitas 6.3

Aktivitas 6.3 merupakan aktivitas mandiri. Pada aktivitas ini, peserta didik secara mandiri menelusuri dan mencari tahu informasi tambahan tentang *electric drive*. Pada aktivitas ini, guru dapat memberikan pengantar sebelum diskusi dimulai dengan menayangkan video animasi *machine/unit* alat berat yang sedang beroperasi. Hal itu sebagai menggugah minat peserta didik dalam menggali informasi untuk kerja mandiri.

Peserta didik sebelumnya telah mempelajari tentang *electric drive*. Selanjutnya, pada aktivitas ini, peserta didik mencari tahu informasi tambahan secara mandiri, baik menggunakan *service manual* yang ada di sekolah atau mengakses media daring dari sumber yang terpercaya. Tujuannya untuk menguatkan pemahaman peserta didik tentang materi *electric drive*. Informasi yang ditelusuri oleh peserta didik tentang *machine/unit* alat



berat yang menggunakan jenis pemindah tenaga *electric drive*. Peserta didik secara mandiri membuat catatan hasil penelusuran. Peserta didik mempresentasikan hasil penelusuran di depan kelas secara bergantian.

Aktivitas 6.4

Aktivitas 6.4 merupakan aktivitas mandiri. Pada aktivitas ini, peserta didik secara mandiri menelusuri dan mencari tahu informasi tambahan tentang *hydrostatic transmission*. Pada aktivitas ini, guru dapat memberikan pengantar sebelum diskusi dimulai dengan menayangkan video animasi *machine/unit* alat berat yang sedang beroperasi. Hal itu sebagai menggugah minat peserta didik dalam menggali informasi untuk kerja mandiri.

Peserta didik sebelumnya telah mempelajari tentang *hydrostatic transmission*. Selanjutnya, pada aktivitas ini, peserta didik mencari tahu informasi tambahan secara mandiri, baik menggunakan *service manual* yang ada di sekolah atau mengakses media daring dari sumber yang terpercaya. Tujuannya untuk menguatkan pemahaman peserta didik tentang materi *hydrostatic transmission*. Informasi yang ditelusuri oleh peserta didik tentang *machine/unit* alat berat yang menggunakan jenis pemindah tenaga *hydrostatic transmission*. Peserta didik secara mandiri membuat catatan hasil penelusuran. Peserta didik mempresentasikan hasil penelusuran di depan kelas secara bergantian.

Aktivitas 6.5

Aktivitas 6.5 merupakan aktivitas kelompok. Pada aktivitas ini, kalian mampu bekerja sama menelusuri dan mencari tahu informasi tambahan tentang *steering system* dan *brake system*. Pada aktivitas ini, guru dapat memberikan pengantar sebelum diskusi dimulai dengan menayangkan video animasi *machine/unit* alat berat yang sedang beroperasi. Hal itu sebagai menggugah minat peserta didik dalam menggali informasi yang akan didiskusikan antara kelompok di kelas.

Peserta didik sebelumnya telah mempelajari tentang *steering system* dan *brake system*. Selanjutnya, pada aktivitas ini, peserta didik mencari tahu informasi tambahan, baik menggunakan *service manual* yang ada di sekolah atau mengakses media daring dari sumber yang terpercaya. Tujuannya untuk menguatkan pemahaman peserta didik tentang materi *steering system* dan *brake system*. Informasi yang ditelusuri oleh peserta didik tentang *machine/unit* alat berat yang menggunakan jenis pemindah tenaga *steering system* dan



brake system. Peserta didik berkerja sama dengan tim kelompok dan membuat catatan hasil penelusuran. Masing-masing kelompok mempresentasikan hasil penelusuran di depan kelas secara bergantian.

D. Refleksi Guru

Bagian refleksi guru mengajak peserta didik untuk merasakan semua yang telah dijalani selama proses pembelajaran berlangsung. Bagian manakah peserta didik merasakan kemudahan dan dapat belajar secara efektif? Lingkungan dan situasi seperti apa yang mendukung pembelajaran? Pada bagian refleksi ini peserta didik diajak untuk merefleksikan diri, kapan dirinya kurang antusias dalam pembelajaran. Jika mengalami hal yang serupa, pada masa mendatang apa yang harus dilakukan agar pembelajaran dapat berjalan dengan baik?

E. Asesmen

Asesmen terdapat pada tiap akhir bab adalah asesmen formatif untuk menilai perkembangan kompetensi peserta didik yang dipelajarinya. Penyusunan asesmen mengacu pada tujuan pembelajaran (TP). Fungsi asesmen adalah sebagai alat untuk mengukur ketercapaian TP, baik aspek pengetahuan, keterampilan, dan sikap.

1. Rubrik Penilaian

Pada rubrik penilaian ini ada tiga aspek yang akan diukur, yaitu pengetahuan, keterampilan, dan sikap.

Tabel 6.4 Rubrik Penilaian Pengetahuan dan Keterampilan

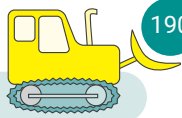
No. Soal	Soal	Jumlah Soal	Aspek yang Diukur	Skor Nilai	Jawaban Salah/ Tidak Menjawab
1.	Sebutkan jenis dari <i>mechanical drive system</i> dan berikan tiga contoh <i>machine/unit</i> yang menggunakan tipe ini!	5	Pengetahuan	5	0
2.	Sebutkan dan jelaskan cara kerja <i>torqflow drive system</i> dan berikan tiga contoh <i>machine/unit</i> yang menggunakan tipe ini!	5	Pengetahuan	5	0



3.	Sebutkan dan jelaskan cara kerja <i>electric drive system</i> serta berikan tiga contoh <i>machine/unit</i> yang menggunakan tipe ini!	5	Pengetahuan	5	0
4.	Sebutkan dan jelaskan cara kerja <i>hydrostatic drive system</i> serta berikan tiga contoh <i>machine/unit</i> yang menggunakan tipe ini!	5	Keterampilan	5	0
5.	Sebutkan dan jelaskan komponen <i>undercarriage!</i>	5	Keterampilan	5	0

Tabel 6.5 Rubrik Penilaian Sikap

Aspek	Sangat Baik	Baik	Cukup	Kurang
Disiplin	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas sebelum waktunya.	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas tepat waktu.	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas 1-2 menit dari waktu yang ditentukan.	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas lebih dari 3 menit dari waktu yang ditentukan.
Ketelitian	Peserta didik melaksanakan tugas dengan baik dan tepat.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan baik, tetapi kurang tepat.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan cukup baik, tetapi kurang tepat.	Peserta didik melaksanakan tugas, tetapi kurang baik dan kurang tepat.
Tanggung jawab	Peserta didik selalu melaksanakan seluruh tugas dan kewajiban dengan baik.	Peserta didik sudah menjalankan tugas dan kewajiban dengan baik.	Peserta didik kadang-kadang menjalankan tugas dan kewajiban yang seharusnya dilakukan.	Peserta didik belum menjalankan tugas dan kewajiban yang semestinya dilakukan.
Mandiri	Peserta didik melaksanakan tugas sendiri tanpa dibantu orang lain.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan sedikit diberi petunjuk/bantuan dari guru.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan dibimbing guru.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan mencontek.



2. Soal Asesmen

Guru dapat menggunakan materi asesmen pada buku siswa. Guru juga dapat mengembangkan materi asesmen sendiri yang lebih relevan dengan situasi di lingkungan sekolah. Khusus untuk asesmen *soft skills*, guru dapat mengembangkan model sendiri dengan menggunakan model berikut sebagai contoh atau model lain yang lebih relevan.

Pertanyaan

1. Sebutkan dan jelaskan cara kerja *direct drive system* serta berikan tiga contoh *machine/unit* yang menggunakan tipe ini!
2. Sebutkan dan jelaskan cara kerja *torqflow drive system* serta berikan tiga contoh *machine/unit* yang menggunakan tipe ini!
3. Sebutkan dan jelaskan cara kerja *electric drive system* serta berikan tiga contoh *machine/unit* yang menggunakan tipe ini!
4. Sebutkan dan jelaskan cara kerja *hydrostatic drive system* serta berikan tiga contoh *machine/unit* yang menggunakan tipe ini!
5. Sebutkan dan jelaskan komponen *steering* dan *brake system*!
6. Sebutkan dan jelaskan komponen *undercarriage*!

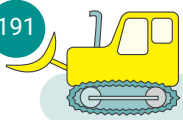
Jawaban

1. Komponen *direct drive system*, sebagai berikut.
 - a. *Mechanical clutch/flywheel clutch*
 - b. *Direct drive transmission/manual shift transmission*
 - c. *Differential* untuk *machine/unit* yang menggunakan *wheel/roda*
 - d. *Bevel gear* dan *pinion* untuk *machine* yang menggunakan *track*
 - e. *Final drive*
 - f. *Wheel/roda* atau *track*.

Cara kerja:

Power/tenaga dari *engine* diteruskan oleh *mechanical clutch/flywheel clutch* ke *direct drive transmission/manual shift transmission*. Selanjutnya, diteruskan ke *final drive*, lalu ke pemindah tenaga akhir *wheel/roda* melalui *differential* atau *track* melalui *bevel gear* dan *pinion*.

Contoh: D40A, D60A, D150A-1



2. Komponen *torqflow drive system*:

- a. *Damper*
- b. *Torque converter*
- c. *Torqflow transmission*
- d. *Differential* untuk *machine* yang menggunakan *wheel*/roda
- e. *Bevel gear* dan *pinion* untuk *machine* yang menggunakan *track*
- f. *Final drive*
- g. *Wheel*/roda atau *track*.

Cara kerja:

Power (tenaga) dari *engine* diteruskan oleh *damper* dan *torque converter* ke *direct torqflow transmission/power shift transmission*. Selanjutnya, diteruskan ke *final drive*, lalu ke pemindah tenaga akhir *wheel* (roda) melalui *differential* atau *track* melalui *bevel gear* dan *pinion*.

Contoh: D45, WA500, HD785

3. Komponen *electric drive system*:

- a. *engine*
- b. *generator*
- c. *inverter*
- d. *electric traction motor*

Cara kerja:

Pada *electric drive system*, energi mekanik dari *engine* memutar generator. Generator menyalurkan daya melalui kabel tegangan tinggi ke *inverter* yang mengendalikan arah dan kecepatan *machine*. *Inverter* mengubah dan mengendalikan daya yang masuk, lalu menggerakkan *electric traction motor*. *Electric traction motor* bagian belakang mengubah energi listrik ini menjadi energi mekanik untuk mendorong *machine* melalui *final drive* menuju roda atau *track*.

Contoh: R1700 XE, D7E, 795F

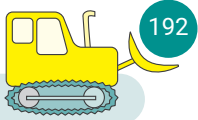
4. Komponen *hydrostatic drive system*:

- a. *engine*
- b. *pump drive*
- c. *hydraulic pump*
- d. *drive motors*
- e. *final drives*

Cara kerja:

Dalam *hydrostatic drive system*, fluida digunakan untuk menyalurkan *power engine* ke roda atau *track*. *Power* dari *engine* ditransfer melalui *pump drive* yang mencakup rangkaian roda gigi yang menyalurkan *power engine* ke *hydraulic pump*. *Hydraulic pump* menyediakan aliran oli untuk menggerakkan *drive motors*. *Drive motors* menyalurkan *power engine* ke *final drives*.

Contoh: D5K2, 938M, 216B Series



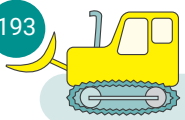
5. Jenis *steering* dan *brake system*, sebagai berikut.
 - a. *Differential steering*, berfungsi untuk menyamakan distribusi tenaga menuju *drive wheel*.
 - b. *Steering clutch & brake*, berfungsi untuk membelokkan *machine*.
 - c. *Steering* dengan *track motor*, digunakan pada *machine* yang menggunakan *hydrostatic transmission* seperti *wheel loader* kecil.
6. Komponen *undercarriage*, sebagai berikut.
 - a. *Track*, berfungsi sebagai tempat pemasangan *track shoe* dan bantalan bagi *roller*.
 - b. *Track pin* dan *track bushing*, berfungsi sebagai penahan dan penyambungan antara *track link* yang satu dengan yang lain.
 - c. *Track link joint*, berfungsi menyambung *track link*.
 - d. *Track shoe*, berfungsi menahan berat *machine*, menyediakan traksi melalui tahanannya dengan permukaan tanah guna memungkinkan *track-type machine* bergerak.
 - e. *Track roller*, berfungsi menahan *machine* pada *track* dan memandu *machine* untuk tepat bergerak di atas *track*.
 - f. *Carrier roller*, berfungsi untuk menahan berat *track* antara *idler* dan *sprocket* serta menghaluskan gerakan *track* bagian atas dan meningkatkan antara *track roller* dan *frame*.
 - g. *Sprocket*, berfungsi untuk meneruskan tenaga dari *final drive* menuju *bushing track link*.
 - h. *Idler*, berfungsi memandu *track* keluar dan masuk ke *track roller*, menahan sebagian beban *machine* dan komponen yang memungkinkan kekacauan *track* dikontrol.

F. Sumber Belajar

Guru dapat memperkaya pengetahuan, keterampilan, dan pengalaman sebagai pengajar untuk mengembangkan potensi diri secara maksimal. Sumber belajar yang dapat digunakan dalam materi pada Bab 6 oleh guru, antara lain, buku-buku suplemen dan bahan referensi berikut.

1. *Specification Handbook*

Tim Sekolah Menengah Teknik Alat Berat. *Modul Power Train dan Undercarriage* Alat Berat. Jakarta: United Tractors, 2020.



2. *Manual Book*

Komatsu. *Shop Manual Engine 125E-5 Series*. Komatsu, t.t

Komatsu. *Shop Manual 107E-1 Series*. USA: Komatsu, 2006

3. *Website* yang relevan dan tepercaya

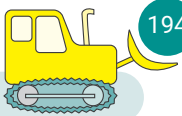
G. Lembar Kegiatan Siswa

Lembar kegiatan untuk peserta didik dapat dikembangkan dari materi yang sudah tertera dalam buku siswa, terutama materi penugasan baik yang bersifat individu maupun kelompok. Lembar kegiatan ini dapat bersifat individu maupun kelompok yang terintegrasi di dalam aktivitas-aktivitas. Penugasan pada bagian ini mencakup aspek inkuiri, seperti mengidentifikasi dan menjelaskan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja sistem pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*).

H. Kegiatan Tindak Lanjut

Kegiatan tindak lanjut setelah pembelajaran dalam bab ini dilakukan pada bab selanjutnya. Tindak lanjut berupa perbaikan cara memfasilitasi pembelajaran selanjutnya berdasarkan refleksi sendiri oleh guru. Guru menggunakan cara yang lebih tepat dengan cara belajar peserta didik di lingkungan sekolah masing-masing. Selain itu, kegiatan tindak lanjut didasarkan pada hasil asesmen yang dilakukan, baik asesmen formal di akhir pembelajaran maupun asesmen informal, seperti pengamatan oleh guru setiap harinya.

Pengayaan yang disajikan dalam buku siswa dapat dimanfaatkan bagi peserta didik yang telah tuntas mencapai tujuan pembelajaran. Pengayaan dapat menambah wawasan peserta didik tentang *power train* dan *undercarriage*. Selain itu, guru membentuk kegiatan tutorial dengan menggunakan tutor sebaya. Peserta didik yang tertinggal dalam pelajaran sebelumnya dapat belajar bersama dengan peserta didik yang terdepan dalam pembelajaran.



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

Panduan Guru Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XI

Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin

ISBN: 978-634-00-0165-5



Bab

7



Perawatan Berkala Unit Alat Berat

Bab 7 tentang Perawatan Berkala Unit Alat Berat terdiri dari tiga subbab. Setiap subbab memuat materi dan aktivitas yang membangun pemahaman peserta didik tentang prosedur pengoperasian *machine*/unit alat berat, pengetahuan tentang pemeliharaan, dan pengetahuan tentang dokumen kerja. Aktivitas-aktivitas dalam bab ini disajikan untuk membangun *critical thinking* peserta didik dan melatih peserta didik untuk bekerja sama dalam kelompok (*teamwork*). Dalam aktivitas disajikan proyek yang bertujuan memperdalam pemahaman peserta didik tentang perawatan berkala unit alat berat.

Guru dapat menggunakan metode pembelajaran yang paling sesuai dengan kondisi di sekolah masing-masing. Beberapa pilihan metode pembelajaran yang dapat digunakan, antara lain diskusi, pembelajaran berdiferensiasi dan *project based learning* (PjBL). Guru dapat menggunakan metode pembelajaran lain yang paling sesuai dengan kondisi di sekolahnya dan mendorong pembelajaran yang berpusat pada peserta didik.

Aktivitas di buku siswa dapat dijadikan inspirasi untuk asesmen formatif dan sumatif. Walaupun demikian, guru dapat membuat sendiri asesmennya sesuai dengan kebutuhan. Guru dapat menyiapkan laptop, *projector*, dan media lain untuk menampilkan pekerjaan yang berkaitan dengan perawatan berkala unit alat berat.

A. Skema Pembelajaran

Skema pembelajaran pada bab ini meliputi tujuan pembelajaran, peta materi, mengetahui kemampuan awal siswa, dan rekomendasi alokasi waktu. Selain itu, ada apersepsi, materi pokok, alternatif aktivitas pembelajaran, refleksi, dan *soft skill* dalam pembelajaran.

1. Tujuan Pembelajaran

Guru perlu untuk mencermati tujuan pembelajaran dari bab ini yang dituliskan pada buku siswa sebagai berikut.

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik dapat memahami prosedur pengoperasian alat berat, melakukan perawatan harian (*periodic inspection*), perawatan berkala (*periodic service*), dan membuat dokumen kerja (*paper work*).

Tujuan pembelajaran dapat dikembangkan lebih rinci, sebagai berikut.

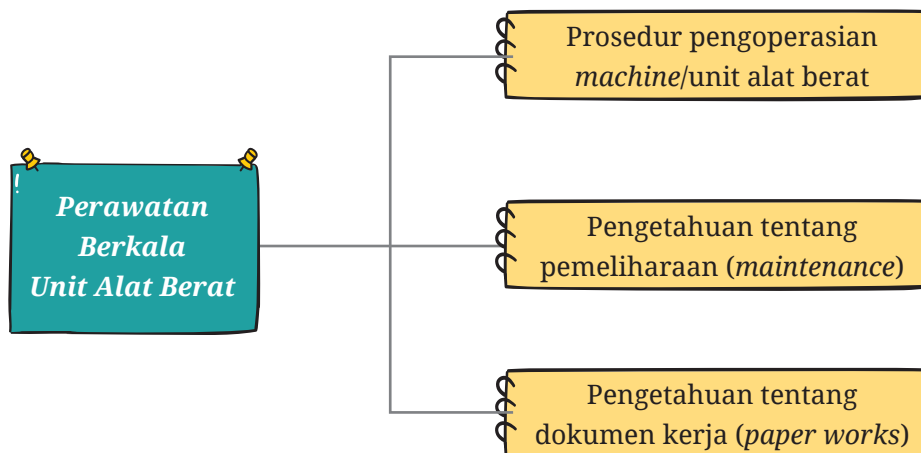
- a. Peserta didik dapat mengidentifikasi dan menjelaskan nama, simbol dan fungsi pada *machine*/unit alat berat.



- b. Peserta didik dapat mengidentifikasi dan memahami dasar struktur pengoperasian alat berat.
- c. Peserta didik dapat mengoperasikan *machine*/unit alat berat.
- d. Peserta didik dapat memahami pengetahuan tentang pemeliharaan (*maintenance*).
- e. Peserta didik dapat memahami jenis-jenis perawatan.
- f. Peserta didik dapat memahami tentang dokumen kerja (*paper works*).
- g. Peserta didik dapat melakukan pekerjaan *periodic inspection*.
- h. Peserta didik dapat melakukan pekerjaan *periodic service*.

2. Peta Materi

Peta materi dalam bab ini adalah bagan yang menunjukkan materi yang perlu dikuasai untuk mencapai tujuan pembelajaran. Materi menyangkut prosedur pengoperasian *machine*/unit alat berat, pengetahuan tentang pemeliharaan, dan pengetahuan tentang dokumen kerja.



Gambar 7.1 Peta materi perawatan berkala unit alat berat

Peta materi ini dibuat untuk mempermudah peserta didik dan guru dalam proses pembelajaran. Guru dapat mengembangkan sendiri peta materi yang paling mudah dipahami dan diaplikasikan.

3. Mengetahui Kemampuan Awal Peserta Didik

Hal yang perlu dilakukan setiap tahap pembelajaran adalah mengetahui kemampuan awal peserta didik. Guru akan dapat merancang program pembelajaran yang tepat. Terdapat beberapa cara untuk mengetahui kemampuan awal peserta didik. Cara yang pertama, melalui asesmen tertulis atau praasesmen. Selanjutnya, menggunakan teknik wawancara



dan penelusuran portofolio peserta didik. Guru dapat memilih dan menyesuaikan cara yang diambil untuk mengetahui kemampuan awal peserta didik menyesuaikan dengan situasi dan kondisi di sekolah masing-masing.

4. Rekomendasi Alokasi Waktu

Alokasi waktu yang diperlukan untuk pembelajaran Bab 7 Perawatan Berkala Unit Alat Berat ini adalah lima pekan. Pada Kurikulum Merdeka alokasi waktu dalam 1 minggu untuk mata pelajaran Teknik Alat Berat Kelas XI adalah 18 JP dengan 1 JP selama 45 menit dengan rincian seperti tabel 7.1 berikut.

Tabel 7.1 Alokasi Waktu Pembelajaran

No.	SubBab	Alokasi Waktu
1.	Prosedur pengoperasian <i>machine</i> /unit alat berat	42 JP
2.	Pengetahuan tentang pemeliharaan (<i>maintenance</i>)	42 JP
3.	Pengetahuan tentang dokumen kerja (<i>paper works</i>)	6 JP
Total rekomendasi alokasi waktu		90 JP

Jumlah alokasi waktu ini hanyalah rekomendasi yang tidak mengikat. Alokasi waktu dapat ditambahkan atau dikurangi berdasarkan kebutuhan, situasi, dan kondisi di sekolah.

5. Apersepsi

Setiap bab disajikan apersepsi yang dibutuhkan untuk menggugah motivasi peserta didik dalam belajar. Apersepsi disajikan dengan memberikan informasi berupa narasi dan pertanyaan pemantik. Pada bab ini apersepsi disajikan berupa pengalaman hidup sehari-hari di bidang alat berat. Berikut contoh apersepsi.

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 selalu 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.

Apersepsi pada buku siswa ini sifatnya tidak wajib, guru bisa menambahkan atau justru menggantinya dengan yang lebih relevan sesuai dengan kondisi dan situasi di sekolah masing-masing.



6. Materi Pokok dan Alternatif Aktivitas Pembelajaran

Materi pokok pada bab ini terdiri dari 3 subbab. Guru dapat mempelajari materi pokok yang ada di buku siswa dan dapat mencari referensi lain yang sesuai untuk memperkaya pemahaman materi. Aktivitas-aktivitas pembelajaran yang disajikan dalam tabel 7.2 tidak hanya aktivitas yang ada di buku siswa, tetapi juga mencakup alternatif aktivitas lain yang dapat dilakukan oleh guru. Meskipun demikian, aktivitas pembelajaran yang dapat dilakukan di kelas tidak terbatas pada yang tersaji di tabel. Guru dapat menambah alternatif aktivitas pembelajaran lain yang sesuai dengan kondisi di sekolah dan potensi yang ada di wilayah masing-masing.

Tabel 7.2 Materi Pokok dan Alternatif Aktivitas Pembelajaran

No.	Subbab	Materi Pokok	Alternatif Aktivitas Pembelajaran
1.	Prosedur pengoperasian <i>machine</i> /unit alat berat	<ul style="list-style-type: none"> • <i>ISO symbol</i> • Dasar struktur pengoperasian alat berat • Mengoperasikan <i>machine</i>/unit alat berat 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diskusi kelompok 2. Memahami dasar struktur pengoperasian alat berat pada OMM 3. Menonton video pengoperasian <i>machine</i> atau unit berat 4. Praktik mengoperasikan <i>machine</i>/unit alat berat
2.	Pengetahuan tentang pemeliharaan (<i>maintenance</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Periodic inspection</i> • <i>Periodic service</i> • <i>Scheduled overhaul</i> • <i>Condition based maintenance</i> • <i>Corrective maintenance</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diskusi kelompok 2. Membuat daftar periksa (<i>check list</i>) pekerjaan <i>periodic inspection</i> merujuk pada OMM 3. Membuat daftar periksa (<i>check list</i>) pekerjaan <i>periodic service</i> merujuk pada OMM 4. Melihat video praktik <i>periodic inspection</i>, praktik <i>periodic service</i> 5. Praktik <i>periodic inspection</i> 6. Praktik <i>periodic service</i>



No.	Subbab	Materi Pokok	Alternatif Aktivitas Pembelajaran
3.	Pengetahuan tentang dokumen kerja (<i>paper works</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Job Safety Analysis (JSA)</i> • Pembicaraan 5M (P5M) • Formulir laporan pekerjaan • Berita acara penyerahan pekerjaan (BAPP) • <i>Maintenance sheet periodical service</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diskusi kelompok 2. Praktik membuat JSA 3. Praktik membuat P5M 4. Praktik membuat laporan pekerjaan 5. Praktik membuat berita acara penyerahan pekerjaan (BAPP) 6. Menonton video contoh P5M

7. Refleksi

Refleksi langsung dapat dilakukan dengan mengarahkan peserta didik untuk membaca bagian refleksi di akhir bab. Pada bagian refleksi ini, guru mencermati hasil kerja peserta didik saat asesmen sebelum pembelajaran dan asesmen sumatif. Guru dapat memfasilitasi peserta didik yang masih kesulitan pada bab ini. Kesulitan apa saja yang ditemui peserta didik? Apa yang membuat peserta didik kurang memahami materi tertentu? Bagaimana caranya agar peserta didik dapat menguasai materi yang belum dipahaminya? Guru dapat menanyakan hal-hal terkait hasil refleksi agar peserta didik merasa terbantu dalam menemukan jawabannya.

8. Soft Skill dalam Pembelajaran

Soft skill dalam bab ini yang ditekankan, antara lain, kreatif, inovatif, kerja sama, komunikasi, ketelitian, kecermatan, mudah beradaptasi, pembelajar, dan kejujuran. *Soft skill* tiap subbab disajikan dalam tabel 7.3 berikut.

Tabel 7.3 Daftar *Soft Skill* dari Subbab Perawatan Berkala Unit Alat Berat

No.	Subbab	<i>Soft Skill</i>
1.	Prosedur pengoperasian <i>machine</i> /unit alat berat	Komunikasi, ketelitian, kecermatan, mudah beradaptasi, pembelajar, kejujuran, kreatif, dan inovatif
2.	Pengetahuan tentang pemeliharaan (<i>maintenance</i>)	Komunikasi, ketelitian, kecermatan, mudah beradaptasi, pembelajar, kejujuran, kreatif, dan inovatif
3.	Pengetahuan tentang dokumen kerja (<i>paper works</i>)	Komunikasi, ketelitian, kecermatan, mudah beradaptasi, pembelajar, kejujuran, kreatif, dan inovatif



B. Persiapan Pembelajaran

Guru dapat menyusun rancangan pembelajaran sebagai persiapan pembelajaran pada bab ini. Penyusunan rancangan pembelajaran berbasis pada karakteristik dan kebutuhan peserta didik dalam mencapai tujuan pembelajaran. Tujuan pembelajaran selanjutnya dapat diturunkan menjadi Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) dan selanjutnya dapat membuat modul ajar.

Guru dapat menyiapkan berbagai sumber pembelajaran, seperti buku manual, buku pengayaan, video pembelajaran, dan unit alat berat yang dimiliki sekolah. Selain itu, jika dibutuhkan kunjungan ke dealer untuk melihat unit alat berat karena di sekolah tidak memilikinya. Jika diperlukan kunjungan ke dealer, guru perlu membuat janji dan permohonan izin berkunjung terlebih dahulu. Selain itu, guru juga membuat jadwal dan menyiapkan peserta didik yang akan dibawa berkunjung ke dealer.

C. Kegiatan Pembelajaran

Sebelum memasuki materi, guru dapat menampilkan video yang menggugah peserta didik untuk tertarik mempelajari bab ini. Video yang ditampilkan dapat berupa gambaran mekanik alat berat, operator alat berat, atau unit alat berat yang sedang beroperasi di lahan tambang, dan lain sebagainya. Dengan melihat video ini diharapkan peserta didik dapat memiliki gambaran mengenai bab ini. Video dapat diperoleh dengan mencari di internet (YouTube) atau memanfaatkan video yang sudah dibuat sekolah atau rekan guru (teman sejawat).

Aktivitas 7.1

Aktivitas 7.1 merupakan aktivitas kelompok. Pada aktivitas ini, peserta didik secara mandiri mengidentifikasi simbol-simbol pada *machine* atau OMM. Pada aktivitas ini, guru dapat memberikan pengantar sebelum diskusi dimulai dengan menayangkan video tentang simbol-simbol pada *machine* alat berat. Hal itu sebagai penggugah minat peserta didik dalam menggali informasi yang akan didiskusikan antara kelompok di kelas.

Peserta didik sebelumnya telah mempelajari tentang perawatan unit alat berat. Selanjutnya, untuk menguatkan pemahaman tentang materi ini, peserta didik mengidentifikasi simbol-simbol yang ada pada *machine* atau OMM yang ada di sekolah. Peserta didik menulis atau menggambar hasil identifikasi simbol-simbol di buku tugas masing-masing sesuai hasil temuan pada *machine* atau OMM.





Aktivitas 7.2

Aktivitas 7.2 merupakan aktivitas kelompok. Pada aktivitas ini, peserta didik bekerja sama melakukan pekerjaan *periodic inspection* dan *periodic service*. OMM. Pada aktivitas ini, guru dapat memberikan pengantar sebelum diskusi dimulai dengan menayangkan video tentang *machine/unit* pekerjaan *periodic inspection*, dan *periodic service*. Hal itu sebagai penggugah minat peserta didik dalam menggali informasi yang akan didiskusikan antara kelompok di kelas.

Pada aktivitas ini, peserta didik diminta menyusun JSA untuk pekerjaan *periodic inspection* dan *periodic service* pada *machine/unit/engine* alat berat. Selain itu, peserta didik melakukan pekerjaan *periodic inspection* pada *machine/unit/engine* alat berat. Peserta didik juga melakukan pekerjaan *periodic service* pada *machine/unit/engine* alat berat. Peserta didik membuat laporan dengan bekerja sama dengan anggota kelompoknya.

D. Refleksi Guru

Bagian refleksi guru mengajak peserta didik untuk merasakan semua yang telah dialami selama proses pembelajaran berlangsung. Bagian manakah peserta didik merasakan kemudahan dan dapat belajar secara efektif? Lingkungan dan situasi seperti apa yang mendukung pembelajaran? Pada bagian refleksi ini peserta didik diajak untuk merefleksikan diri, kapan dirinya kurang antusias dalam pembelajaran. Jika mengalami hal yang serupa, pada masa mendatang apa yang harus dilakukan agar pembelajaran dapat berjalan dengan baik?

E. Asesmen

Asesmen terdapat pada tiap akhir bab adalah asesmen formatif untuk menilai perkembangan kompetensi peserta didik yang dipelajarinya. Penyusunan asesmen mengacu pada tujuan pembelajaran (TP). Fungsi asesmen adalah sebagai alat untuk mengukur ketercapaian TP, baik aspek pengetahuan, keterampilan, dan sikap.

1. Rubrik Penilaian

Pada rubrik penilaian ini ada tiga aspek yang akan diukur, yaitu pengetahuan, keterampilan, dan sikap. Untuk pengetahuan guru dapat memberikan soal-soal yang dapat mengukur

kemampuan peserta didik dengan pembobotan sebagaimana umumnya penilaian pengetahuan dengan skor minimal 80 %. Untuk Keterampilan guru dapat menilai peserta didik ketika melakukan proses kerja dengan pendekatan Uji Sertifikasi Kompetensi (USK) sebagaimana format berikut ini.

Tabel 7.4 Rubrik Penilaian Pengetahuan dan Keterampilan

No.	Elemen	Kriteria Unjuk Kerja*	Benchmark (SOP/spesifikasi produk industri)	Rekomendasi		Penilaian Lanjut
				K	BK	
1.				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Tabel 7.5 Rubrik Penilaian Sikap

Aspek	Sangat Baik	Baik	Cukup	Kurang
Disiplin	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas sebelum waktunya.	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas tepat waktu.	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas 1-2 menit dari waktu yang ditentukan.	Peserta didik berhasil menyelesaikan tugas lebih dari 3 menit dari waktu yang ditentukan.
Ketelitian	Peserta didik melaksanakan tugas dengan baik dan tepat.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan baik, tetapi kurang tepat.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan cukup baik, tetapi kurang tepat.	Peserta didik melaksanakan tugas, tetapi kurang baik dan kurang tepat.
Tanggung jawab	Peserta didik selalu melaksanakan seluruh tugas dan kewajiban dengan baik.	Peserta didik sudah menjalankan tugas dan kewajiban dengan baik.	Peserta didik kadang-kadang menjalankan tugas dan kewajiban yang seharusnya dilakukan.	Peserta didik belum menjalankan tugas dan kewajiban yang semestinya dilakukan.



Aspek	Sangat Baik	Baik	Cukup	Kurang
Mandiri	Peserta didik melaksanakan tugas sendirian tanpa dibantu orang lain.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan sedikit diberi petunjuk/bantuan dari guru.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan dibimbing guru.	Peserta didik melaksanakan tugas dengan mencontoh.

2. Soal Asesmen

Guru dapat menggunakan materi asesmen pada buku siswa. Guru juga dapat mengembangkan materi asesmen sendiri yang lebih relevan dengan situasi di lingkungan sekolah. Khusus untuk asesmen *soft skills*, guru dapat mengembangkan model sendiri dengan menggunakan model berikut sebagai contoh atau model lain yang lebih relevan.

Pertanyaan

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!



Jawaban

1. Sebelum mengoperasikan *machine*/unit alat berat, ada beberapa pekerjaan yang harus terlebih dahulu dilakukan agar *machine* bekerja dengan baik dan aman. Pekerjaan tersebut, yaitu
 - a. melakukan pengecekan sebelum men-*starting engine*,
 - b. men-*starting engine*,
 - c. melakukan pengecekan setelah *starting engine*, dan
 - d. mematikan *engine*.
2. Sebelum *engine start* ada beberapa prosedur perawatan harian yang harus dikerjakan. Silakan merujuk pada OMM unit/*machine* yang peserta didik miliki. Pekerjaan tersebut, yaitu
 - a. membersihkan kaca jendela *machine* dari kotoran,
 - b. melakukan *walk around inspection*,
 - c. membersihkan semua kotoran pada permukaan lampu depan dan lampu kerja *machine* dan melakukan pemeriksaan fungsi dari lampu tersebut telah bekerja dengan benar.
 - d. memeriksa level cairan pendingin, level bahan bakar, dan level oli *engine*,
 - e. memeriksa ada atau tidak ada penyumbatan pada *air cleaner*,
 - f. memeriksa ada atau tidak ada kerusakan pada kabel listrik,
 - g. memeriksa apakah tidak ada lumpur atau debu yang terkumpul di sekitar bagian pedal yang dapat digerakkan dan memeriksa apakah pedal berfungsi dengan baik,
 - h. menyesuaikan kursi operator ke posisi yang memudahkan pelaksanaan operasi dan memeriksa apakah tidak ada kerusakan atau keausan pada sabuk pengaman,
 - i. memeriksa apakah pengukur/*gauge* berfungsi dengan baik, periksa sudut cermin, dan memeriksa apakah tuas pengontrol semua dalam posisi netral,
 - j. memeriksa apakah tuas pengunci dalam posisi *lock* sebelum menghidupkan *engine*,
 - k. menyesuaikan kaca spion sehingga bagian belakang *machine* dapat terlihat jelas dari kursi operator,
 - l. memastikan tidak ada orang atau halangan di atas, di bawah, atau di area seputar *machine*.



3. Setelah *machine*/unit alat berat siap dioperasikan, berdasarkan OMM ada peringatan yang harus diperhatikan oleh seorang operator. Silakan merujuk OMM yang peserta didik miliki. Peringatan yang diperhatikan, sebagai berikut.
 - a. Sebelum mengoperasikan *travel levers* atau *travel pedals*, pastikan arah dari *track frame*.
 - b. Sebelum *starting machine*, pastikan area sekitar *machine* aman dan bunyikan klakson.
 - c. Jangan ada orang yang memasuki area kerja *machine*.
 - d. Bersihkan jalur perjalanan dari hambatan.
 - e. Berhati-hatilah ketika berjalan mundur karena ada beberapa titik area yang tidak terlihat.
 - f. Berhati-hatilah ketika mengoperasikan *travel levers* atau *travel pedals* ketika *auto deceleration* diaktifkan.
 - g. Pastikan suara alarm normal ketika *machine* berjalan.
4. Perbedaan antara *basic symbols*, *system symbols*, *advanced symbols*, *additional symbols*, dan *safety symbols* adalah sebagai berikut.
 - a. *Basic symbols* adalah simbol-simbol dasar yang digunakan pada *machine*.
 - b. *System symbols* adalah simbol-simbol yang digunakan untuk mengidentifikasi sistem pada suatu *machine*.
 - c. *Advanced symbols* adalah gabungan dari *basic symbols* dengan *system symbols*.
 - d. *Additional symbols* 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.
 - e. *Basic safety symbols* adalah simbol-simbol panduan *safety* bagi *service* berkala, berisi petunjuk *safety* yang harus diikuti.
5. Cakupan dari pekerjaan *maintenance*, sebagai berikut.
 - a. Pengecekan (*inspection*)
 - b. Penggantian (*replace*)
 - c. Penyetelan (*adjusting*)
 - d. Perbaikan (*repair*)
 - e. Pengetesan (*testing*)
 - f. Pelumasan (*lubrication*)



6. Perbedaan antara *periodic inspection* dan *periodic service*, sebagai berikut.

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*).

Servis Berkala (*periodic service*), kegiatan servis berkala biasanya dilakukan dalam interval 250 jam operasi. Kegiatan *service* berkala cakupan pekerjaan lebih luas dibandingkan dengan kegiatan inspeksi berkala. Kegiatan ini biasanya mencakup seluruh kegiatan pemeliharaan alat (inspeksi, penggantian, penyetelan, perbaikan, dan pengetesan komponen).

7. Silahkan peserta didik merujuk OMM yang dimiliki. Jenis oli *engine* dan berapa kapasitasnya jika kita melakukan penggantian, yaitu Komatsu EOS0W30, EOS5W40, EO10W30-DH, EO15W40-DH, EO30-DH. *Specified capacity/refill capacity* 25.4 liter/6.71 US gal.
8. Prosedur pemasangan *engine oil filter* yang baru berdasarkan OMM yang dimiliki, yaitu sebagai berikut.
- Bersihkan *filter holder*.
 - Isi *cartridge filter* baru dengan *engine oil* yang bersih.
 - Oleskan oli bersih pada seal *cartridge filter*.
 - Pasang *cartridge filter* pada *filter holder*.
9. Prosedur membersihkan *primary air filter* berdasarkan OMM yang dimiliki, yaitu sebagai berikut.
- Buka pintu belakang *machine* sebelah kiri.
 - Lepaskan *plat pengait* penutup *primary air filter*.
 - Lepaskan penutup *primary air filter*.
 - Pegang elemen luar *primary air filter*, goyangkan perlahan ke atas dan ke bawah serta ke kiri dan ke kanan dan putar elemen ke kiri, ke kanan untuk menarik keluar.
 - Setelah *primary air filter* terlepas periksa apakah elemen dalam tidak keluar pada posisinya dan tidak miring. Jika miring luruskan kembali.



- f. Setelah *primary air filter* terlepas tutup *secondary air filter* dengan kain bersih untuk mencegah kotoran dan debu.
 - g. Bersihkan kotoran yang menempel pada penutup dan bagian dalam *housing air filter*.
 - h. Bersihkan kotoran atau debu yang terkumpul pada *valve evacuator*.
 - i. Arahkan udara kering bertekanan kurang dari 0.2 Mpa (2.1 kg/cm², 30 Psi) ke elemen luar dari dalam sepanjang lipatannya, lalu arahkan dari luar sepanjang lipatannya dan lakukan secara berulang-ulang.
 - j. Jika ditemukan lubang kecil atau bagian yang lebih tipis pada *primary air filter* saat diperiksa dengan menyinarinya dengan cahaya setelah dibersihkan makan ganti *primary air filter* tersebut.
 - k. Lepas kain yang menutupi *secondary air filter* dan periksa apakah tidak ada kotoran atau oli yang menempel .
 - l. Pasang kembali *primary air filter* dan penutupnya kembali.
10. Perbedaan dari PAP, PPM, dan P2U, sebagai berikut.

PAP (Program Analisa Pelumas) merupakan program untuk menganalisis kondisi unit dengan cara memeriksa kandungan material yang terdapat pada pelumas tiap komponen. PPM (Program Pemeriksaan Mesin) merupakan program pemeliharaan yang dilakukan berdasarkan kondisi aktual alat berat yang didapatkan dari program pemeriksaan sebelumnya.

P2U (Program Pemeliharaan *Undercarriage*) merupakan program pemeliharaan yang dilakukan berdasarkan kondisi aktual alat berat yang didapatkan dari program pemeriksaan sebelumnya.

F. Sumber Belajar

Guru dapat memperkaya pengetahuan, keterampilan, dan pengalaman sebagai pengajar untuk mengembangkan potensi diri secara maksimal. Sumber belajar yang dapat digunakan dalam materi pada Bab 7 oleh guru, antara lain, buku-buku suplemen dan bahan referensi berikut.

1. *Specification Handbook*

Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Preventive Maintenance. Caterpillar, 2005

Modul Teknisi Layanan Caterpillar Contamination Control. Caterpillar, 2005

Pemeriksaan Hydraulic Oil Level pada Excavator. United Tractors, 2024



2. *Manual Book*

Operation & Maintenance Manual Hydraulic Excavator PC 200-8M0

3. *Website* yang relevan dan terpercaya

G. Lembar Kegiatan Siswa

Lembar kegiatan untuk peserta didik dapat dikembangkan dari materi yang sudah tertera dalam buku siswa, terutama materi penugasan baik yang bersifat individu maupun kelompok. Lembar kegiatan ini dapat bersifat individu maupun kelompok yang terintegrasi di dalam aktivitas-aktivitas. Penugasan pada bagian ini mencakup aspek inkuiri, seperti praktik melakukan pengisian dokumen kerja, *periodic inspection dan periodic service* pada *machine/unit* alat berat.

H. Kegiatan Tindak Lanjut

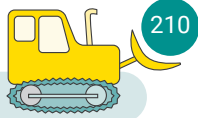
Kegiatan tindak lanjut setelah pembelajaran dalam bab ini dilakukan pada bab selanjutnya. Tindak lanjut berupa perbaikan cara memfasilitasi pembelajaran selanjutnya berdasarkan refleksi sendiri oleh guru. Guru menggunakan cara yang lebih tepat dengan cara belajar peserta didik di lingkungan sekolah masing-masing. Selain itu, kegiatan tindak lanjut didasarkan pada hasil asesmen yang dilakukan, baik asesmen formal di akhir pembelajaran maupun asesmen informal, seperti pengamatan oleh guru setiap harinya.

Pengayaan yang disajikan dalam buku siswa dapat dimanfaatkan bagi peserta didik yang telah tuntas mencapai tujuan pembelajaran. Pengayaan dapat menambah wawasan peserta didik tentang perawatan unit alat berat. Selain itu, guru membentuk kegiatan tutorial dengan menggunakan tutor sebaya. Peserta didik yang tertinggal dalam pelajaran sebelumnya dapat belajar bersama dengan peserta didik yang terdepan dalam pembelajaran.



Glosarium

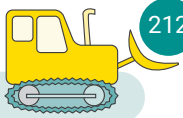
- asesmen** : kegiatan mengumpulkan, menganalisis, dan menginterpretasi data atau informasi tentang peserta didik dan lingkungannya untuk memperoleh gambaran tentang kondisi individu dan lingkungannya sebagai bahan untuk memahami individu dan pengembangan program layanan bimbingan dan konseling yang sesuai dengan kebutuhan.
- alat berat** : mesin besar yang digunakan dalam proyek konstruksi, pertambangan, dan industri lainnya untuk memudahkan pekerjaan berat, seperti penggalian, pemindahan material, dan pengerasan tanah.
- bulldozer** : alat berat yang dilengkapi dengan bilah logam besar (*blade*) di depannya, digunakan untuk mendorong tanah, batu, atau material lainnya dalam jumlah besar.
- crane** : alat berat yang digunakan untuk mengangkat dan memindahkan material berat secara vertikal dan horizontal, terdiri dari menara (*tower*) atau *boom* dan kabel yang dapat dioperasikan untuk mengangkat beban.
- diesel** : jenis *engine* yang menggunakan bahan bakar solar
- elektrik** : rangkaian fenomena fisika yang berhubungan dengan kehadiran dan aliran muatan listrik.
- elektronik** : alat yang dibuat berdasarkan prinsip elektronika serta hal atau benda yang menggunakan alat tersebut.
- harvester** : alat berat yang digunakan untuk menebang, mengupas kulit, dan memotong pohon menjadi bagian-bagian yang lebih kecil, dilengkapi dengan kepala *harvester* yang dapat melakukan berbagai tugas secara otomatis.
- hard skill** : keterampilan teknis yang khusus untuk menyelesaikan suatu pekerjaan tertentu.
- hydraulic** : teknologi yang memanfaatkan zat alir, jika diberi tekanan akan merambat ke segala arah dengan tidak bertambah atau berkurang kekuatannya.



kebinekaan	: keberagaman; hal yang beragam.
kreatif	: memiliki daya cipta, memiliki kemampuan untuk menciptakan.
kompetensi	: kemampuan, kecakapan, atau keahlian menguasai dan melakukan suatu tugas yang meliputi kecakapan dalam hal keterampilan, pengetahuan, dan sikap.
manual book	: 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 & maintenance manual</i> (OMM), <i>shop manual</i> (SM), dan <i>parts book</i> .
nonteknis	: tidak bersifat teknis; tidak menerapkan (menggunakan) suatu teknik.
paradigma	: kerangka berpikir; model dalam teori ilmu pengetahuan.
parts book	: 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.
pengayaan	: kegiatan mengayakan dan memperbanyak pengetahuan.
pemantik	: pemicu; pertanyaan pemantik artinya pertanyaan yang dapat memicu pengetahuan peserta didik.
piston valve	: 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 <i>hydraulic</i> dengan mengalirkan cairan <i>hydraulic</i> ke seluruh sistem.
refleksi	: gambaran hasil dari suatu kegiatan tercapai atau belum tercapai, mengerti atau belum mengerti dalam memahami suatu materi.
rubrik	: petunjuk resmi yang mengatur tata laksana suatu kegiatan.
simbol	: lambang; tanda yang mempresentasikan tentang ide, konsep, atau objek.
shop manual	: buku panduan yang digunakan sebagai petunjuk pekerjaan perawatan dan perbaikan sebuah produk.
soft skill	: suatu keterampilan nonteknis yang berhubungan dengan pribadi dan antarpribadi dalam menyelesaikan pekerjaan apa pun, contohnya berpikir kritis, kreatif, empati, dan kolaborasi.



- tutor** : orang yang memberi pelajaran (membimbing) kepada seseorang atau sejumlah kecil peserta didik.
- vacuum valve** : katup yang berfungsi untuk mencegah tekanan negatif atau vakum yang tidak diinginkan dalam sistem yang dapat menyebabkan kerusakan atau keruntuhan komponen.
- wire (kawat)** : konduktor listrik yang lebih kecil daripada kabel, digunakan untuk menghubungkan komponen-komponen kelistrikan.
- 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.
- Dewanti, Binar Ayu. "Comparing Student Creativity Skills in Experiment-Based Project-Based Science Learning". Prisma Sains. Vol. 10, No.3, 2022.
- 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.
- Ndari, Wulan, dkk., "Implementation of the Merdeka Curriculum and Its Challenges", *European Journal of Education and Pedagogy*, 2023.
- Sumbodo, Wirawan, dkk., "Implementation of Partnership management Model of SMK (Vocational High School) with Existing Industries in Mechanical Engineering Expertise in Central Java", AIP Conference Proceedings, 2018.
- Tim Penyusun. "Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI Daring, versi 1.0.0 (100)". Badan Pengembangan Bahasa dan Perbukuan, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. 2023.
- Tim SMK Bidang Keahlian Teknologi dan Rekayasa Program Keahlian Teknik Alat Berat. *Hidrolik Alat Berat*. Jakarta: United Tractors, 2020.
- Toyota. *New Step 1 Training Manual*. Jakarta, 2011.
- 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.



Sumber Kredit Gambar

Gambar awal Panduan Umum: diilustrasi ulang dari foto dengan sumber: Margono R. Atmodjo

Gambar 1.2 : Shop Manual Komatsu D375-5

Gambar 1.3; 4.5; 4.7; 4.8: Shop Manual Komatsu PC200-8

Gambar 1.4: Shop Manual Komatsu GD705-5

Gambar 1.5: Shop Manual Komatsu HD785-7

Tabel 2.6; 2.7; 2.8; 2.9; 2.14: Schematic 776D, Tractor/Off-Highway Trucks, Hydraulic Schematic, Caterpillar, 1999.

Gambar 2.7: kelistrikan.com

<<https://kelistrikan.com/jenis-saklar-lampu-rumah/>>

part.cat.com

<<https://parts.cat.com/en/catcorp/9G-7641>>

Gambar 2.8; 2.9: OMM PC 200-8, halaman 2 – 6

Gambar 2.10; 2.15; 2.16; 2.17: Komatsu, 2010, Shop Manual Dump Truck HD 785-7 pages 1807, Printed in Japan

Gambar 2.11; 2.12: Part book PC 30SE-7 Hydraulic Excavator

Tabel 2.15: Schematic 416C, Backhoe Loaders, Electrical System, Caterpillar, 1996.

Gambar 3.2: 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://www.howacarworks.com/illustrations/engine-with-overhead-camshaft> <https://www.howacarworks.com/basics/the-engine-how-the-valves-open-and-close>

Gambar 3.3: Shop Manual 107E-1 series Engine, Komatsu, 2006, Printed in USA

Gambar 3.4: Shop Manual 107E-1 series Engine , Komatsu, 2006, Printed in USA

Gambar 3.5: Edi Fakhrin

Gambar 3.6: tacomatruck.repair

< <https://www.trucksales.com.au/editorial/details/the-importance-of-clean-air-138464/>>

Gambar 4.4: Shop Manual Komatsu D85SS-2A

Gambar 4.6: Komatsu Hydraulic System/Margono/2021

Tabel 4.6; 4.7; 4.8: Shop Manual Komatsu PC200-8

Gambar 5.2; 5.3; 5.5: Shop Manual Komatsu D85SS-2A

Gambar 5.4: Basic of Electrical Component, 2018



Sumber YouTube

Aktivitas 1.3

Tautan 1: <https://www.komatsu.com/en/products/forklifts/>

Tautan 2: <https://www.komatsuforest.com/>

Aktivitas 1.4

Tautan 1: <https://www.bomag.com/ww-en/>

Tautan 2: <https://www.tadano.com/businesses/products/LC/index.html>

Tautan 3: <https://www.scania.com/>

Aktivitas 4.11

Tautan 1: <https://www.youtube.com/watch?v=GaLcwuoumjl>

Tautan 2: <https://www.youtube.com/watch?v=qt4dfaeWaFE>

Tautan 3: <https://www.youtube.com/watch?v=5LotINOb9YQ>

Indeks

A

accumulator 67
actuator 4, 6, 22, 70, 71, 137
air intake 6, 20, 94, 95, 107, 116, 117
alternator 24, 165, 166, 169, 175
asesmen 13, 14, 15, 32, 50, 56, 58, 59, 61, 86,
87, 88, 92, 94, 96, 98, 115, 116, 120, 122,
144, 150, 152, 173, 178, 180, 182, 185, 189,
191, 194, 196, 197, 200, 202, 204, 209, 210

B

backhoe 212
baterai 4, 7, 23, 152, 153, 156, 157, 158, 164,
165, 170, 174, 175
battery 83, 85, 88
blade 39, 43, 53, 147, 210
bulldozer 5, 17, 32, 38, 39, 40, 41, 52, 53, 127,
210

C

circuit 3, 5, 136
compactor 5, 18, 32, 35, 36, 37, 47, 48
cooling 3, 6, 21, 42, 43, 44, 46, 95, 98, 105, 113,
114, 116, 117
cooling system 3, 6, 21, 95, 98, 105, 113, 114,
116, 117
crane 5, 18, 32, 35, 36, 37, 47, 48, 127, 183,
210
critical thinking 58, 94, 171, 180, 196
cylinder head 81, 104, 105, 106, 107, 117

D

diagram 3, 5, 9, 12, 19, 58, 59, 68, 72, 73, 81,
82, 84, 86, 89, 90, 92, 164, 171, 176
diesel 3, 6, 20, 52, 94, 95, 97, 100, 101, 102,
104, 107, 109, 110, 112, 115, 117, 118, 119,
120, 210
diode 90
dump 5, 17, 18, 32, 35, 36, 37, 38, 44, 45, 46,
47, 54, 183
dump truck 5, 17, 18, 32, 35, 36, 37, 38, 44, 45,
46, 47, 54, 183

E

electric 3, 4, 5, 19, 26, 71, 84, 155, 181, 187,
188, 190, 191, 192
elektrik 5, 23, 24, 58, 59, 72, 83, 84, 86, 90, 157,
158, 170, 171, 173, 210
elektronik 5, 58, 59, 60, 72, 210
engine 3, 4, 5, 6, 7, 18, 20, 28, 30, 32, 35, 36,
37, 47, 52, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102,
104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 112, 113,
114, 115, 117, 118, 119, 120, 141, 142, 165,
171, 172, 184, 191, 192, 202, 204, 205, 210
excavator 5, 17, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41,
48, 53, 127, 139, 141, 148, 183
exhaust system 6, 20, 94, 95, 96, 98, 99, 107,
116, 117

F

flow control 124
fuel 3, 6, 20, 54, 95, 97, 98, 103, 109, 110, 116,
117, 118



fuel system 3, 6, 20, 95, 116, 117
fuse 7, 23, 152, 153, 157, 160, 164, 165, 170

G

gear 42, 43, 44, 45, 46, 107, 112, 113, 133, 165, 191, 192
generator 192
glow plug 109, 110, 111
ground 49, 83

H

hard skill 3, 13, 14, 210
harvester 5, 17, 32, 35, 36, 37, 47, 210
hydraulic 3, 4, 5, 6, 7, 12, 17, 18, 19, 21, 22, 32, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 48, 53, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 67, 68, 69, 71, 72, 81, 82, 86, 88, 89, 112, 113, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 132, 133, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 147, 148, 150, 192, 210, 211

I

idler 41, 184, 193
inkuiri 92, 120, 194, 209
intake 6, 20, 94, 95, 96, 98, 99, 102, 103, 104, 107, 108, 116, 117, 118

J

joint 4, 6, 22, 41, 122, 123, 126, 184, 193

K

katup 22, 122, 123, 126, 127, 128, 147

L

loader 5, 17, 32, 35, 36, 37, 42, 44, 53, 193

lubricating 3, 6, 20, 95, 98, 105, 112, 116, 117
lubricating system 3, 6, 20, 95, 98, 105, 112, 116, 117

M

manual book 2, 3, 5, 19, 44, 46, 58, 59, 60, 62, 92, 132, 134, 135, 137, 138, 139, 140, 142, 143, 149, 163, 169, 170, 177, 211
mechanical power build up system 6, 20, 94, 95, 116
mekanik 12, 14, 51, 52, 53, 54, 63, 72, 92, 97, 100, 145, 146, 147, 186, 192, 201, 211
motor grader 5, 17, 32, 35, 36, 37, 38, 43, 44, 52

O

ohm 111
oil cooler 4, 6, 22, 122, 123, 126
operation 19, 211
operator 12, 13, 39, 63, 100, 186, 201, 204, 205, 206

P

part book 3, 5, 19
piston 43, 45, 46, 102, 103, 117, 118, 119, 130, 142
pompa 21, 65, 110, 122, 123, 126, 127, 128, 132, 141, 146, 211
power 4, 25, 40, 42, 45, 46, 77, 78, 100, 101, 102, 103, 104, 118, 119, 179, 180, 181, 191, 192, 193
power train 3, 4, 7, 25, 26, 27, 41, 43, 44, 180, 181, 182, 183, 194
project based learning 15, 58, 94, 180, 196



L

refleksi 13, 14, 32, 33, 37, 49, 56, 58, 61, 85, 92,
94, 98, 114, 120, 123, 128, 143, 150, 153,
157, 158, 172, 178, 180, 185, 189, 194, 196,
200, 202, 209, 211

relay 85, 152, 164, 165, 170, 174, 175, 176

ripper 39, 53, 147

S

safety relay 152, 164, 165, 170, 174, 175, 176

silinder 68, 69, 71, 104, 110, 136

simbol 3, 5, 12, 19, 27, 58, 59, 60, 61, 62, 63,
64, 65, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 76, 77, 86, 88,
89, 90, 92, 196, 201, 206

soft skill 1, 13, 37, 62, 99, 128, 158, 185, 200

spool 43

sprocket 40, 193

starting motor 24, 152, 160, 163, 164, 165, 170

T

track 40, 49, 184, 193

track link 184, 193

track roller 193

track shoe 193

turbocharger 98, 108

U

undercarriage 3, 4, 25, 26, 27, 180, 181, 182,
185, 190, 191, 193, 194

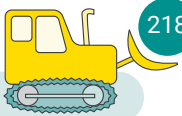
V

valve 4, 6, 22, 41, 43, 49, 63, 64, 68, 69, 70, 71,
72, 82, 88, 89, 102, 103, 105, 106, 107, 114,
117, 118, 119, 122, 123, 126, 127, 128, 133,
134, 135, 137, 141, 146, 208

W

wire 4, 7, 23, 152, 153, 157, 160, 211

wiring 3, 5, 12, 73, 84, 211



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:

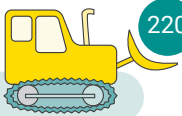
1. S-1 Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Malang, 1997-2001
2. S-2 Manajemen Pendidikan Islam IAIN Samarinda, 2016-2020

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):

1. Guru Mapel Kejuruan Teknik Alat Berat

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. S-1 Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Negeri Yogyakarta, 1995–2001

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):

1. Tidak ada

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



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/17ljsuiacXxHdvSU4QrOLbB-yH50kEkDh/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):

Membaca Tanpa Air Mata, 2023, Pusat Perbukuan, Kemendikbudristek

Judul Karya Tulis dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

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)

