



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

KONSTRUKSI JALAN, IRIGASI, DAN JEMBATAN

Arum Fajar V
Galeh Nur Indriatno P

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.

**Konstruksi Jalan, Irigasi, dan Jembatan
untuk SMK/MAK Kelas XI**

Penulis

Arum Fajar Vebrianingtyas
Galeh Nur Indriatno Putra Pratama

Penelaah

Dian Eksana Wibowo
Ika Rahmawati Suyanto

Penyelia/Penyelaras

Supriyatno
Wijanarko Adi Nugroho
Erlina Indarti
Irma Afriyanti

Kontributor

Chairur Razikin
Cok Iwin Wijaya Winardi
Dina Kusumaningrum

Ilustrator

Ahmad Riyadhil Hadi

Editor

Andriansyah
Erlina Indarti

Editor Visual

Maya Lestari

Desainer

Ingrid Pangestu

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 978-634-00-0195-2 (no.jil.lengkap)
ISBN 978-634-00-0196-9 (jil.1 PDF)

Isi buku ini menggunakan huruf Noto Serif 10/18pt, Open Font License & Apache License.
xiv, 322 hlm.: 21 x 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, Agustus 2024

Kepala Pusat,

Supriyatno

NIP 196804051988121001



Prakata

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah Swt. yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusunan buku ini dapat kami selesaikan dengan baik dan lancar sesuai harapan. Buku ini merupakan buku bacaan dan panduan bagi siswa-siswi guna mendorong peserta didik dapat menguasai materi mata pelajaran Konstruksi Jalan, Irigasi, dan Jembatan. Tujuan penyusunan buku ini adalah sebagai bahan ajar yang menjadi salah satu referensi atau inspirasi sumber belajar serta dijadikan contoh atau rujukan dalam mengikuti pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik, potensi, dan kebutuhan peserta didik.

Buku siswa ini dikembangkan dengan pendekatan pembelajaran berbasis aktivitas yang mendorong siswa untuk kreatif, komunikatif, kolaborasi, dan adaptif. Konten buku menyajikan contoh nyata di dunia konstruksi, terutama pekerjaan konstruksi jalan, jembatan, dan irigasi. Materi yang disajikan dalam buku ini juga disesuaikan dengan perkembangan keilmuan dan teknologi termasuk penerapan industri sehingga memberikan wawasan terkini dan luas bagi siswa-siswi.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh tim pengolah buku yang telah membantu dalam penyelesaian keseluruhan buku. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada para pereviu, responden, dan informan yang telah memberikan masukan dan pendampingan selama penulisan dan penyelesaian buku. Selain itu, penulis senantiasa menerima dan mengharap dengan senang hati atas saran, masukan, dan kritikan yang membangun demi meningkatkan kualitas buku teks utama sebagai bahan ajar siswa ini.

Jakarta, Desember 2024

Penulis



Daftar Isi



Bab I Pengukuran dan Survei Pemetaan	1
Tujuan Pembelajaran	2
Kata Kunci.....	2
Peta Konsep	3
Apersepsi.....	4
A. Pengukuran dan Survei Pekerjaan Jalan	5
1. Pengukuran dan Survei Pemetaan Pekerjaan Jalan.....	5
2. Evaluasi Hasil Pengukuran dan Penyusunan Laporan Pengukuran pada Pekerjaan Jalan	16
B. Pengukuran dan Survei Pekerjaan Irigasi	19
1. Tahapan Pengukuran dan Survei Pemetaan Pekerjaan Irigasi.....	19
2. Evaluasi Hasil Pengukuran dan Penyusunan Laporan Pengukuran pada Pekerjaan Irigasi	26
C. Pengukuran dan Survei Pemetaan Pekerjaan Jembatan	29
1. Tahapan Pengukuran dan Survei Pemetaan Pekerjaan Jembatan.....	29
2. Evaluasi Hasil Pengukuran Pekerjaan Jembatan	34
Uji kompetensi.....	36
Pengayaan.....	37
Refleksi.....	38
Bab II Mekanika Teknik Konstruksi Jalan, Irigasi, dan Jembatan.....	39
Tujuan Pembelajaran	40
Kata Kunci.....	40
Peta Konsep	41
Apersepsi.....	42
A. Mekanika Teknik pada Konstruksi Jalan	44
1. Penerapan Mekanika Teknik Konstruksi Jalan.....	44
2. Perhitungan Dimensi Konstruksi Jalan.....	48
3. Langkah-langkah Perencanaan Konstruksi Jalan	48
4. Perhitungan Konstruksi Jalan.....	50



B. Mekanika Teknik pada Konstruksi Irigasi	54
1. Penerapan Mekanika Teknik Konstruksi Irigasi	54
2. Perhitungan Dimensi Konstruksi Irigasi	54
3. Langkah-langkah Perhitungan	60
C. Mekanika Teknik pada Konstruksi Jembatan.....	67
1. Penerapan Mekanika Teknik Konstruksi Jembatan.....	67
2. Perhitungan Dimensi Konstruksi Jembatan	68
Uji kompetensi.....	74
Pengayaan.....	75
Refleksi.....	76



Pelaksanaan, Pengawasan, dan Pemeliharaan Konstruksi Jalan . 77


Tujuan Pembelajaran	78
Kata Kunci.....	78
Peta Konsep	79
Apersepsi.....	80
A. Pelaksanaan, Pengawasan, dan Pemeliharaan pada Proyek Konstruksi jalan.....	82
1. Pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi Jalan	83
2. Pengawasan Pekerjaan Konstruksi Jalan	99
3. Pemeliharaan Pekerjaan Konstruksi Jalan	101
B. Perhitungan Konstruksi Perkerasan Jalan dan Konstruksi Bangunan Pengaman	105
1. Konstruksi Fondasi Jalan	105
2. Konstruksi Lapisan Jalan	113
3. Pembangunan Infrastruktur Pendukung Jalan	117
Uji kompetensi.....	118
Pengayaan.....	121
Refleksi.....	122



Pelaksanaan, Pengawasan, dan Pemeliharaan Konstruksi Irigasi 123

Tujuan Pembelajaran	124
Kata Kunci.....	124
Peta Konsep	125
Apersepsi.....	126



A. Perencanaan Konstruksi Irigasi	128
1. Perangkat Lunak untuk Konstruksi Irigasi.....	128
2. Tahapan Perencanaan Konstruksi Irigasi	140
B. Pelaksanaan, Pengawasan, dan Pemeliharaan Saluran Irigasi	149
1. Pokok (<i>Item</i>) Pekerjaan pada Pelaksanaan Konstruksi Saluran Irigasi	149
2. Pokok (<i>Item</i>) Pekerjaan Pengawasan pada Konstruksi Saluran Irigasi.....	155
3. Pokok (<i>Item</i>) Pekerjaan Pemeliharaan pada Konstruksi Saluran Irigasi.....	162
Uji kompetensi.....	171
Pengayaan.....	172
Refleksi.....	172
 Pelaksanaan, Pengawasan, dan Pemeliharaan	
Konstruksi Jembatan.....	173
Tujuan Pembelajaran	174
Kata Kunci.....	174
Peta Konsep	175
Apersepsi.....	176
A. Merencanakan Gambar Menggunakan Perangkat Lunak pada Pekerjaan	
Konstruksi Jembatan Sederhana	178
1. Prinsip Dasar Desain Jembatan.....	178
2. Menggambar dan Dokumentasi Desain	186
B. Melaksanakan Pengawasan Pada Pekerjaan Konstruksi Jembatan Sederhana	199
1. Prosedur Pengawasan Proses Konstruksi Jembatan	199
2. Keselamatan Kerja di Lapangan	213
C. Melaksanakan Pekerjaan Pemeliharaan pada Pekerjaan Konstruksi	
Jembatan Sederhana	220
1. Pemeliharaan Struktur dan Komponen Khusus.....	220
2. Prosedur Keamanan dan Keselamatan Saat Pemeliharaan pada Pekerjaan	
Konstruksi Jembatan	231
Uji kompetensi.....	237
Pengayaan.....	238
Refleksi.....	238



Estimasi Biaya Pekerjaan Konstruksi Jalan, Irigasi, dan Jembatan

239

Tujuan Pembelajaran	240
Kata Kunci.....	240
Peta Konsep	241
Apersepsi.....	242
A. Menghitung Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Jalan, Irigasi, dan Jembatan.....	243
1. Jenis-Jenis Pekerjaan Pada Konstruksi Jalan, Irigasi, dan Jembatan.....	243
2. Volume Pekerjaan Jalan, Irigasi, dan Jembatan.....	251
3. Harga Satuan Pekerjaan Jalan, Irigasi, dan Jembatan	270
B. Manajemen Proyek Konstruksi Jalan, Irigasi, dan Jembatan.....	283
1. <i>Network Planning</i>	283
2. <i>Time Schedule</i> dan Kurva S	289
Uji kompetensi.....	296
Pengayaan.....	299
Refleksi.....	300

Daftar Gambar

Gambar 1.1 Pengukuran dan Survey Pemetaan Pekerjaan Sipil.....	4
Gambar 1.2 Pengukuran Topografi Lintasan Utama Sirkuit Mandalika.....	6
Gambar 1.3 Pengukuran Geometri	7
Gambar 1.4 Pengukuran Geoteknik Jalan.....	8
Gambar 1.5 Trase Jalan Tol Semarang-Demak Seksi 1B	9
Gambar 1.6 Desain jalan Bendanpete-Buaran Jepara	10
Gambar 1.7 <i>Staking out</i> Pekerjaan Jalan Tol Semarang-Demak Paket 1B.....	13
Gambar 1.8 <i>Staking out</i> Pekerjaan Jalan Tol Semarang-Demak Paket 1B.....	13
Gambar 1.9 Profil Potongan Melintang Pekerjaan Jalan B.....	17
Gambar 1.10 Profil Potongan Melintang Pekerjaan Jalan B.....	17
Gambar 1.11 Pengukuran dan Survei Lokasi Pembangunan Talud dan Irigasi	20
Gambar 1.12 Survei Topografi Saluran Irigasi	21
Gambar 1.13 Pengukuran dan Survei Lokasi Pembangunan Talud dan Irigasi	21
Gambar 1.14 Saluran Irigasi.....	23
Gambar 1.15 Desain Dasar Bendungan	24
Gambar 1.16 Desain Dasar Bendungan	24
Gambar 1.17 Pengukuran Aliran Air	26
Gambar 1.18 Kemiringan Saluran irigasi	27
Gambar 1.19 Kemiringan Saluran irigasi	28
Gambar 1.20 Pengeboran Tanah	30
Gambar 1.22 Survei Topografi Proyek Pek. Jembatan Pandansimo	31
Gambar 1.21 Pengukuran Topografi Jembatan.....	31
Gambar 1.23 Desain Struktur Jembatan.....	32
Gambar 2.2 Jembatan di Pidie Aceh Roboh.....	42
Gambar 2.3 Jalan Amblas di Gubeng Surabaya.....	42
Gambar 2.1 Konstruksi Jembatan Ulee Raket Roboh di Aceh.....	42
Gambar 2.4 Jalan Amblas di Maluku.....	42
Gambar 2.5 Tanggul dan Saluran Irigasi Runtuh di Sragen	43
Gambar 2.6 Saluran Irigasi Ambrol di Majalengka.....	43
Gambar 2.7 Jalan Aspal.....	47
Gambar 2.8 Kegagalan Konstruksi Jalan	53
Gambar 2.9 Kegagalan Konstruksi Irigasi.....	55
Gambar 2.10 Bangunan Utama Irigasi.....	56
Gambar 2.11 Saluran Irigasi.....	56

Gambar 2.12	Parameter Penampang Melintang Saluran Irigasi.....	60
Gambar 2.13	Penampang Trapesium.....	62
Gambar 2.14	Distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam (<i>at rest</i>).....	63
Gambar 2.15	Distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam (<i>at rest</i>).....	64
Gambar 3.1	Proyek tol Semarang-Demak 27 km untuk Seksi 2 (Sayung-Demak)	80
Gambar 3.2	Jalan Raya	82
Gambar 3.3	Pekerjaan Persiapan Jalan Tol Jogja-Solo Paket 2.2.....	83
Gambar 3.4	Pekerjaan Pemasatan Tanah	86
Gambar 3.5	Pekerjaan Drainase Jalan	88
Gambar 3.6	Pekerjaan Fondasi Jalan, di Jalan Daeng Celak, Kota Tanjungpinang	90
Gambar 3.7	Pemasangan Plastik Sheet.....	91
Gambar 3.8	Pemasangan Dowel.....	92
Gambar 3.9	Uji <i>Slump</i> dan <i>Lean Concrete</i> Pekerjaan Jalan di Kec. Jepara	92
Gambar 3.10	Pengecoran Beton	93
Gambar 3.11	Pemasangan Curing Beton	95
Gambar 3.12	Penghamparan Campuran Aspal.....	95
Gambar 3.13	Pemasatan Lapisan Aspal.....	96
Gambar 3.14	Penambalan Jalan dengan Aspal hotmix.....	102
Gambar 3.15	Pekerjaan Bahu Jalan	102
Gambar 3.16	Pekerjaan Timbunan Drainase di Pasar 5 Samping Unimed	103
Gambar 3.17	Pekerjaan Pengecatan Markah Jalan di Aceh Barat	103
Gambar 3.18	Struktur lapisan fondasi jalan	112
Gambar 3.19	Konstruksi Lapisan Jalan	113
Gambar 4.1	Irigasi Bantarheulang Rusak.....	126
Gambar 4.2	Proyek Saluran Irigasi di Jombang Rusak.....	126
Gambar 4.3	Hancurnya Irigasi di Kabupaten Empat Lawang Sumatera Selatan.....	126
Gambar 4.4	Rusaknya Irigasi di Siantar	127
Gambar 4.5	Saluran Irigasi Ambrol di Keroncong	127
Gambar 4.6	Bangunan Irigasi Mbang Ambruk	127
Gambar 4.7	Pembangunan Irigasi.....	128
Gambar 4.8	Analisis Hidrologi pada Aplikasi Microsoft Excel.....	129
Gambar 4.9	Tampilan Peta pada Perangkat Lunak Arc-GIS Irigasi	131
Gambar 4.10	Hasil Perangkat Lunak HEC-HMS	132
Gambar 4.11	Hasil Pemodelan Perangkat Lunak HEC-RAS	133
Gambar 4.12	Tampilan Peta pada Perangkat Lunak Arc-GIS Irigasi	134
Gambar 4.13	Hasil Penggambaran Menggunakan Aplikasi AutoCAD	135



Gambar 4.14 Hasil Aplikasi Plaxis.....	137
Gambar 4.15 Hasil Perhitungan IFAS.....	139
Gambar 4.16 Bangunan Utama Irigasi.....	146
Gambar 4.17 Pekerjaan Tanah dalam Pembangunan Saluran Irigasi.....	151
Gambar 4.18 Pekerjaan Pelapisan Beton dalam Pembangunan Saluran Irigasi.....	152
Gambar 4.19 Pekerjaan Pembangunan Pintu Air pada Saluran Irigasi	153
Gambar 4.20 Pekerjaan pengawasan pembangunan saluran irigasi oleh pihak terkait.....	155
Gambar 4.21 Pekerjaan pengecekan ukuran pembangunan saluran irigasi oleh pihak terkait..	159
Gambar 4.22 Pekerjaan pengawasan saluran irigasi oleh pihak terkait.....	161
Gambar 4.23 Pemasangan Papan Larangan.....	167
Gambar 4.24 Pekerjaan Pembersihan Saluran Irigasi.....	168
Gambar 4.25 Pekerjaan Pengecatan Pintu Air.....	169
Gambar 4.26 Saluran irigasi menggunakan box U-Ditch.....	170
Gambar 4.27 Bangunan pembagi air pada saluran irigasi.	170
Gambar 5.1 Jembatan Widang penghubung Tuban-Lamongan yang runtuh	176
Gambar 5.2 Elemen Jembatan Rangka	181
Gambar 5.3 Elemen Jembatan Plengkung.....	181
Gambar 5.4 Simulasi Jembatan Rangka Atas	185
Gambar 5.5 Contoh Gambar Tampak Jembatan	193
Gambar 5.6 Pekerjaan Konstruksi Jembatan Rangka.....	200
Gambar 5.7 Berita Pembangunan Jembatan.....	206
Gambar 5.8 Berita Proyek Jembatan Ambruk	206
Gambar 5.9 Pemeliharaan Jembatan	221
Gambar 5.10 Pemeliharaan Jembatan	221
Gambar 5.11 Sambungan Ekspansi pada Jembatan.....	229
Gambar 6.1 Estimator Konstruksi.....	242
Gambar 6.2 Estimator Konstruksi	242
Gambar 6.3 Pekerjaan Pembersihan Area.....	244
Gambar 6.4 Pekerjaan Persiapan Jalan	244
Gambar 6.5 Pekerjaan Penggalian Tanah (Ruas jalan Nanga Erak- Nangan Raun) Kec. Putussibau Selatan	244
Gambar 6.6 Pekerjaan Konstruksi Lapisan Fondasi (Ruas jalan Nanga Erak- Nangan Raun) Kec. Putussibau Selatan	245
Gambar 6.7 Pekerjaan Konstruksi Lapisan Permukaan (Jalan Beton)	245
Gambar 6.8 Pekerjaan Konstruksi Lapisan Permukaan (Jalan Aspal).....	245
Gambar 6.9 Pekerjaan Drainase Jalan	246

Gambar 6.10 Pekerjaan Gorong-gorong Ruas Rake-Sanjaya Kab. Wonosobo.....	246
Gambar 6.11 Markah Jalan dan Rambu Lalu Lintas	247
Gambar 6.12 Pekerjaan Pembersihan Lahan Irigasi	248
Gambar 6.13 Saluran Irigasi	248
Gambar 6.14 Saluran irigasi	248
Gambar 6.15 Pematokan Jembatan Pandansimo	249
Gambar 6.16 Pemasangan Bore Pile Jembatan Pandansimo	249
Gambar 6.17 Abutmen Jembatan	250
Gambar 6.18 Girder Jembatan	250
Gambar 6.19 Railling Jembatan	250
Gambar 6.20 Jalan Aspal	251
Gambar 6.21 Jalan Beton	251
Gambar 6.22 Peta Jalan Menteri Supeno.....	252
Gambar 6.23 Tangkapan Layar Tampilan <i>Google Earth</i> Wilayah Kota Semarang.....	256
Gambar 6.24 Tangkapan Layar Tampilan <i>Google Earth</i> Rencana Jembatan	
Sungai Kuningan, Semarang	268
Gambar 6.25 Penampang Jembatan	269
Gambar 6.26 <i>Network Planning</i>	285
Gambar 6.27 <i>Network Planning</i>	286
Gambar 6.28 <i>Network Planning</i> dengan Lintasan Kritis.....	287
Gambar 6.29 Bentuk Kurva S.....	293
Gambar 6.30 Contoh <i>Time Schedule</i>	295

Petunjuk Penggunaan Buku

Buku ini merupakan buku pelajaran untuk siswa Konsentrasi Keahlian Konstruksi Jalan, Irigasi, dan Jembatan yang diharapkan dapat menjadi panduan dan dapat memperkaya serta meningkatkan kompetensi siswa, baik dari aspek pengetahuan, aspek penalaran maupun aspek keterampilan bagi peserta didik. Oleh karena pentingnya buku ini, disarankan kepada pembaca untuk memperhatikan beberapa petunjuk penggunaan buku sebagai berikut.

1

Pertanyaan Pemantik

Berisi sebuah pertanyaan di awal bab yang memicu daya pikir siswa terkait dengan materi dalam setiap bab yang akan disampaikan oleh guru.

2

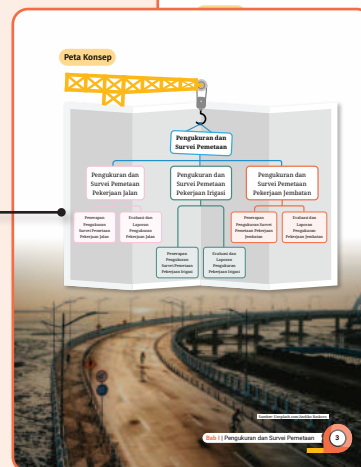
Tujuan Pembelajaran

Berisi kompetensi yang dituju dalam setiap bab yang diturunkan dari Capaian Pembelajaran. Tujuan Pembelajaran ini disajikan pada setiap awal bab.

3

Peta Materi atau Peta Konsep

Berisi pemetaan materi dan *soft skills* yang ditekankan dalam setiap bab.



4

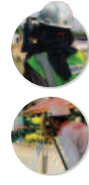
Apersepsi

Berisi uraian kontekstual terkait dengan materi yang akan disampaikan pada bab buku. Apersepsi disajikan dalam bentuk teks dan gambar ilustrasi konten materi.

Apersepsi

Melakukan pengukuran dan mengolah data hasil pengukuran merupakan tugas pokok para ahli sruw atau bisa disebut surveyor. Proses ini melibatkan kombinasi keterampilan manusia dan penggunaan peralatan canggih dengan pertimbangan yang sangat hati-hati. Pengukuran dan kondisi fuk yang prima dapat meningkatkan kinerja manusia, sedangkan peralatan berkualitas tinggi memungkinkan operator untuk bekerja lebih efisien, konsisten, dan tepat. Keakuratan dalam pengukuran dapat saja terjadi. Meskipun dengan tingkat kehati-hatian yang maksimal, akan selalu ada margin kesalahan yang perlu dipertimbangkan.

Salah satu perencanaan program pengukuran ialah menjadi standar, mirip dengan perencanaan dalam bidang rekayasa lainnya. Alat-alat seperti aljajar optis dan kompone elektronik digunakan untuk menarasng proyek-proyek pengukuran, menganalisis data, dan mengoreksi kesalahan setelah mendapatkan hasil.



Gambar 1.1 Pengukuran dan Survei Perencanaan Pekerjaan Sipil

5

Aktivitas Pembelajaran

Disajikan dalam berbagai bentuk sesuai dengan bab yang terkait. Kegiatan ini dirancang berdasarkan Tujuan Pembelajaran, dengan tidak hanya berfokus pada pengembangan keterampilan teknis (*hard skills*), tetapi juga mendorong pembiasaan keterampilan nonteknis (*soft skills*).

2) Pengukuran geoteknik jalan melibatkan pengumpulan dan analisis data mengenai sifat-sifat tanah dan batuan di lokasi jalan untuk memastikan stabilitas dan daya dukung struktur jalan. Pengukuran ini krusial dalam perencanaan, desain, dan konstruksi jalan karena kondisi tanah dan geologi dasar memengaruhi kekuatan dan ketahanan jalan. Beberapa aspek penting dalam pengukuran geoteknik jalan meliputi penyelidikan tanah, uji laboratorium tanah, pengukuran dalam posisi (in situ), pengujian stabilitas lereng, pengukuran konsolidasi, serta setting dan evaluasi risiko geoteknik.



Gambar 1.4 Pengukuran Geoteknik Jalan

Aktivitas 1.3

Mari Diskusi!

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3-5 orang. Analisislah pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan dalam pengukuran geoteknik dan tuliskan tabel seperti contoh berikut:

Aspek Geoteknik	Analisis Pekerjaan pada Pengukuran Geoteknik
Penyelidikan tanah	
Uji laboratorium tanah	
Pengujian stabilitas lereng	
Pengukuran konsolidasi	
Setting dan evaluasi	

6

Uji Kompetensi

Berisi soal/pertanyaan, baik berbentuk pilihan ganda, esai, maupun aktivitas lainnya untuk mengevaluasi ketercapaian tujuan pembelajaran atau kompetensi siswa pada setiap bab.

Uji Kompetensi

Buatlah 6 kelompok yang akan membahas studi kasus dengan pembagian sebagai berikut.

1. Kelompok 1 dan kelompok 2

Sebuah tim konstruksi akan membangun jalan sepanjang 8 km yang menghubungkan dua desa, yaitu Desa A dan Desa B. Untuk itu, dilakukan survei pemetaan menggunakan total station dan GPS geoteknik yang bertujuan mendapatkan data topografi, koordinat, dan peta kontrol. Elevasi yang diketahui di Desa A 100 meter, dan Desa B 180 meter. Berdasarkan informasi yang diberikan, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut!

- a. Mengapa survei topografi penting dalam perencanaan jalan itu?
- b. Alat apa yang paling memadai untuk mendata pada studi kasus tadi?
- c. Bagaimana penerapan di lapangan untuk melakukan praktik topografi?

2. Kelompok 3 dan kelompok 4

Sebuah proyek irigasi akan membuat saluran air sepanjang 10 km yang menghubungkan Wilayah A ke lahan pertanian Desa B. Tim survei pemetaan digunakan memastikan saluran memiliki kemiringan yang cukup untuk aliran gravitasi, tanpa menyebabkan erosi pada dinding saluran. Untuk itu, mereka melakukan survei topografi menggunakan total station, waterpass, dan GPS geoteknik yang bertujuan mengukur elevasi dan kemiringan tanah, serta membuat peta kontrol.

- a. Jelaskan pentingnya peta kontrol dalam desain saluran irigasi itu!
- b. Sebutkan alat ukur yang paling tepat digunakan untuk memastikan kemiringan saluran sesuai!
- c. Jelaskan cara penggunaan alat ukur yang dianggap tepat tadi!

7

Pengayaan

Berisi materi atau aktivitas tambahan yang membantu siswa memperdalam pemahaman terhadap bab yang disampaikan.

Pengayaan

Untuk menambah wawasan kalian tentang materi pelaksanaan, pengawasan, dan pemeliharaan konstruksi irigasi, simak tayangan video pada penalaran berikut.

Prosedur Pembuatan Bendungan (Irigasi)

Pranala: <https://www.youtube.com/watch?v=qN18wa2T0>

Kegiatan Pemeliharaan Irigasi

Pranala: <https://www.youtube.com/watch?v=v1E4qjgJpI>

Pranala: https://www.youtube.com/watch?v=2P0Q_v1-0V



8

Refleksi

Dilakukan peserta didik untuk memahami kekuatan diri dan area yang perlu dikembangkan/ditingkatkan dari diri peserta didik terkait pembelajaran dan pembiasaan keterampilan *soft skills* yang telah diterapkan dalam setiap bab.

Refleksi

Kalian sudah mempelajari materi pelaksanaan, pengawasan, dan pemeliharaan konstruksi irigasi. Selain itu, kalian sudah mengenai beberapa perangkat lunak yang biasa digunakan dalam pekerjaan konstruksi irigasi. Dari materi yang sudah dipelajari, hal apa yang masih dirasa paling sulit untuk dikuasai/pahami? Diskusikan kesulitan tersebut dengan teman maupun guru kalian.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI

REPUBLIK INDONESIA, 2024

Konstruksi Jalan, Irigasi, dan Jembatan

untuk SMK/MAK Kelas XI

Penulis: Arum Fajar V dan Galeh Nur Indriatno P.

ISBN: 978-634-00-0196-9



Pengukuran dan Survei Pemetaan

Tahukah kalian, mengapa sebelum memulai pekerjaan jalan, irigasi, dan jembatan perlu dilakukan survei dan pemetaan?



Pengukuran dan survei pemetaan pada pekerjaan konstruksi merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mengumpulkan data dan informasi yang diperlukan dalam proses perencanaan, pembangunan, dan pemeliharaan. Di kelas X yang lalu, kalian telah belajar tentang materi ukur tanah meliputi pengenalan peralatan pengukuran, prosedur pengoperasian, serta penggunaan alat ukur tanah. Pada bab ini kalian akan lebih memperdalam proses pengukuran dan survei pemetaan yang diaplikasikan langsung pada pekerjaan konstruksi jalan, irigasi, dan jembatan.

Secara menyeluruh, bab ini akan membahas pekerjaan pengukuran dan survei pemetaan situasi, evaluasi hasil pengukuran, serta tahapan-tahapan pekerjaan survei dan pemetaan pada konstruksi jalan, irigasi, dan jembatan.

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, kalian diharapkan mampu menerapkan pekerjaan pengukuran dan survei pemetaan situasi, evaluasi hasil pengukuran, dan menyusun laporan pengukuran pada konstruksi jalan, irigasi, dan jembatan.

Kata Kunci

- survei
- pengukuran
- topografi
- hidrologi
- geoteknik

Sumber: Unsplash.com/Scott Blake



Peta Konsep



Sumber: Unsplash.com/Andiko Baskoro

Apersepsi

Melakukan pengukuran dan mengolah data hasil pengukuran merupakan tugas pokok para ahli survei atau biasa disebut surveyor. Proses ini melibatkan kombinasi keterampilan manusia dan penggunaan peralatan canggih dengan pertimbangan yang sangat hati-hati. Pengalaman dan kondisi fisik yang prima dapat meningkatkan kinerja manusia, sedangkan peralatan berkualitas tinggi memungkinkan operator untuk bekerja lebih efisien, konsisten, dan cepat. Kesalahan dalam pengukuran dapat saja terjadi. Meskipun dengan tingkat kehati-hatian yang maksimal, akan selalu ada margin kesalahan yang perlu dipertimbangkan.

Saat ini, perencanaan program pengukuran telah menjadi standar, mirip dengan perencanaan dalam bidang rekayasa lainnya. Alat-alat seperti aljabar matriks dan komputer elektronik digunakan untuk merancang proyek-proyek pengukuran, menganalisis data, dan mengoreksi kesalahan setelah mendapatkan hasil.



Gambar 1.1 Pengukuran dan Survei Pemetaan Pekerjaan Sipil

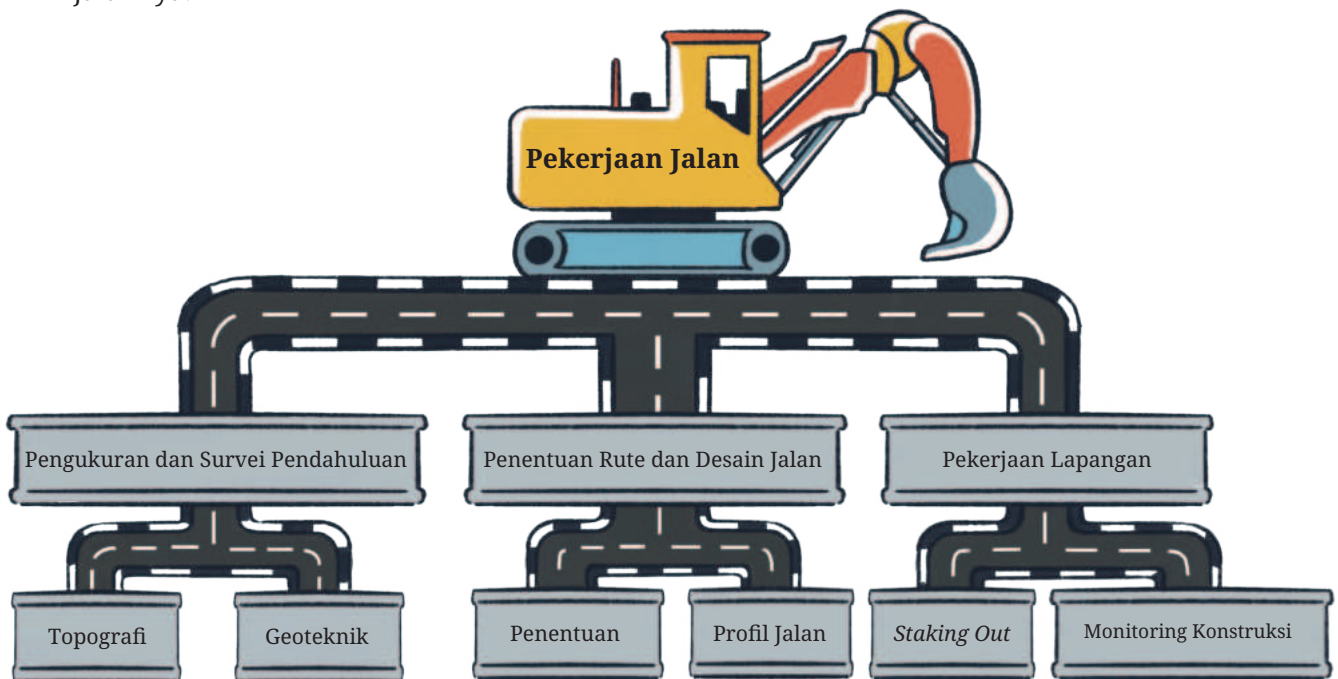
Sumber: dok. Arum (2024)

A. Pengukuran dan Survei Pekerjaan Jalan

Pada materi ini kalian akan mempelajari prosedur dan penerapan pekerjaan pengukuran dan survei pemetaan pada pekerjaan jalan sesuai dengan kriteria dan langkah pekerjaan yang dilaksanakan di lapangan. Selain itu, kalian akan mempelajari cara mengevaluasi hasil pengukuran dan menyusun laporan pengukuran pada pekerjaan jalan.

1. Pengukuran dan Survei Pemetaan Pekerjaan Jalan

Pekerjaan pengukuran jalan meliputi serangkaian aktivitas mengumpulkan data dan informasi yang diperlukan dalam proses perencanaan, pembangunan, dan pemeliharaan. Langkah-langkah dalam pengukuran melibatkan berbagai kegiatan untuk menentukan posisi, jarak, elevasi, dan fitur-fitur fisik lainnya dari area yang akan dibangun atau diperbaiki jalannya.



Survei pemetaan pada pekerjaan jalan memiliki proses yang lebih komprehensif yang mencakup pengumpulan data lapangan untuk membuat peta detail dari area proyek jalan. Langkah-langkah dalam survei pemetaan meliputi pengumpulan data lapangan, termasuk informasi tentang fitur-fitur fisik seperti bangunan, pohon, saluran air, dan infrastruktur lainnya di sepanjang rute jalan.

a. Pengukuran dan survei pendahuluan

Pengukuran dan survei pendahuluan merupakan tahap awal dalam mengumpulkan data dan informasi dasar yang dibutuhkan untuk perencanaan proyek konstruksi, termasuk pembangunan jalan. Proses ini mencakup berbagai aktivitas untuk memperoleh pemahaman komprehensif tentang kondisi fisik dan lingkungan area proyek. Pekerjaan pengukuran pendahuluan meliputi hal-hal berikut.

Aktivitas 1.1



Mari Diskusi

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3–5 orang. Diskusikan pekerjaan pengukuran dan survei pendahuluan. Analisislah pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan dalam pengukuran pendahuluan dan isilah tabel seperti contoh berikut:

Pengukuran Pendahuluan	Alat dan Bahan	Data Pengukurant	Jenis Pekerjaan
Pengukuran topografi			
Pengukuran geometrik			

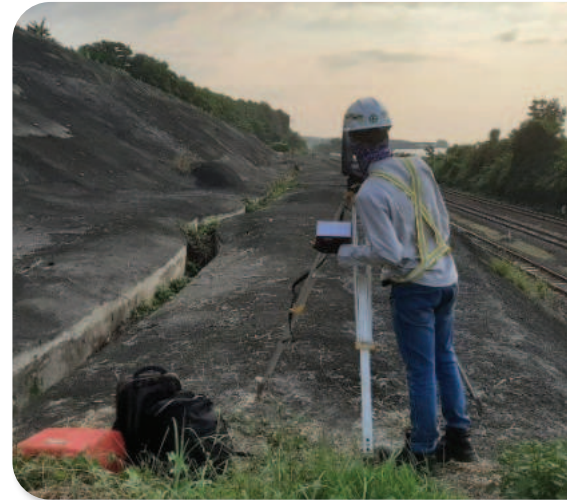
- 1) Pengukuran topografi merupakan proses mengumpulkan data rinci tentang permukaan bumi dan fitur alamnya, seperti ketinggian, bentang alam, dan objek penting lainnya.

Gambar 1.2 Pengukuran Topografi Lintasan Utama Sirkuit Mandalika

Sumber: GPS Lands Indosolutions (2021)



Tujuan utama survei ini adalah untuk membuat peta topografi yang akurat dan detail. Peta-peta ini digunakan dalam berbagai proyek, termasuk perencanaan konstruksi, pemetaan lahan, pembangunan perkotaan, pengelolaan sumber daya alam, dan kegiatan lain yang memerlukan pemahaman mendalam tentang karakteristik topografi suatu wilayah.



Gambar 1.3 Pengukuran Geometri

Sumber: Proyek Causeway KITB Batang

Aktivitas 1.2



Mari Menyimak

Untuk lebih memahami mengenai praktik pengukuran topografi, cobalah simak tayangan video berikut:



Video Pekerjaan Pengukuran Topografi

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Video1>

Buatlah kelompok beranggotakan 5 orang. Setiap kelompok dipersilakan mempraktikkan pengukuran topografi sepanjang 100 meter. Gunakan peralatan pita ukur, teodolit, *total station*, atau GPS yang dimiliki sekolah untuk menentukan kontur dan elevasi tanah untuk pekerjaan jalan. Titik koordinat tiap kelompok tidak boleh sama. Lakukan sesuai langkah kerja bersama anggota kelompok.

- 2) Pengukuran geoteknik jalan melibatkan pengumpulan dan analisis data mengenai sifat-sifat tanah dan batuan di lokasi jalan untuk memastikan stabilitas dan daya dukung struktur jalan. Pengukuran ini krusial dalam perencanaan, desain, dan konstruksi jalan karena kondisi tanah dan geologi dasar memengaruhi kekuatan dan ketahanan jalan. Beberapa aspek penting dalam pengukuran geoteknik jalan meliputi penyelidikan tanah, uji laboratorium tanah, pengukuran dalam posisi (in situ), pengujian stabilitas lereng, pengukuran konsolidasi, serta *setting* dan evaluasi risiko geoteknik.



Gambar 1.4 Pengukuran Geoteknik Jalan

Sumber: Geoforce Indonesia, 2024

Aktivitas 1.3



Mari Diskusi

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3–5 orang. Analisislah pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan dalam pengukuran geoteknik dan isilah tabel seperti contoh berikut:

Aspek Geoteknik	Analisis Pekerjaan pada Pengukuran Geoteknik
Penyelidikan tanah	
Uji laboratorium tanah	
Pengujian stabilitas lereng	
Pengukuran konsolidasi	
Setting dan evaluasi	
Setting dan evaluasi risiko geoteknik	

b. Penentuan rute dan desain jalan

Proses menentukan rute jalan ini mencakup beberapa tahap yang terintegrasi untuk menjamin jalan yang dibangun efisien, aman, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna lingkungan sekitar.

1) Penentuan rute jalan dimulai dengan beberapa tahapan pekerjaan:

- Studi awal dan identifikasi kebutuhan yang melibatkan pengumpulan data transportasi, lalu lintas masa depan, data geografis, sosial, ekonomi, dan lingkungan di area yang dilalui.
- Analisis alternatif rute, yakni opsi rute dipertimbangkan dan dievaluasi berdasarkan biaya, dampak lingkungan, kelayakan teknis, dan manfaat sosial ekonomi.
- Rute terbaik dipilih berdasarkan efisiensi dan dampak minimal terhadap lingkungan dan masyarakat, melibatkan konsultasi dari masyarakat setempat, pemerintah daerah, dan ahli terkait.



Gambar 1.5 Trase Jalan Tol Semarang-Demak Seksi 1B

Sumber: Yanita Petriella (2022)

Aktivitas 1.4



Mari Diskusi

Penentuan rute dan desain jalan merupakan proses kompleks yang melibatkan berbagai disiplin ilmu dan pertimbangan multifaktor. Menurut kamu, apa saja tujuan utama dalam pembuatan rute dan desain jalan ini? Diskusikan dengan teman sekelas, kemukakan pendapat kamu di depan kelas!

c. Pekerjaan lapangan penandaan lokasi (*staking out*)

Langkah dalam pembangunan jalan yang melibatkan penandaan lokasi di lapangan sesuai dengan rencana dan desain yang sudah ditentukan disebut *staking out*. Tahap ini untuk memastikan pembangunan jalan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Berikut ini langkah-langkah umum dalam pekerjaan *staking out*.

1) Tahap persiapan

- Pelajari gambar rencana atau peta kerja untuk mengetahui titik-titik koordinat yang akan dipatok.
- Pastikan teodolit dalam kondisi baik dan telah dikalibrasi sebelum digunakan.
- Tentukan titik referensi patokan/tolok ukur (*benchmark*) di lapangan yang digunakan sebagai titik acuan pengukuran.

2) Penentuan titik dan penempatan teodolit

- Tempatkan teodolit pada titik referensi yang sudah ditentukan. Pastikan tripod stabil dan posisi teodolit tepat di atas titik referensi.
- Lakukan perataan (*leveling*) teodolit dengan mengatur kaki tripod dan menggunakan level bawaan teodolit untuk memastikan posisi alat benar-benar horizontal.
- Orientasikan alat sesuai dengan arah titik yang ditentukan dengan menggunakan informasi dari peta rencana.

- 3) Pembidikan dan pengukuran sudut
 - Bidikkan teodolit ke titik tujuan sesuai dengan koordinat yang telah ditentukan di peta rencana.
 - Atur sudut horizontal pada teodolit sesuai dengan arah yang diinginkan. Sudut ini diukur berdasarkan arah referensi (misalnya, arah utara).
 - Atur sudut vertikal jika pengukuran memerlukan sudut vertikal (misalnya untuk menentukan elevasi), atur sudut vertikal pada teodolit.
- 4) Penentuan jarak dan penanaman patok
 - Setelah sudut ditentukan, ukur jarak dari titik referensi ke titik tujuan menggunakan pita ukur sesuai dengan nilai yang sudah dihitung dari peta rencana.
 - Pasang patok pada titik yang telah ditentukan berdasarkan hasil pengukuran sudut dan jarak. Pastikan patok tegak lurus dan posisinya tepat dengan koordinat diinginkan.
- 5) Verifikasi dan penyesuaian
 - Periksa posisi patok dengan cara mengulangi pengukuran sudut dan jarak untuk memastikan patok telah dipasang dengan benar.
 - Lakukan penyesuaian jika ditemukan kesalahan pada posisi patok dengan mengubah sudut atau jarak yang diukur.
- 6) Penyelesaian dan dokumentasi
 - Catat posisi akhir patok yang telah dipasang, termasuk koordinat dan keterangan lainnya.
 - Buat gambar *as-built* jika diperlukan yang menunjukkan posisi aktual patok di lapangan.
 - Bersihkan area kerja dari alat-alat dan peralatan setelah pekerjaan selesai.
 - Buat laporan final yang mencakup semua langkah pengukuran dan hasil *staking out*, lalu serahkan kepada pihak yang berkepentingan.

Dengan mengikuti langkah-langkah tersebut, proses *staking out* menggunakan teodolit dapat dilakukan dengan akurat dan efisien.



Gambar 1.7 *Staking out* Pekerjaan Jalan Tol Semarang-Demak Paket 1B

Sumber: crbc (2024)



Gambar 1.8 *Staking out* Pekerjaan Jalan Tol Semarang-Demak Paket 1B

Sumber: crbc (2024)

Aktivitas 1.5



Mari Lakukan

Buatlah kelompok beranggotakan 5 orang. Setiap kelompok dipersilakan melakukan praktik survei *staking out*.

Tugas:

Melakukan pengukuran tanah dan *staking out* pada lokasi di sekitar area lapangan sekolah.

Tujuan:

1. Menentukan titik-titik pengukuran tanah berdasarkan rencana yang telah dibuat.
2. Melakukan *staking out* (penanaman patok) untuk menunjukkan batas atau posisi tertentu di lapangan.

Alat dan bahan:

- Teodolit atau *total station*
- Paku dan benang (*string*)
- Pita ukur (meteran)
- Peta kerja atau gambar rencana
- Patok kayu atau besi
- Alat tulis

Langkah-langkah:

1. Pasang *total station* di atas tripod.
2. Lakukan *centering total station* dengan benar sesuai dengan persyaratan sebelum memulai proses *staking out*.
3. Nyalakan *total station* hingga layar awal muncul.
4. Masukkan data koordinat titik BM sesuai dengan lokasi alat berdiri.
5. Selanjutnya, masukkan koordinat titik *backsight* dan arahkan lensa ke titik *backsight*. Jika titik tersebut tidak terlihat, gunakan *stick reflector* dan periksa *nivo* agar posisi *nivo* sesuai dengan yang diperlukan.



6. Masukkan data koordinat titik yang akan diukur (*forsight*).
7. *Total station* akan menampilkan sudut antara arah lensa dengan titik tujuan. Putar *total station* hingga sudut yang terbaca menunjukkan 000°00”.
8. Arahkan prisma target sehingga tepat pada jalur pandang *total station*.
9. Tekan menu *dist* dan tunggu hingga jarak antara *total station* dan prisma target ditampilkan.
10. Arahkan asisten surveyor yang memegang prisma target untuk bergerak maju atau mundur sesuai jarak yang ditampilkan pada *total station*.
11. Lakukan pengukuran ulang hingga jarak yang ditampilkan pada layar mencapai batas toleransi yang ditetapkan, yaitu 2 mm.
12. Selanjutnya, arahkan teropong ke titik-titik pada elevasi eksisting atau pada area yang sedang dikerjakan.
13. Ulangi langkah-langkah pengambilan data seperti pada proses *backsight*, sehingga nilai elevasi pada titik-titik yang diukur dapat diketahui.

Tugas ini melibatkan proses pengukuran dan *staking out* yang teliti untuk memastikan bahwa batas atau posisi tertentu di lapangan sesuai dengan rencana kerja yang telah dibuat. Ketepatan dalam proses ini sangat penting untuk menghindari kesalahan dalam tahap pembangunan atau konstruksi.

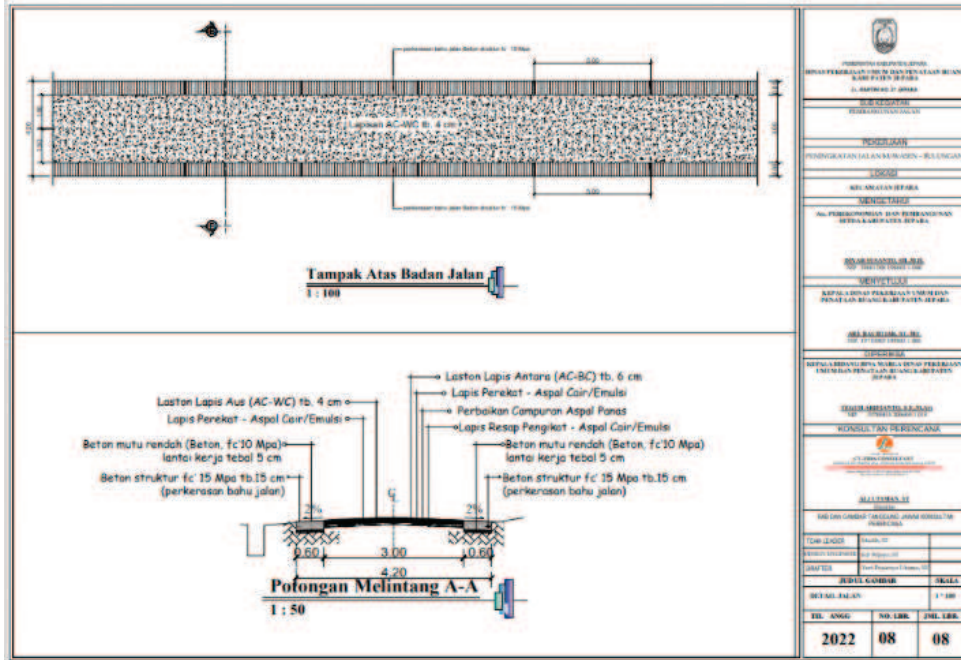
2. Evaluasi Hasil Pengukuran dan Penyusunan Laporan Pengukuran pada Pekerjaan Jalan

a. Verifikasi data pengukuran

- Konsistensi data dari hasil pengukuran survei dan pemetaan merujuk pada data yang dikumpulkan tetap stabil, akurat, dan dapat dipercaya di berbagai titik pengukuran dan periode waktu yang berbeda. Hal ini untuk memastikan data yang dihasilkan dapat diandalkan untuk analisis lebih lanjut dan pengambilan keputusan. Beberapa aspek penting dari konsistensi data dalam pengukuran survei dan pemetaan meliputi pengulangan dan reproduksibilitas, kalibrasi alat, prosedur standar, pengolahan data, *cross-verification*, analisis statistik, validasi lapangan, serta dokumentasi dan pelaporan.
- *Cross-check* adalah proses membandingkan data pengukuran terbaru dengan data sebelumnya atau data dari sumber lain untuk validasi. Tujuan utamanya adalah memastikan akurasi dan konsistensi data yang dikumpulkan sesuai dengan standar yang diharapkan sehingga dapat digunakan dengan percaya diri untuk analisis dan pengambilan keputusan.

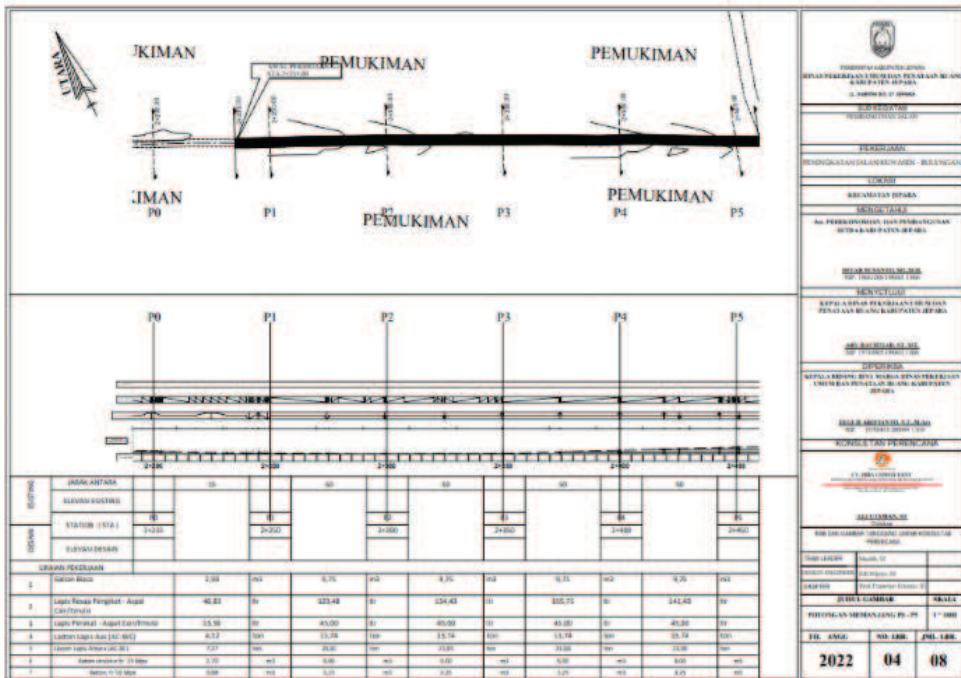
b. Analisis kesesuaian dengan desain

- Salah satu analisis kesesuaian desain jalan adalah memastikan profil memanjang dan profil melintang sesuai dengan desain yang telah ditetapkan. Profil memanjang (*longitudinal profile*) merujuk pada perubahan elevasi sepanjang jalan, termasuk kemiringan, tanjakan, turunan, dan ketinggian di titik-titik tertentu. Tujuan utamanya adalah memastikan jalan memiliki elevasi dan gradien yang sesuai dengan rencana desain sepanjang keseluruhannya. Profil melintang (*cross-sectional profile*) mengacu pada penampang jalan dari satu sisi ke sisi lainnya, mencakup lebar jalan, kemiringan permukaan, bahu jalan, dan sistem drainase. Memastikan kemiringan transversal cukup untuk mengalirkan air hujan ke tepi jalan tanpa menggenang di permukaan.
- Pengukuran kedalaman galian dan timbunan serta kemiringan jalan dilakukan dengan menggunakan alat dan melalui proses pengukuran. Selain itu, dilakukan pula dokumentasi dan verifikasi hasil pengukuran, serta koreksi jika diperlukan.



Gambar 1.9 Profil Potongan Melintang Pekerjaan Jalan B

Sumber: Irawan (2023)



Gambar 1.10 Profil Potongan Melintang Pekerjaan Jalan B

Sumber: Irawan (2023)

c. Penyesuaian lapangan

Penyesuaian rute di lapangan merupakan langkah krusial untuk memastikan proyek konstruksi atau pengembangan sesuai dengan desain yang direncanakan. Jika terdapat perbedaan antara hasil pengukuran dan desain, beberapa langkah yang dapat diambil meliputi verifikasi data pengukuran, analisis perbedaan, konsultasi dengan tim desain, pengembangan alternatif desain, simulasi dan evaluasi, persetujuan dari pemangku kepentingan, implementasi penyesuaian, pemantauan dan pengawasan, serta dokumentasi.

Aktivitas 1.6



Mari Diskusi

Buatlah kelompok beranggotakan 5 orang. Setiap kelompok dipersilakan membuat hasil evaluasi dan pelaporan pekerjaan dari praktik pengukuran topografi dan praktik *staking out* yang telah dilakukan sebelumnya. Lakukan sesuai langkah kerja bersama anggota kelompok.

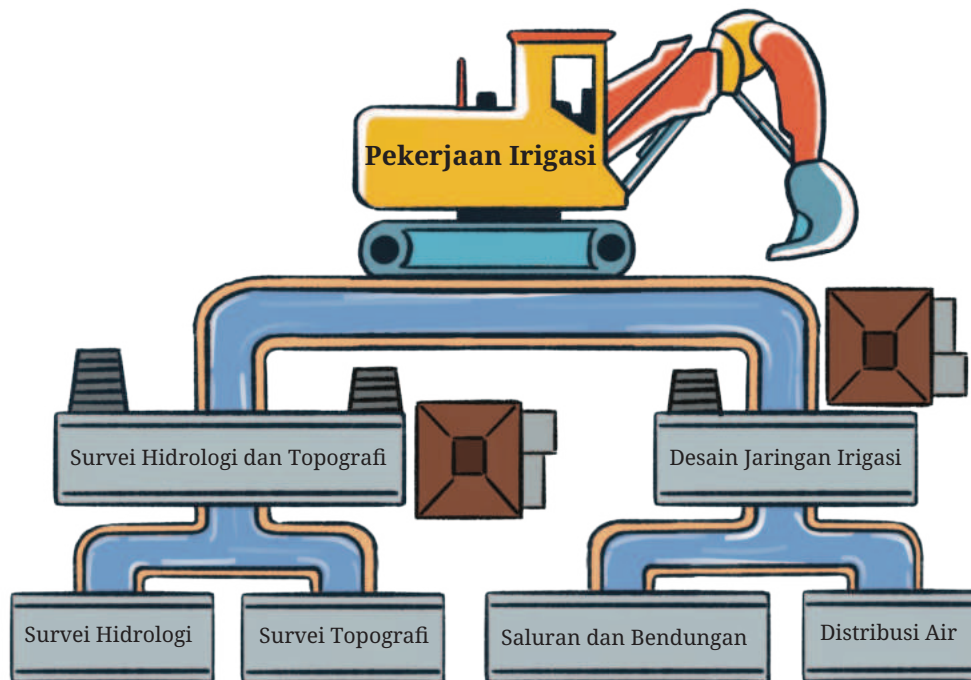
Sumber: Unsplash.com/Pop & Zebra



B. Pengukuran dan Survei Pekerjaan Irigasi

1. Tahapan Pengukuran dan Survei Pemetaan Pekerjaan Irigasi

Tahapan-tahapan pekerjaan pengukuran dan survei pemetaan untuk proyek irigasi yang dilakukan dengan tepat dan efektif akan memastikan keberhasilan sistem irigasi yang dirancang.



a. Survei hidrologi dan topografi

Survei hidrologi dan topografi merupakan dua komponen vital dalam pekerjaan irigasi karena menyediakan data yang dibutuhkan untuk merancang sistem irigasi yang efisien dan efektif. Berikut ini penjelasan survei tersebut.

- 1) Survei hidrologi memiliki tujuan menghimpun informasi tentang sumber daya air serta pola aliran air di wilayah yang akan diirigasi. Aspek-aspek kunci survei hidrologi mencakup sumber air, debit air, curah hujan, kualitas air, dan pengaruh lingkungan.



Gambar 1.11 Pengukuran dan Survei Lokasi Pembangunan Talud dan Irigasi

Sumber: Ema Maryam (2022)

Aktivitas 1.7



Mari Cari Tahu

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3–5 orang. Analisislah pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan dalam survei hidrologi dan isilah tabel seperti contoh berikut:

Aspek Hidrologi	Analisis Pekerjaan
Sumber air	
Debit air	
Curah hujan	
Kualitas air	
Pengaruh lingkungan	

Aktivitas 1.8



Mari Diskusi

Setelah kamu dapat menganalisis aspek-aspek pada hidrologi. Menurut kamu, apa saja tujuan utama dalam menganalisis aspek hidrologi ini? Buatlah 5 kelompok sesuai pembagian aspek hidrologi. Diskusikan dengan teman sekelompok, presentasikan di depan kelas!

- 2) Survei topografi dilakukan untuk menghasilkan peta kontur dan memetakan ciri-ciri fisik dari wilayah yang direncanakan untuk irigasi. Informasi ini krusial untuk perancangan sistem saluran air, waduk, dan distribusi yang optimal. Aspek-aspek utama dari survei topografi meliputi pengukuran elevasi, pemetaan kontur, identifikasi fitur lahan, pengukuran jarak dan luas, serta analisis drainase.

Dengan memadukan informasi dari survei hidrologi dan topografi, perencana irigasi dapat mengembangkan sistem yang efisien dan berkelanjutan. Distribusi dan optimalisasi pemanfaatan sumber daya air pun dapat tercapai.



Gambar 1.12 Survei Topografi Saluran Irigasi

Sumber: Fijri Rahmawati (2018)



Gambar 1.13 Pengukuran dan Survei Lokasi Pembangunan Talud dan Irigasi

Sumber: Geometika (2017)

Aktivitas 1.9



Mari Cari Tahu

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3–5 orang. Analisislah pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan dalam survei topografi dan isilah tabel seperti contoh berikut:

Aspek Survei Topografi	Analisis Pekerjaan Survei Topografi
Pengukuran elevasi	
Pemetaan kontur	
Identifikasi fitur lahan	
Pengukuran jarak dan luas	
Analisis drainase	

b. Desain jaringan irigasi

Desain jaringan irigasi merupakan proses merancang dan membangun sistem untuk mendistribusikan air ke lahan pertanian demi mendukung pertumbuhan tanaman. Beberapa langkah dan komponen utama dalam perancangan jaringan irigasi antara lain menentukan kebutuhan air, mengidentifikasi sumber air, pengumpulan data lapangan, merancang jaringan (primer, sekunder, dan tersier), membangun struktur pengendali air, mengatur sistem pengukuran dan pemantauan, merencanakan pemeliharaan, serta melakukan analisis ekonomi, lingkungan, dan sosial.

1) Saluran dan bendungan

a) Saluran irigasi

Dalam mendesain saluran irigasi diperlukan tahapan dan langkah pekerjaan serta dengan menuangkan hasil survei yang telah dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa unsur yang ada pada struktur irigasi. Tahapan pembuatan desain saluran irigasi antara lain pengumpulan data, penentuan kapasitas, penentuan rute saluran, desain penampang saluran, material konstruksi, dan desain struktur pengendali.



Gambar 1.14 Saluran Irigasi

Sumber: Administrator (2023)

Aktivitas 1.10



Mari Cari Tahu

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3–5 orang. Analisislah pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan dalam survei topografi pada desain saluran dan isilah tabel seperti contoh berikut.

Aspek Survei Topografi	Analisis Pekerjaan Survei Topografi
Pengumpulan data	
Penentuan kapasitas	
Penentuan rute saluran	
Desain penampang saluran	
Material konstruksi	
Desain struktur pengendali	



Gambar 1.15 Desain Dasar Bendungan

Sumber: Banyu Bumi Sangkara (2021)

b) Saluran irigasi

Desain bendungan merupakan proses merencanakan dan membangun struktur yang bertujuan untuk menahan, menyimpan, dan mengelola aliran air. Bendungan memiliki berbagai fungsi di antaranya sebagai irigasi, pembangkit listrik, penyedia air bersih, dan pengendali banjir.



Gambar 1.16 Desain Dasar Bendungan

Sumber: Banyu Bumi Sangkara (2021)

Aktivitas 1.11



Mari Cari Tahu

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3–5 orang. Analisislah pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan dalam pekerjaan bendungan dan isilah tabel seperti contoh berikut.

Aspek Pekerjaan Bendungan	Analisis Pekerjaan Bendungan
Pengumpulan data	
Studi kelayakan	
Desain struktur bendungan	
Pemilihan lokasi	
Desain komponen bendungan	
Material konstruksi	
Analisis stabilitas dan keamanan	

c) Distribusi air

Tahapan distribusi air pada bangunan irigasi melibatkan beberapa langkah penting untuk memastikan air dapat dialirkan dari sumbernya hingga mencapai lahan pertanian dengan efisien. Tahapan-tahapan umum ini meliputi pengambilan air dari sumber, transportasi melalui saluran utama, pengaturan aliran air, distribusi melalui saluran sekunder dan tersier, pembagian air ke petak-petak sawah, kontrol dan monitoring, drainase kelebihan air, serta pemeliharaan dan perawatan. Setiap tahapan harus dikelola dengan baik agar air dapat didistribusikan secara efisien dan efektif, serta mendukung kebutuhan irigasi tanaman secara optimal.

Aktivitas 1.12



Mari Lakukan

Buatlah kelompok beranggotakan maksimal 5 orang. Setiap kelompok dipersilakan berkeliling untuk melakukan survei saluran irigasi di sekitar tempat tinggal. Carilah informasi tentang distribusi air yang ada di daerah irigasi tersebut dan presentasikan di depan kelas dilengkapi dengan foto dokumentasinya!

2. Evaluasi Hasil Pengukuran dan Penyusunan Laporan Pengukuran pada Pekerjaan Irigasi

Evaluasi hasil dari pekerjaan pengukuran dilakukan dengan beberapa tahapan pekerjaan berikut.

a. Verifikasi data hidrologi dan topografi

Data hidrologi didapat melalui pengukuran aliran air, yakni dengan memeriksa konsistensi data aliran air dan tingkat ketinggian air. Pengukuran aliran sangat penting ketika cairan perlu digunakan secara teratur untuk memastikan laju aliran cairan yang melewati sistem benar-benar akurat. Selain itu, memastikan cairan yang tepat diproses di lokasi dan waktu yang sesuai, serta membantu dalam menilai kualitas cairan tersebut.



Gambar 1.17 Pengukuran Aliran Air

Sumber: Admin DPU Sumber Daya Air Malang (2019)

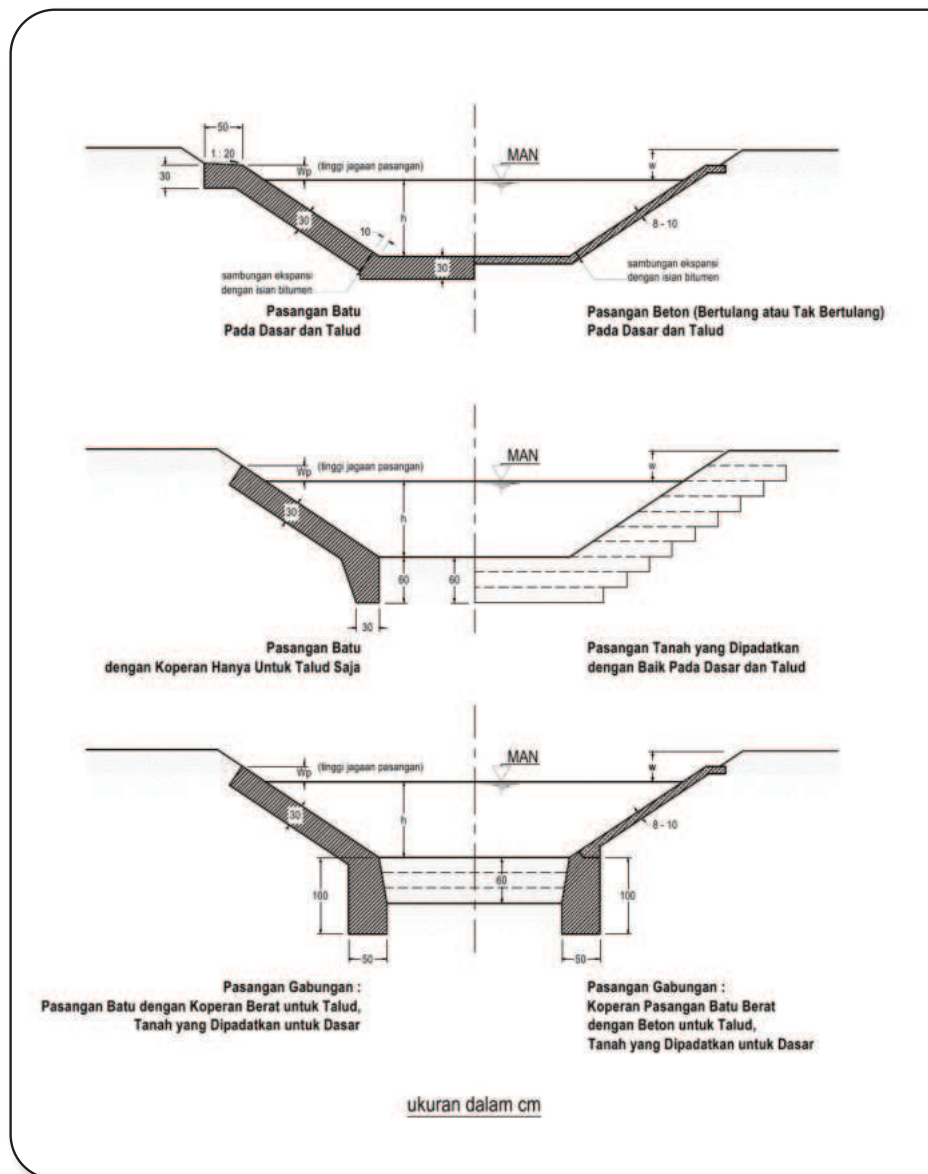


Validasi topografi merupakan proses pengecekan dan verifikasi data topografi untuk menjamin keakuratannya. Proses ini mencakup pemeriksaan peta, model, atau data topografi yang telah dikumpulkan. Tujuannya, memastikan representasi elevasi, kontur, dan fitur geografis lainnya sesuai dengan kondisi nyata di lapangan. Validasi topografi sangat penting dalam berbagai bidang, seperti perencanaan konstruksi, irigasi, pemetaan wilayah, dan survei tanah. Hal ini karena ketidakakuratan dalam data topografi dapat mengakibatkan perencanaan yang salah dan menimbulkan masalah di kemudian hari.

b. Analisis kesesuaian dengan desain

Kemiringan saluran irigasi merupakan sudut atau derajat kemiringan saluran terhadap garis horizontal. Ini menentukan seberapa miring saluran, yang berdampak pada aliran air dari sumber menuju area yang akan diairi. Perancangan kemiringan saluran irigasi harus dilakukan dengan cermat untuk memastikan air mengalir dengan lancar dan merata, menghindari masalah seperti genangan, erosi, atau kerusakan pada saluran. Selain itu, menetapkan kemiringan yang sesuai adalah hal penting untuk mencapai distribusi air yang efisien dan efektif di seluruh area pertanian.

Kapasitas saluran irigasi adalah volume maksimum air yang dapat dialirkan oleh saluran dalam periode waktu tertentu, biasanya diukur dalam satuan seperti liter per detik (l/s) atau meter kubik per detik (m^3/s). Kapasitas ini dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain dimensi saluran, bentuk, kemiringan, dan bahan konstruksi yang digunakan. Menetapkan kapasitas yang tepat sangat penting untuk memastikan saluran dapat memenuhi kebutuhan air untuk area yang diairi secara efektif tanpa mengakibatkan genangan atau kekurangan air.



Gambar 1.18 Kemiringan Saluran irigasi

Sumber: DPU Kulonprogo (2024)

c. Penyesuaian lapangan

Rekonstruksi saluran irigasi adalah proses memperbaiki atau memperbarui saluran irigasi yang sudah ada untuk meningkatkan kinerjanya, memperbaiki kerusakan, atau memperbarui desainnya. Rekonstruksi dilakukan melalui berbagai langkah di antaranya memperbaiki atau mengganti komponen yang rusak, memperbesar dimensi saluran, serta menyesuaikan kemiringan untuk meningkatkan efisiensi aliran. Tujuan rekonstruksi adalah memastikan saluran irigasi berfungsi dengan optimal, mengalirkan air secara efisien, dan memenuhi kebutuhan irigasi yang terus berubah.



Gambar 1.19 Kemiringan Saluran irigasi

Sumber: Mohamad Hamzah (2023)

Penyesuaian struktur irigasi adalah proses modifikasi atau perbaikan elemen-elemen dalam sistem irigasi untuk meningkatkan kinerja, efisiensi, atau kesesuaiannya dengan kebutuhan saat ini. Proses ini meliputi mengubah dimensi saluran, menyesuaikan kemiringan saluran, memperbaiki atau mengganti struktur kontrol, dan menambahkan fitur baru. Tujuannya, memastikan sistem irigasi dapat memenuhi kebutuhan berfungsi lebih baik, dan mengatasi masalah yang mungkin muncul seiring berjalannya waktu.

Aktivitas 1.13



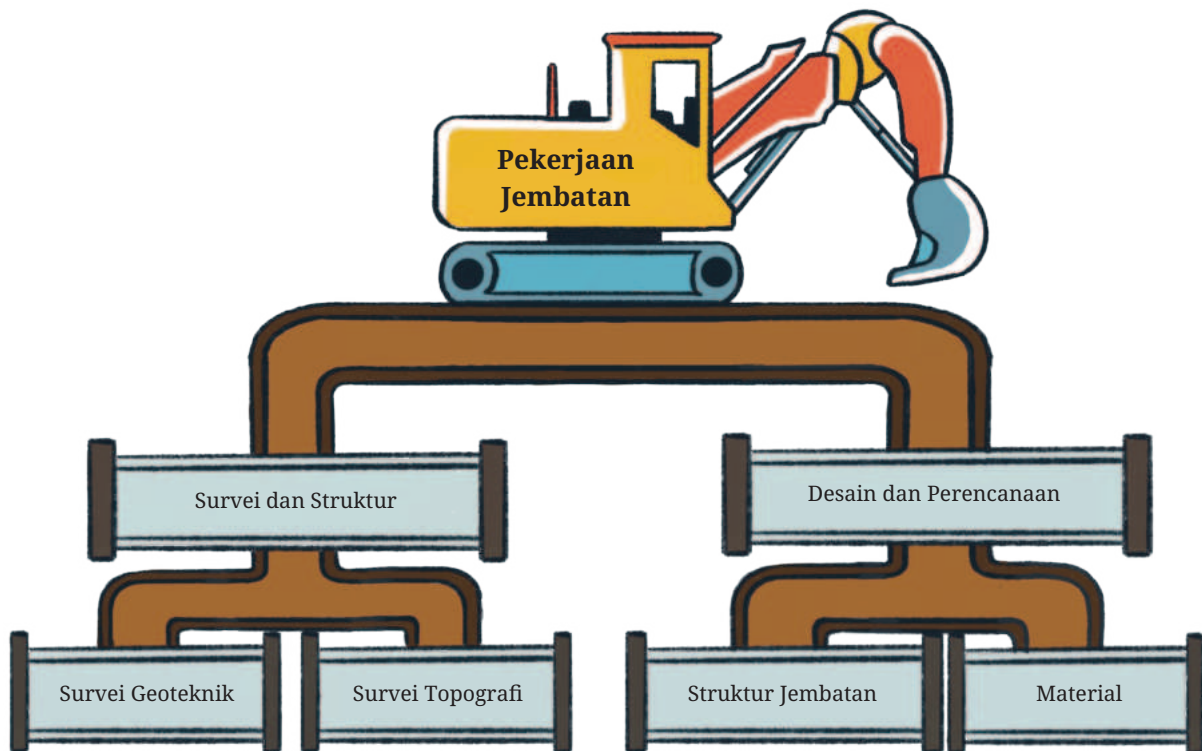
Mari Lakukan

Buatlah kelompok beranggotakan 5 orang. Setiap kelompok dipersilakan membuat hasil evaluasi dan pelaporan pekerjaan survei hidrologi dan topografi. Lakukan sesuai langkah kerja bersama anggota kelompok.

C. Pengukuran dan Survei Pemetaan Pekerjaan Jembatan

1. Tahapan Pengukuran dan Survei Pemetaan Pekerjaan Jembatan

Pada proyek pembangunan jembatan, tahapan pengukuran dan survei pemetaan merupakan langkah awal untuk memastikan jembatan yang akan dibangun memiliki kekuatan, keamanan, dan kesesuaian dengan kondisi lapangan. Proses ini diawali dengan persiapan yang meliputi pengumpulan data sekunder seperti peta topografi, data geoteknik, serta informasi hidrologi dan cuaca. Selain itu, peralatan survei seperti *total station*, *Global Positioning System* (GPS), dan alat ukur tanah juga disiapkan untuk mendukung pengukuran yang tepat dan akurat.



a. Survei lokasi dan struktur

- 1) Survei geoteknik dalam proyek pembangunan jembatan merupakan langkah krusial untuk memahami kondisi tanah di lokasi pembangunan. Survei ini bertujuan memastikan tanah di area tersebut cukup stabil dan mampu menopang struktur jembatan. Tahapan-tahapan yang biasanya dilakukan dalam survei geoteknik terdiri atas dua tahap utama. Tahap pertama, yakni studi pendahuluan yang meliputi pengeboran tanah (*borehole drilling*), pengujian lapangan, serta pengujian laboratorium dan penentuan parameter tanah. Tahap kedua adalah analisis dan pelaporan, yang mencakup evaluasi stabilitas tanah dan rekomendasi desain fondasi, serta pemantauan dan revisi, termasuk pemantauan kondisi tanah.



Survei geoteknik adalah proses penting untuk memastikan jembatan dibangun di atas tanah yang aman dan stabil, mengurangi risiko kegagalan fondasi, serta memastikan jembatan memiliki daya tahan dan keandalan yang tinggi.

Gambar 1.20 Pengeboran Tanah

Sumber: Testindo (2022)

Aktivitas 1.14



Mari Cari Tahu

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3–5 orang. Diskusikan pekerjaan survei geoteknik pada pekerjaan jembatan yang dilakukan untuk mencari apa? Analisislah pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan dalam pekerjaan survei geoteknik pada pekerjaan jembatan dan isilah tabel seperti contoh berikut:

Aspek Survei Geoteknik Jembatan	Analisis Pekerjaan Survei Geoteknik Jembatan
Studi pendahuluan	
Pengeboran tanah (<i>borehole drilling</i>)	
Pengujian lapangan	
Pengujian laboratorium	
Penentuan parameter tanah	

- 2) Survei topografi dalam proyek pembangunan jembatan untuk mengumpulkan data mengenai kondisi permukaan tanah di area pembangunan. Hal ini bertujuan memberikan informasi yang tepat mengenai kontur dan elevasi tanah, serta fitur fisik lainnya yang akan menjadi dasar dalam perencanaan dan desain jembatan. Tahapan-tahapan survei topografi jembatan meliputi persiapan awal, penentuan titik dasar, pengukuran topografi, pemetaan fitur fisik, pengolahan data, penyusunan laporan dan peta, serta validasi dan revisi.

Survei topografi ini sangat penting untuk memastikan perencanaan dan desain jembatan didasarkan pada data yang akurat. Dengan demikian, risiko kesalahan dapat diminimalkan, dan proses konstruksi dapat berjalan dengan lebih efektif dan efisien.



Gambar 1.21 Pengukuran Topografi Jembatan

Sumber: Hesa Laras Cemerlang (2017)



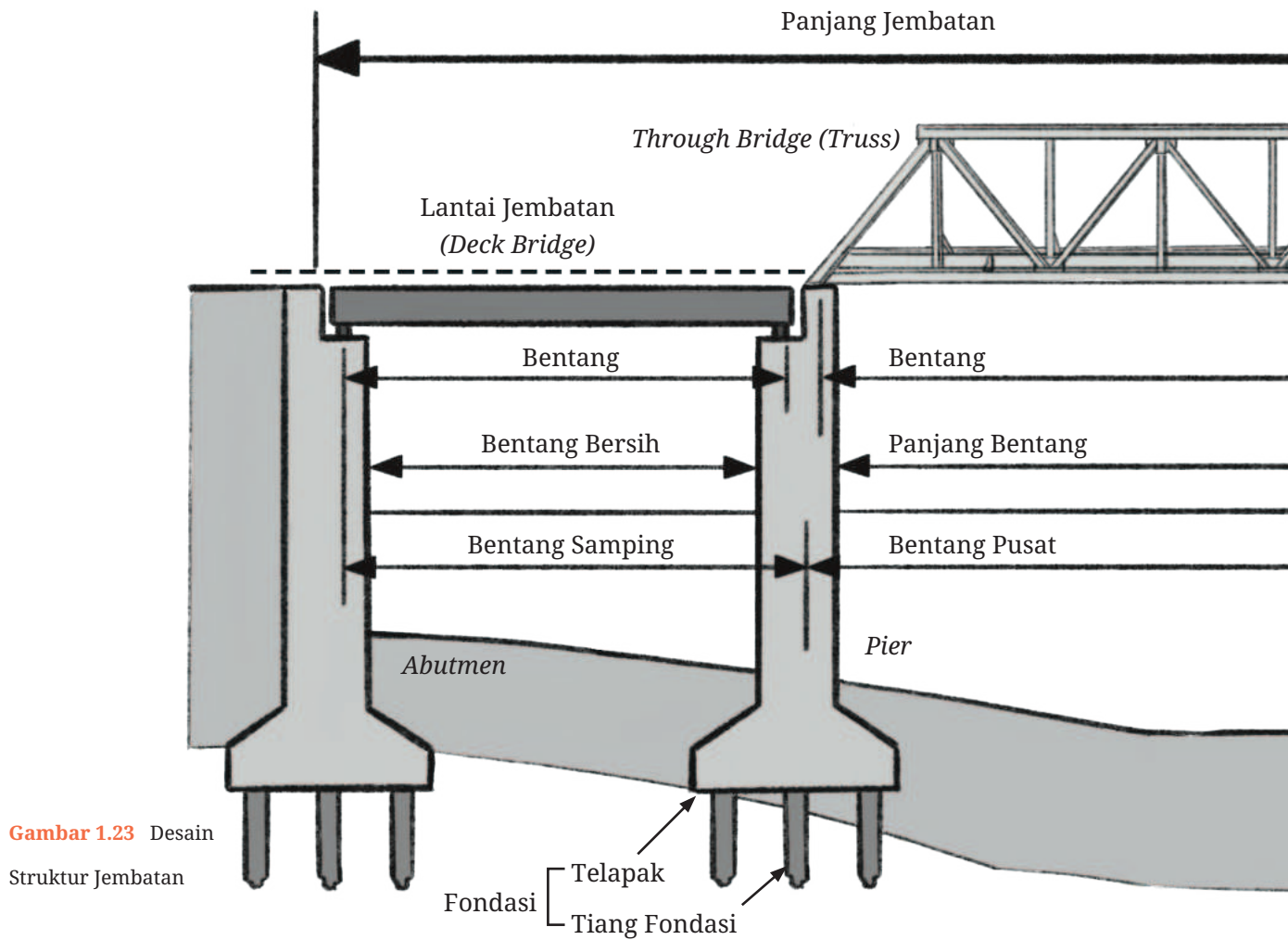
Gambar 1.22 Survei Topografi Proyek Pek. Jembatan Pandansimo

Sumber: Rayya (2024)

b. Desain dan perencanaan

1) Struktur jembatan

Proses desain jembatan dilakukan dengan memanfaatkan data yang diperoleh dari survei lapangan seperti survei topografi, geoteknik, dan hidrologi. Data ini memberikan informasi tentang kondisi tanah, bentuk permukaan, dan faktor lingkungan di lokasi pembangunan. Berdasarkan data tersebut, insinyur struktur akan merancang jembatan yang sesuai serta memastikan jembatan dapat menahan beban dari lalu lintas (kendaraan, pejalan kaki, dan angin) dan faktor lingkungan lainnya (banjir, gempa bumi, dan erosi). Tujuan utamanya adalah untuk menjamin jembatan tersebut kokoh, stabil, aman, dan tahan lama dalam kondisi yang telah diperkirakan.

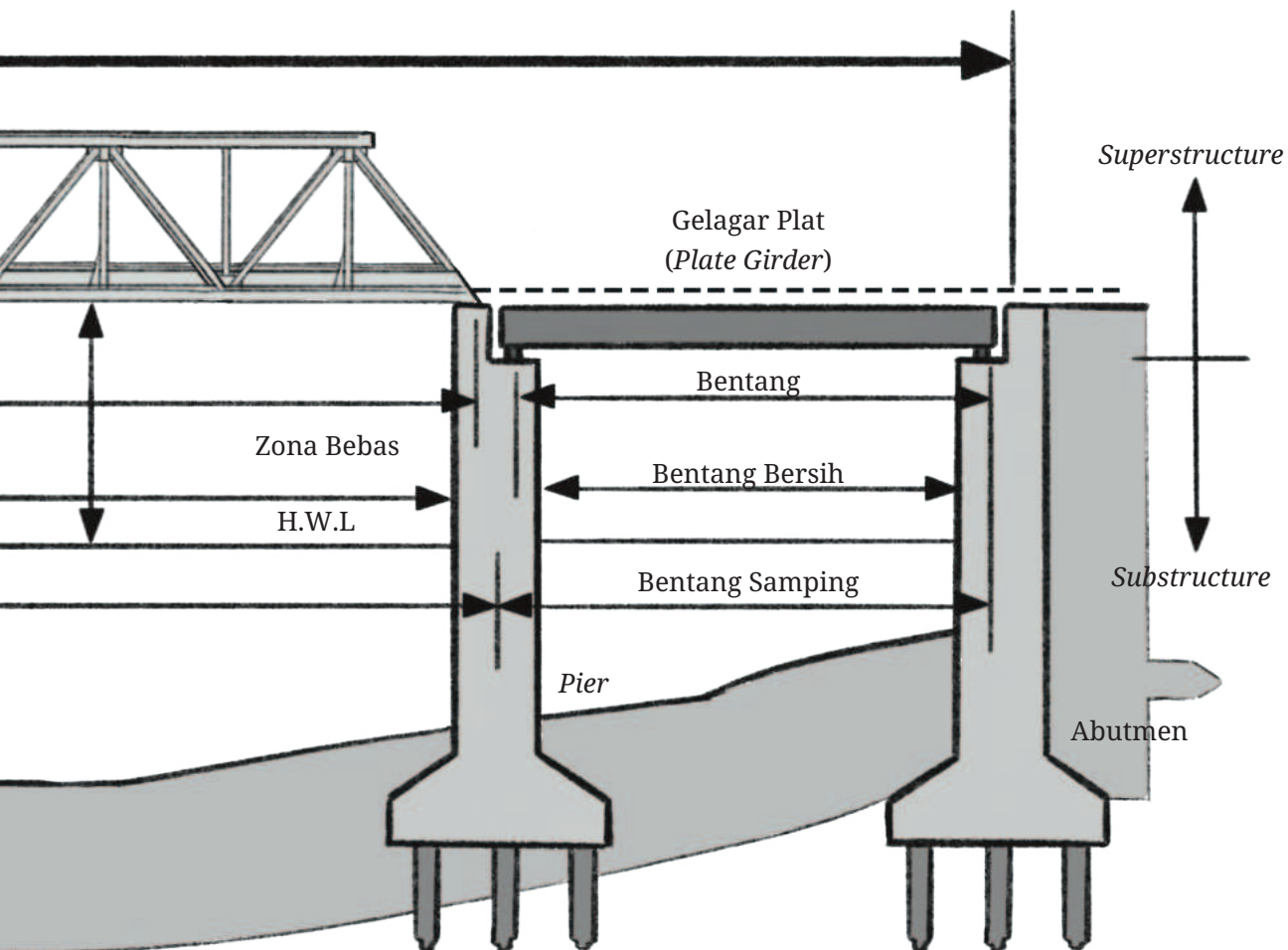


Gambar 1.23 Desain Struktur Jembatan

2) Material

Data yang diperoleh dari survei topografi, geoteknik, dan hidrologi dapat memberikan gambaran tentang kondisi lingkungan dan tanah di lokasi pembangunan. Informasi ini krusial untuk menentukan material yang tepat untuk kondisi tersebut. Misalnya, tanah yang tidak stabil mungkin memerlukan jenis fondasi khusus, sementara kondisi iklim dapat memengaruhi pemilihan material yang tahan terhadap cuaca ekstrem.

Selain material, proses analisis teknis juga diperlukan pada konstruksi jembatan. Analisis ini mencakup penilaian kebutuhan struktural jembatan, seperti beban yang harus ditanggung, kekuatan material yang dibutuhkan, serta ketahanan terhadap faktor lingkungan seperti korosi dan cuaca. Hal ini membantu dalam pemilihan material dengan sifat mekanis dan fisik yang sesuai untuk memenuhi standar keselamatan dan kinerja jembatan.



2. Evaluasi Hasil Pengukuran Pekerjaan Jembatan

a. Verifikasi data geoteknik dan topografi

- 1) Stabilitas tanah merupakan aspek krusial karena jembatan memerlukan fondasi yang sangat kuat dan stabil untuk menopang beban struktur serta lalu lintas di atasnya. Sebelum konstruksi jembatan dimulai, para ahli geoteknik akan melakukan berbagai tes di lokasi, seperti tes penetrasi standar (SPT), uji bor, dan pengujian laboratorium pada sampel tanah untuk memahami karakteristik tanah, termasuk jenis, kepadatan, kekuatan geser, dan stabilitas lereng. Kesesuaian data stabilitas tanah dengan hasil pengukuran adalah langkah penting untuk memastikan analisis tanah mencerminkan kondisi sebenarnya di lapangan sehingga dapat menghindari risiko seperti penurunan tanah berlebih, pergeseran, atau kegagalan fondasi yang dapat menyebabkan runtuhnya jembatan.
- 2) Konsistensi data kontur dan elevasi dengan desain jembatan adalah langkah krusial untuk memastikan jembatan yang dirancang sesuai dengan kondisi topografi dan ketinggian tanah di lokasi pembangunan. Pemeriksaan ini bertujuan memastikan desain jembatan cocok dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Selain itu, jembatan terhubung dengan jalan atau permukaan tanah di kedua ujungnya secara tepat dan aman tanpa adanya perbedaan ketinggian yang tidak diinginkan seperti penurunan tajam atau kemiringan yang terlalu curam.





b. Analisis kesesuaian dengan desain

- 1) Proses evaluasi ini bertujuan memastikan fondasi jembatan yang direncanakan atau dibangun sesuai dengan desain yang telah dirumuskan. Analisis ini sangat penting untuk memastikan fondasi mampu mendukung beban jembatan dan kondisi tanah di lokasi pembangunan, serta memenuhi semua spesifikasi teknis dan standar yang berlaku. Desain fondasi jembatan mencakup jenis fondasi (fondasi dangkal atau dalam), dimensi, kedalaman, dan bahan yang digunakan.
- 2) Desain struktur atas jembatan melibatkan komponen-komponen seperti balok utama (gelagar), pelat dek, sambungan, dan sistem penopang lainnya. Analisis kesesuaian bertujuan untuk memastikan komponen-komponen ini sesuai dengan rencana desain, baik dari segi dimensi, material, maupun metode konstruksi. Desain ini juga mempertimbangkan beban hidup (seperti kendaraan dan pejalan kaki) serta beban mati (berat struktur itu sendiri) yang harus ditopang oleh struktur atas. Jika analisis menemukan adanya ketidaksesuaian antara konstruksi dan desain maka penyesuaian atau modifikasi mungkin diperlukan, seperti penguatan struktur, perbaikan sambungan, atau penggantian komponen yang tidak sesuai.

Uji Kompetensi

Buatlah 6 kelompok yang akan membahas studi kasus dengan pembagian sebagai berikut.

1. Kelompok 1 dan kelompok 2

Sebuah tim konstruksi akan membangun jalan sepanjang 8 km yang menghubungkan dua desa, yaitu Desa A dan Desa B. Untuk itu, dilakukan survei pemetaan menggunakan *total station* dan GPS geodetik yang bertujuan mendapatkan data topografi, koordinat, dan peta kontur. Elevasi yang diketahui di Desa A 100 meter, dan Desa B 180 meter.

Berdasarkan informasi yang diberikan, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut!

- Mengapa survei topografi penting dalam perencanaan jalan ini?
- Alat apa yang paling membantu untuk medan pada studi kasus tadi?
- Bagaimana penerapan di lapangan untuk melakukan praktik topografinya?

2. Kelompok 3 dan kelompok 4

Sebuah proyek irigasi akan membuat saluran air sepanjang 10 km yang menghubungkan Waduk A ke lahan pertanian Desa B. Tim survei pemetaan ditugaskan memastikan saluran memiliki kemiringan yang cukup untuk aliran gravitasi, tanpa menyebabkan erosi pada dinding saluran. Untuk itu, mereka melakukan survei topografi menggunakan *total station*, *waterpass*, dan GPS geodetik yang bertujuan mengukur elevasi dan kemiringan tanah, serta membuat peta kontur.

Berdasarkan informasi yang diberikan, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut!

- Jelaskan pentingnya peta kontur dalam desain saluran irigasi ini!
- Sebutkan alat ukur yang paling tepat digunakan untuk memastikan kemiringan saluran sesuai!
- Jelaskan cara penggunaan alat ukur yang dianggap tepat tadi!

3. Kelompok 5 dan kelompok 6

Pemerintah daerah berencana membangun sebuah jembatan sepanjang 250 meter yang melintasi Sungai C untuk menghubungkan dua desa, yaitu Desa Timur dan Desa Barat. Sebelum pembangunan, dilakukan survei dan pemetaan untuk menentukan lokasi jembatan yang paling cocok. Tim survei menggunakan *total station*, *waterpass*, dan *drone* fotogrametri untuk mengukur elevasi, lebar sungai, serta membuat peta topografi detail.

Berdasarkan informasi yang diberikan, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut!

- Jelaskan bagaimana data kedalaman sungai dan kondisi tanah dasar dapat memengaruhi desain fondasi jembatan!
- Sebutkan alat ukur yang paling penting digunakan dalam survei ini!
- Bagaimana alat ukur tadi membantu menentukan lokasi jembatan?

Pengayaan

Untuk menambah wawasan kalian dalam hal melakukan pekerjaan pengukuran survei dan pemetaan, simak tayangan video pada tautan berikut.

Pengaplikasian Alat Ukur

Pengoperasian Total Station

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Video2>

Pengenalan dan Cara Menggunakan Teodolit

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Video3>

Proses Pengukuran Tanah

Pengoperasian Alat Ukur

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Video4>



Pengukuran Tanah

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Video5>



Kalian juga dapat menyimak informasi mengenai survei dan pemetaan topografi serta cara mengolah data pengukuran pada pranala:

Survei dan Pemetaan Topografi untuk Perencanaan Jalan dan Jembatan

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Video6>



Pengolahan Data dan Impor Koordinat dari Pengukuran Poligon Tertutup

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Video7>



Selain itu, kalian dapat membaca buku referensi tentang teknik pengukuran tanah di perpustakaan sekolah.

Refleksi

Kalian sudah mempelajari materi pengukuran dan survei pemetaan pada pekerjaan jalan, irigasi, dan jembatan ini secara tuntas. Kalian sudah memahami penerapan pekerjaan pengukuran dan survei pemetaan situasi, serta evaluasi hasil pengukuran. Dari materi yang sudah dijelaskan, hal apa yang masih dirasa paling sulit untuk dikuasai/dipahami? Diskusikan kesulitan tersebut dengan teman maupun guru kalian.

Menurut kalian, apakah pekerjaan sebagai surveyor itu menyenangkan dan membuat kalian termotivasi? Ataukah, malah terkesan sangat berat dan menantang apabila dijalani dengan penuh disiplin serta bertanggung jawab? Apakah kalian nanti ingin bekerja sebagai surveyor? Untuk tujuan itu, apa yang akan kalian siapkan? Apa yang kalian akan lakukan agar menjadi surveyor yang hebat ke depannya?

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

Konstruksi Jalan, Irigasi, dan Jembatan
untuk SMK/MAK Kelas XI

Penulis: Arum Fajar V dan Galeh Nur Indriatno P.
ISBN: 978-634-00-0196-9

Bab II

Mekanika Teknik Konstruksi Jalan, Irigasi, dan Jembatan

Bagaimana cara penentuan suatu dimensi pada desain konstruksi jalan, irigasi, dan jembatan?



Statika bangunan telah kalian pelajari di kelas X, selanjutnya pada kesempatan kali ini, akan dibahas materi tentang statika/mekanika teknik pada konstruksi jalan, irigasi, dan jembatan. Mengapa kita perlu memahami ilmu dasar ini? Sebelum kita melaksanakan pekerjaan konstruksi tentunya kita harus melakukan desain terlebih dahulu. Desain tersebut memiliki kaitannya dengan rencana beban yang akan bekerja, gaya-gaya yang bekerja pada desain konstruksi, serta penentuan dimensi konstruksi yang aman. Kamu juga dapat melakukan pengamatan pada pekerjaan konstruksi jalan, irigasi, dan jembatan di lingkungan sekitar untuk mendapatkan contoh penerapannya sebagai area tumpuan dan bagian lainnya.

Tujuan Pembelajaran

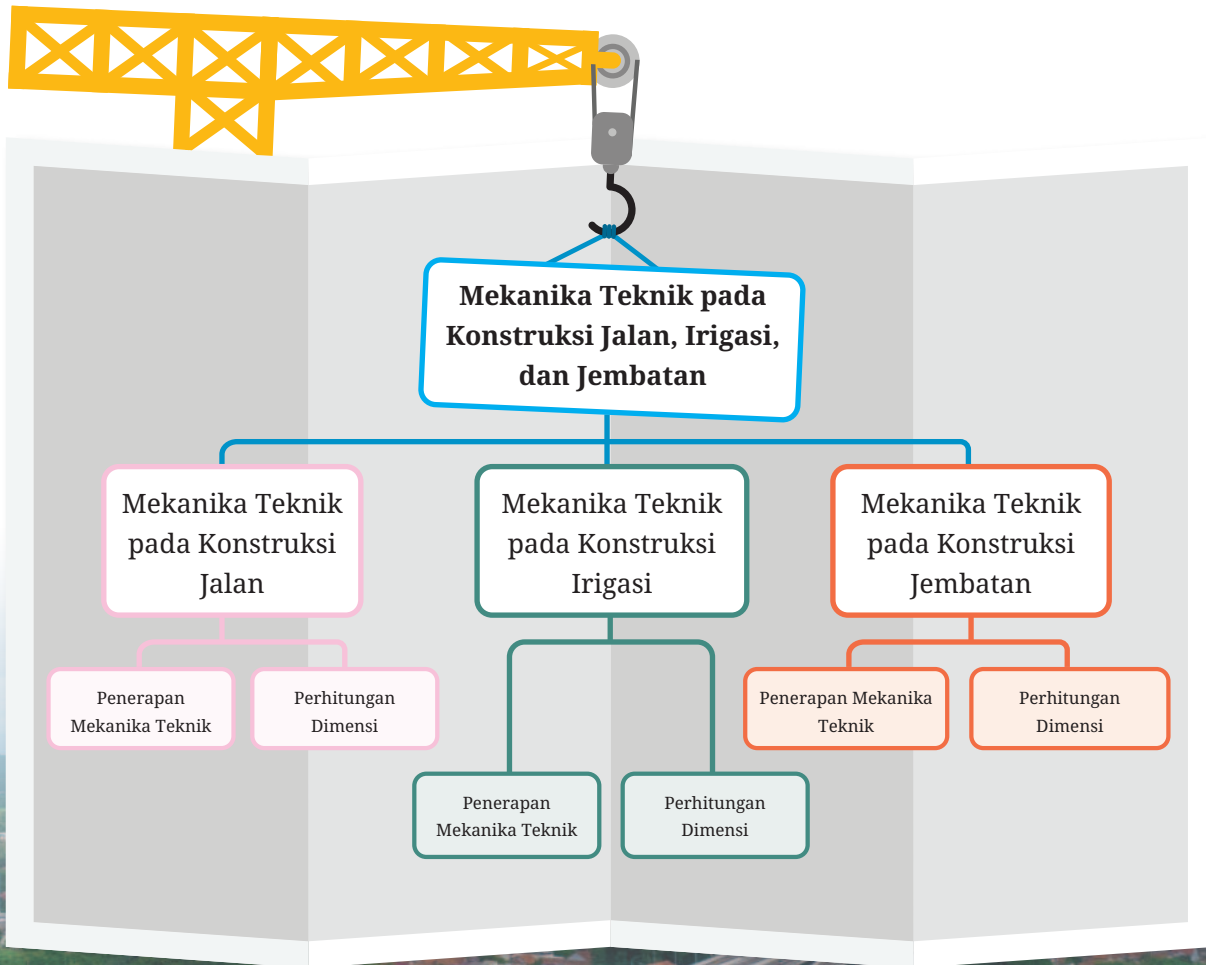
Setelah mempelajari materi pada bab ini, kamu mampu menerapkan prinsip mekanika teknik pada konstruksi jalan, irigasi dan jembatan, serta menghitung dimensi konstruksi pada konstruksi jalan, irigasi, dan jembatan.

Kata Kunci

- konstruksi jalan
- konstruksi irigasi
- konstruksi jembatan
- mekanika teknik



Peta Konsep



Sumber: Unsplash.com/Ammar Andiko

Apersepsi

Perencanaan suatu konstruksi yang benar akan menghasilkan bangunan yang awet/umur panjang, meskipun faktor pelaksanaan dan pengawasan saat pekerjaan konstruksi berlangsung juga memiliki pengaruh yang tinggi. Banyak kejadian yang memberikan kita contoh terkait dengan gagalnya konstruksi pada jembatan, jalan dan irigasi. Sebagai contoh, berikut ini beberapa dokumentasi konstruksi jembatan, jalan, serta bangunan saluran irigasi di berbagai daerah yang rusak akibat tidak mampunya konstruksi menahan beban yang ada.



Gambar 2.1 Konstruksi Jembatan Ulee Raket Roboh di Aceh

Sumber: Hutama Karya (2019)



Gambar 2.2 Jembatan di Pidie Aceh Roboh

Sumber: M. Nazar (2016)



Gambar 2.3 Jalan Amblas di Gubeng Surabaya

Sumber: Didik Suhartono (2018)



Gambar 2.4 Jalan Amblas di Maluku

Sumber: Rahmat Rahman Patty (2022)



Menurut kamu, setelah melihat gambar tadi, seberapa pentingnya perencanaan yang baik dan benar dapat berpengaruh terhadap keawetan/umur konstruksi bangunan tersebut? Ya, benar sekali. Perencanaan yang dihitung dengan benar akan berdampak pada keawetan/umur konstruksi bangunan tersebut. Salah satunya melalui perhitungan dimensi konstruksi melalui mekanika teknik. Selain contoh pada gambar tadi, silakan kamu melakukan pengamatan saat dari rumah menuju ke sekolah. Jika kamu melewati jembatan, apakah jembatan tersebut dalam kondisi baik (dapat dilintasi) atau dalam kondisi rusak, atau sedang dalam perbaikan dan proses konstruksi? Kamu bisa melakukan pengamatan dan ceritakan saat materi konstruksi jembatan dibahas bersama-sama di kelas.



Gambar 2.5 Tanggul dan Saluran Irigasi Runtuh di Sragen

Sumber: Raisan Al farisi (2022)



Gambar 2.6 Saluran Irigasi Ambrol di Majalengka

Sumber: Pelita Investigasi (2023)

A. Mekanika Teknik pada Konstruksi Jalan

1. Penerapan Mekanika Teknik Konstruksi Jalan

Konstruksi jalan raya merupakan tulang punggung infrastruktur transportasi yang memfasilitasi pergerakan manusia dan barang. Di balik setiap jalan yang kokoh dan tahan lama, terdapat penerapan prinsip-prinsip mekanika teknik yang kompleks dan mendetail. Mekanika teknik, cabang ilmu yang mempelajari gaya dan pergerakan serta dampaknya pada struktur, menjadi landasan dalam merancang, membangun, dan memelihara jalan raya. Dengan analisis tegangan dan regangan, kita dapat memastikan bahwa material yang digunakan mampu menahan beban lalu lintas tanpa mengalami kerusakan. Desain geometrik yang cermat, termasuk pengaturan kelandaian dan radius kelokan, memastikan kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan. Mekanika tanah berperan dalam memastikan stabilitas tanah dan fondasi, mencegah terjadinya pergeseran atau keruntuhan. Selain itu, pemilihan material yang tepat dan manajemen air yang efektif memastikan jalan dapat bertahan dalam berbagai kondisi cuaca dan beban. Dalam keseluruhan proses ini, penerapan mekanika teknik menjadi kunci untuk menciptakan jalan raya yang tidak hanya memenuhi kebutuhan transportasi saat ini, tetapi juga mampu bertahan menghadapi tantangan masa depan.

Aktivitas 2.1



Mari Cari Tahu

1. Silakan tanyakan kepada Bapak/Ibu Guru atau kerabat kamu. Carilah informasi tentang contoh desain geometrik jalan di lingkungan tempat tinggalmu. Buat model miniatur dari jalan raya dengan berbagai desain kelandaian dan radius tikungan. Gunakan mobil mainan untuk mensimulasikan pergerakan kendaraan di jalan tersebut. Amatilah dan uraikan apa yang kamu dapatkan dari percobaan tersebut. Kamu dapat berpikir kreatif dalam mengidentifikasi solusi-solusi inovatif yang mungkin belum banyak diterapkan.
2. Diskusikan mengapa penting untuk memahami tegangan dan regangan pada konstruksi jalan raya? Bagaimana hal ini memengaruhi ketahanan jalan terhadap beban kendaraan? Bagaimana kamu akan memulai proses desain sebuah jalan raya di daerah dengan kondisi tanah yang bervariasi? Silakan uraikan alasannya!

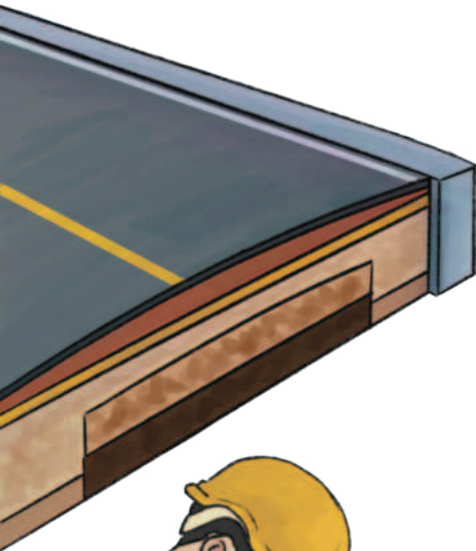


Mari Amati

Untuk memahami apa itu pekerjaan perkerasan pada jalan.

Kalian bisa menonton tayangan video berikut sebagai referensi:

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Video8>



Analisis struktur jalan adalah langkah awal dalam memastikan jalan yang dibangun dapat menahan beban lalu lintas dan kondisi lingkungan yang ada. Beberapa elemen kunci dalam analisis ini meliputi:

1) Tegangan dan regangan

Analisis tegangan dan regangan dilakukan untuk memastikan material jalan raya dapat menahan beban tanpa mengalami deformasi berlebihan atau kerusakan.

2) Distribusi beban

Beban dari kendaraan yang melintas harus didistribusikan secara merata ke lapisan jalan. Mekanika teknik membantu dalam merancang lapisan-lapisan ini untuk mendistribusikan beban dengan efektif.

3) Keausan dan keretakan

Dengan memahami mekanika material, insinyur dapat memprediksi keausan dan kerusakan yang mungkin terjadi, serta merancang metode untuk memperlambat atau mencegahnya.

Desain geometrik jalan mencakup penentuan profil jalan, termasuk kelandaian, kelokan, dan super elevasi. Mekanika teknik digunakan untuk memastikan desain tersebut aman dan nyaman untuk dilalui. Beberapa faktor yang dipertimbangkan meliputi:

1) Kelandaian

Perhitungan kemiringan jalan untuk memastikan bahwa kendaraan dapat mendaki dan menuruni tanjakan dengan aman.

2) Super elevasi

Pengaturan kemiringan melintang pada tikungan untuk mengurangi gaya sentrifugal yang dirasakan oleh kendaraan, meningkatkan kenyamanan dan keamanan.

3) Radius kelokan

Penentuan radius kelokan yang sesuai untuk mencegah kecelakaan akibat tikungan yang terlalu tajam.



Stabilitas tanah adalah aspek kritis dalam konstruksi jalan raya. Tanah yang tidak stabil dapat menyebabkan pergeseran atau keruntuhan jalan. Mekanika tanah, yang merupakan bagian dari mekanika teknik, membantu dalam:

- 1) Analisis kestabilan lereng: menentukan apakah lereng di sepanjang jalan akan tetap stabil atau berisiko longsor.
- 2) Perbaikan tanah: pemadatan, penggunaan geotekstil, dan pemasangan tiang pancang untuk meningkatkan kekuatan dan stabilitas tanah.
- 3) Desain fondasi: menentukan jenis fondasi yang sesuai, baik itu fondasi dangkal maupun dalam untuk mendukung struktur jalan.



Pemilihan material untuk konstruksi jalan raya sangat dipengaruhi oleh mekanika teknik. Material yang digunakan harus memenuhi kriteria kekuatan, daya tahan, dan kelenturan. Beberapa contoh material yang dianalisis meliputi:

1) Aspal

Analisis viskoelastisitas aspal untuk memastikan dapat menahan beban dinamis dari kendaraan.

2) Beton

Pemahaman tentang sifat mekanis beton untuk desain jalan beton yang kuat dan tahan lama.

3) *Subgradde* dan *Base Course*

Evaluasi kekuatan dan stabilitas material lapisan dasar dan subbasis untuk mendukung lapisan permukaan jalan.

Gambar 2.7 Jalan Aspal

Sumber: Zadeh (2023)

Penerapan mekanika teknik pada konstruksi jalan raya mencakup berbagai aspek dari analisis struktur hingga manajemen air. Pengetahuan ini sangat penting untuk merancang dan membangun jalan raya yang aman, efisien, dan tahan lama. Insinyur jalan raya harus memiliki pemahaman yang kuat tentang prinsip-prinsip mekanika teknik untuk memastikan keberhasilan proyek mereka. Dengan memahami dan menerapkan prinsip-prinsip mekanika teknik, kita dapat membangun infrastruktur jalan yang tidak hanya memenuhi kebutuhan transportasi saat ini, tetapi juga mampu bertahan dan beradaptasi dengan tantangan masa depan.

2. Perhitungan Dimensi Konstruksi Jalan

Perencanaan dan perhitungan konstruksi jalan adalah proses kompleks yang melibatkan berbagai disiplin ilmu teknik. Tujuan utamanya adalah memastikan jalan yang dibangun aman, efisien, dan tahan lama. Proses ini melibatkan analisis beban, pemilihan material, desain geometrik, dan perhitungan struktur.

Aktivitas 2.2



Mari Cari Tahu

1. Silakan tanyakan kepada Bapak/Ibu Guru atau kerabat kamu. Carilah informasi tentang perangkat lunak untuk menghitung dimensi dan tegangan pada jalan. Bagaimana perangkat lunak membantu dalam mempercepat dan memperbaiki akurasi perhitungan? Kamu juga bisa mencari informasi melalui internet dan sumber lainnya. Amatilah di sekitar lingkungan rumah atau sekolah, apakah terdapat jalan rusak di sana, dan apa penyebabnya? Aplikasikan prinsip mekanika teknik yang telah dipelajari dalam menganalisis hasil survei dan informasi yang kamu kumpulkan.
2. Buat model miniatur lintasan jalan raya di daerah berbukit atau di daerah tempat tinggalmu. Simulasikan berbagai skenario beban lalu lintas di tanjakan dan turunan. Apakah kemiringan tanjakan memengaruhi tegangan pada lapisan jalan? Silakan uraikan alasannya!

3. Langkah-langkah Perencanaan Konstruksi Jalan

a. Studi kelayakan dan survei lokasi

- Survei geoteknik: mengidentifikasi kondisi tanah dan lingkungan. Ini mencakup pengujian tanah untuk menentukan daya dukung tanah, sifat-sifat tanah, dan keberadaan air tanah.
- Survei lalu lintas: mengumpulkan data tentang volume dan jenis lalu lintas yang akan menggunakan jalan tersebut.

b. Desain geometrik jalan

- Penentuan rute: memilih rute jalan yang optimal berdasarkan faktor-faktor seperti topografi, pemukiman, dan lingkungan.
- Desain profil jalan: menentukan kelandaian, tikungan, dan super elevasi. Profil jalan harus dirancang untuk memastikan kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan.
- Lebar jalan dan bahu jalan: menentukan lebar jalan yang memadai untuk menampung lalu lintas yang diprediksi, termasuk bahu jalan untuk keselamatan tambahan.

c. Analisis beban dan tegangan

- Beban lalu lintas: menghitung beban total yang dihasilkan oleh kendaraan yang melewati jalan, termasuk beban statis (berat kendaraan) dan beban dinamis (gaya yang timbul saat kendaraan bergerak).
- Tegangan pada material jalan: menganalisis bagaimana beban tersebut memengaruhi tegangan dalam material jalan, terutama pada lapisan permukaan dan fondasi.

d. Perencanaan lapisan jalan

- Lapisan permukaan: biasanya menggunakan aspal atau beton. Pemilihan material bergantung pada kekuatan, daya tahan, dan biaya.
- Lapisan dasar dan subdasar: material seperti kerikil atau batu pecah yang digunakan untuk mendistribusikan beban dari lapisan permukaan ke tanah dasar.



4. Perhitungan Konstruksi Jalan

- 1) Perhitungan Tegangan dan Regangan

$$\text{Tegangan Normal } (\sigma) = \frac{\text{Beban}}{\text{Luas Permukaan Kontak}}$$

- 2) Perhitungan Daya Dukung Tanah

$$\text{Luas Fondasi } A = \frac{\text{Beban}}{\text{Daya Dukung Tanah}}$$

- 3) Perhitungan Momen Lentur (M)

$$\text{Perhitungan Momen Lentur } (M) = \text{Beban} \times \text{Jarak}$$

Perencanaan dan perhitungan konstruksi jalan adalah proses yang memerlukan pemahaman mendalam tentang mekanika teknik. Dengan analisis yang tepat, kita dapat merancang jalan yang aman, efisien, dan tahan lama. Penerapan prinsip-prinsip mekanika teknik memungkinkan insinyur untuk mengatasi tantangan yang dihadapi dalam pembangunan jalan raya, serta memastikan jalan tersebut dapat bertahan dalam kondisi beban dan lingkungan yang beragam.

Kita akan melakukan simulasi kasus untuk merancang jalan raya dengan mempertimbangkan berbagai gaya yang bekerja pada struktur. Kita akan menganalisis gaya momen, aksial, dan normal yang terjadi.



Kasus: Desain Jalan dengan Beban Lalu Lintas

- Jalan Raya : lebar 7 meter dengan dua lajur
- Beban Kendaraan : beban total 20 ton (200 kN) dari truk
- Material Jalan : aspal dengan lapisan dasar beton
- Kondisi Tanah : Tanah lempung dengan daya dukung tanah 100 kN/m²

Langkah-langkah Perhitungan:

- 1) Perhitungan Tegangan Normal pada Lapisan Permukaan Jalan

Luas Permukaan Kontak Beban (A)

$$A = 7 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} = 2,1 \text{ m}^2$$

Tegangan Normal (σ)

$$\sigma = \frac{\text{Beban}}{\text{Luas}} = \frac{200 \text{ kN}}{2,1 \text{ m}^2} = 95,24 \text{ kN/m}^2$$

- 2) Perhitungan Gaya Aksial pada Fondasi

Daya Dukung Tanah (q)

$$q = 100 \text{ kN/m}^2$$

Luas Fondasi yang Dibutuhkan (A)

$$A = \frac{\text{Beban}}{\text{Daya Dukung Tanah}} = \frac{200 \text{ kN}}{100 \text{ kN/m}^2} = 2 \text{ m}^2$$

Dimensi Fondasi:

$$FP = \sqrt{2 \text{ m}^2} \times \sqrt{2 \text{ m}^2} = 1,41 \times 1,41$$

3) Perhitungan Momen Lentur pada Lapisan Jalan

Jarak Beban terhadap Titik Tumpu (L)

$$L = 3,5 \text{ m (setengah lebar jalan)}$$

Momen Lentur (M)

$$M = \text{Beban} \times \text{Jarak} = 200 \text{ kN} \times 3,5 \text{ m} = 700 \text{ kNm}$$

4) Analisis Gaya pada Struktur Jalan

Gaya Normal (N)

$$N = \sigma \times \text{Luas} = 200 \text{ kN}$$

Gaya Aksial (P)

$$P = \text{Beban} = 200 \text{ kN}$$

Penjelasan Gaya

- 1) Gaya Normal: gaya tekan yang bekerja tegak lurus pada permukaan jalan akibat beban kendaraan. Ini penting untuk memastikan jalan tidak retak atau rusak.
- 2) Gaya Aksial: gaya tekan yang diteruskan ke fondasi melalui lapisan jalan. Fondasi harus mampu menahan gaya ini untuk mencegah penurunan atau kegagalan struktur.
- 3) Momen Lentur: momen yang terjadi akibat beban yang bekerja pada jarak tertentu dari titik tumpu. Momen ini menyebabkan lenturan pada lapisan jalan yang harus diperhitungkan dalam desain untuk menghindari deformasi berlebihan.

Dalam merancang jalan raya, insinyur harus mempertimbangkan berbagai gaya yang bekerja pada struktur. Dengan menggunakan prinsip mekanika teknik, kita dapat menghitung tegangan, gaya aksial, dan momen lentur untuk memastikan jalan yang dibangun aman dan tahan lama. Perhitungan ini sangat penting untuk memilih material yang tepat dan menentukan dimensi yang sesuai untuk setiap elemen struktur jalan.



Gambar 2.8 Kegagalan Konstruksi Jalan

Sumber: Didik Suhartono (2018)

Aktivitas 2.3



Mari Diskusi

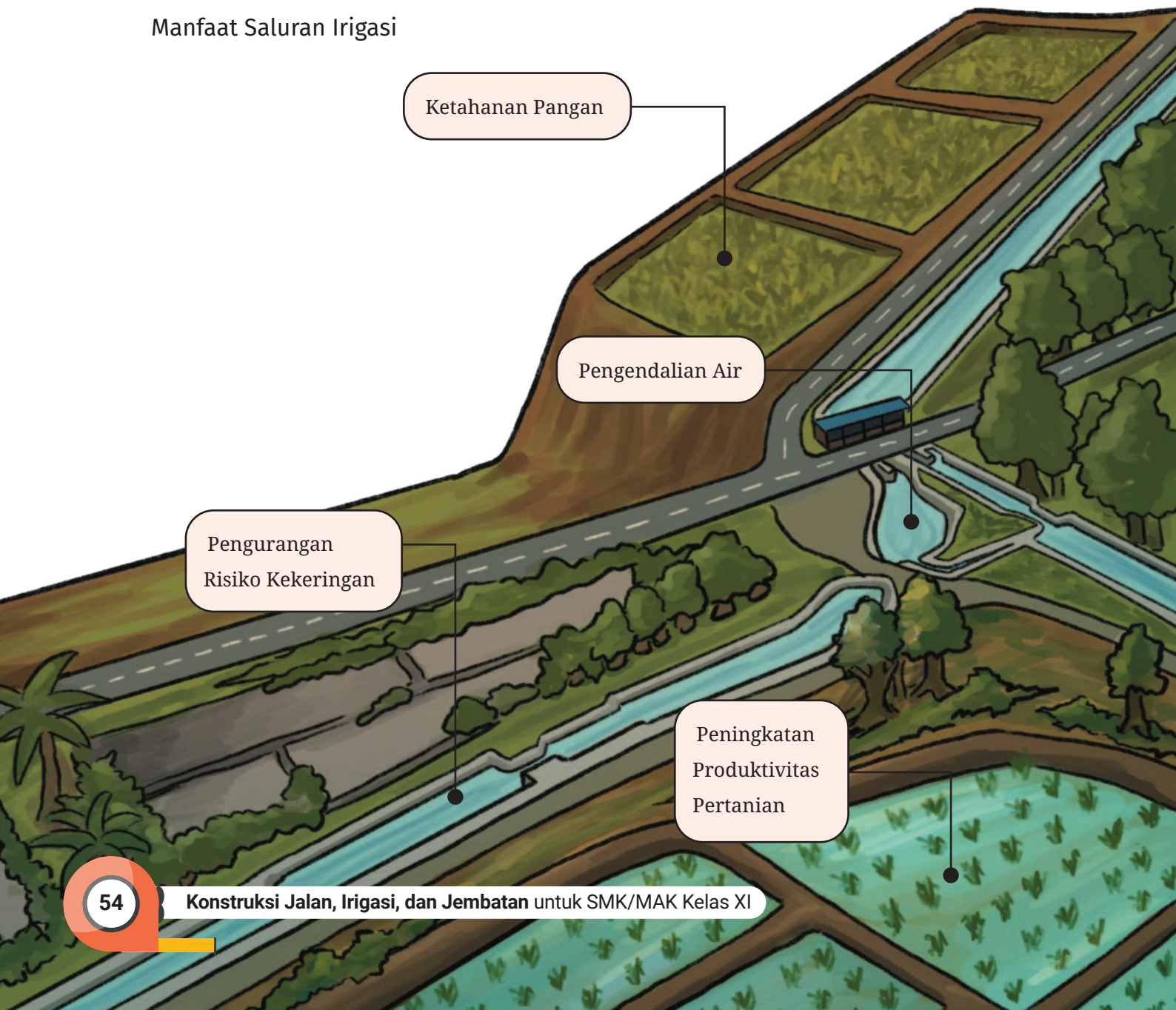
Buatlah kelompok beranggota dua hingga tiga orang. Kamu dapat melakukan pengamatan di daerahmu tentang faktor apa saja yang mengakibatkan gagal konstruksi pada pekerjaan jalan. Kamu juga dapat mencari informasi melalui internet atau sumber lainnya.

B. Mekanika Teknik pada Konstruksi Irigasi

1. Penerapan Mekanika Teknik Konstruksi Irigasi

Saluran irigasi adalah struktur buatan manusia yang dirancang untuk mengalirkan air dari sumbernya, seperti sungai, waduk, atau danau ke lahan pertanian. Tujuan utama dari saluran irigasi adalah menyediakan suplai air yang memadai untuk tanaman, terutama selama musim kering atau di daerah yang curah hujannya tidak mencukupi untuk pertanian.

Manfaat Saluran Irigasi



Saluran irigasi bekerja berdasarkan prinsip gravitasi, di mana air mengalir dari daerah yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah. Mekanika teknik diterapkan untuk memastikan saluran ini dirancang dengan kemiringan yang tepat agar air dapat mengalir dengan efisien tanpa menyebabkan erosi atau sedimentasi yang berlebihan.

Saluran irigasi adalah komponen penting dalam sistem pertanian modern yang dirancang untuk mengalirkan air dari sumber ke lahan pertanian secara efisien dan terkontrol. Penerapan prinsip-prinsip mekanika teknik dalam desain dan konstruksi saluran irigasi memastikan sistem ini berfungsi dengan baik, aman, dan berkelanjutan sehingga dapat mendukung produktivitas pertanian dan ketahanan pangan.

Aktivitas 2.4



Mari Cari Tahu

1. Diskusikan dengan teman atau Bapak/Ibu Guru. Amatilah contoh saluran irigasi di daerah kamu, lalu buatlah model miniatur saluran irigasi menggunakan bahan sederhana seperti pasir, tanah liat, dan air. Deskripsikan bagaimana air mengalir melalui saluran tersebut.
2. Amati gambar di samping. Coba diskusikan apa yang terjadi jika lereng saluran irigasi tidak stabil? Bagaimana cara memastikan lereng saluran irigasi tetap stabil? Apa yang bisa dipelajari dari kasus tersebut untuk mencegah kejadian serupa di masa depan?



Gambar 2.9 Kegagalan Konstruksi Irigasi

Sumber: Galeh (2024)



Gambar 2.10 Bangunan Utama Irigasi

Sumber: Admin PU (2020)

Dalam konstruksi irigasi, penerapan mekanika teknik adalah kunci untuk memastikan saluran dan struktur terkait dapat berfungsi secara efisien dan aman. Konstruksi irigasi mencakup desain, pembangunan, dan pemeliharaan saluran yang membawa air dari sumber ke lahan pertanian.



Gambar 2.11 Saluran Irigasi

Sumber: Galeh (2024)

Kegiatan pengaliran air untuk keperluan irigasi, pasokan air baku maupun keperluan lainnya, membutuhkan suatu bangunan yang disebut Bangunan Utama. Dalam *Kriteria Perencanaan Irigasi*, Bangunan Utama didefinisikan sebagai “semua bangunan yang direncanakan di sungai atau aliran air untuk membelokkan air ke dalam jaringan irigasi, biasanya dilengkapi dengan kantong lumpur agar bisa mengurangi kandungan sedimen yang berlebihan serta memungkinkan untuk mengukur dan mengatur air yang masuk”.

Dalam sistem irigasi, bangunan pengatur air seperti pintu air dan *spillway* berfungsi untuk mengontrol aliran air. Mekanika teknik digunakan untuk menghitung beban yang bekerja pada struktur ini, baik dari tekanan air maupun tekanan tanah. Perhitungan ini memastikan bangunan pengatur air dapat beroperasi dengan aman dan efektif. Pemilihan material konstruksi yang tepat juga merupakan bagian penting dari mekanika teknik untuk memastikan daya tahan terhadap tekanan air dan kondisi lingkungan sekitar.

Saluran pembawa atau biasa disebut saluran irigasi merupakan salah satu prasarana irigasi yang memiliki fungsi antara lain mengambil air dari sumber air, membawa atau mengalirkan air dari sumber ke lahan pertanian, mendistribusikan air kepada tanaman, serta mengatur dan mengukur aliran air. Saluran pembawa dibagi menjadi beberapa jenis yakni:

1. Saluran Primer/ Saluran Induk

Saluran utama yang mengalirkan air dari sumber ke jaringan distribusi. Biasanya, saluran ini memiliki kapasitas besar dan panjang.

2. Saluran Sekunder

Saluran ini bercabang dari saluran primer dan mengalirkan air ke saluran-saluran distribusi yang lebih kecil.

3. Saluran Tersier

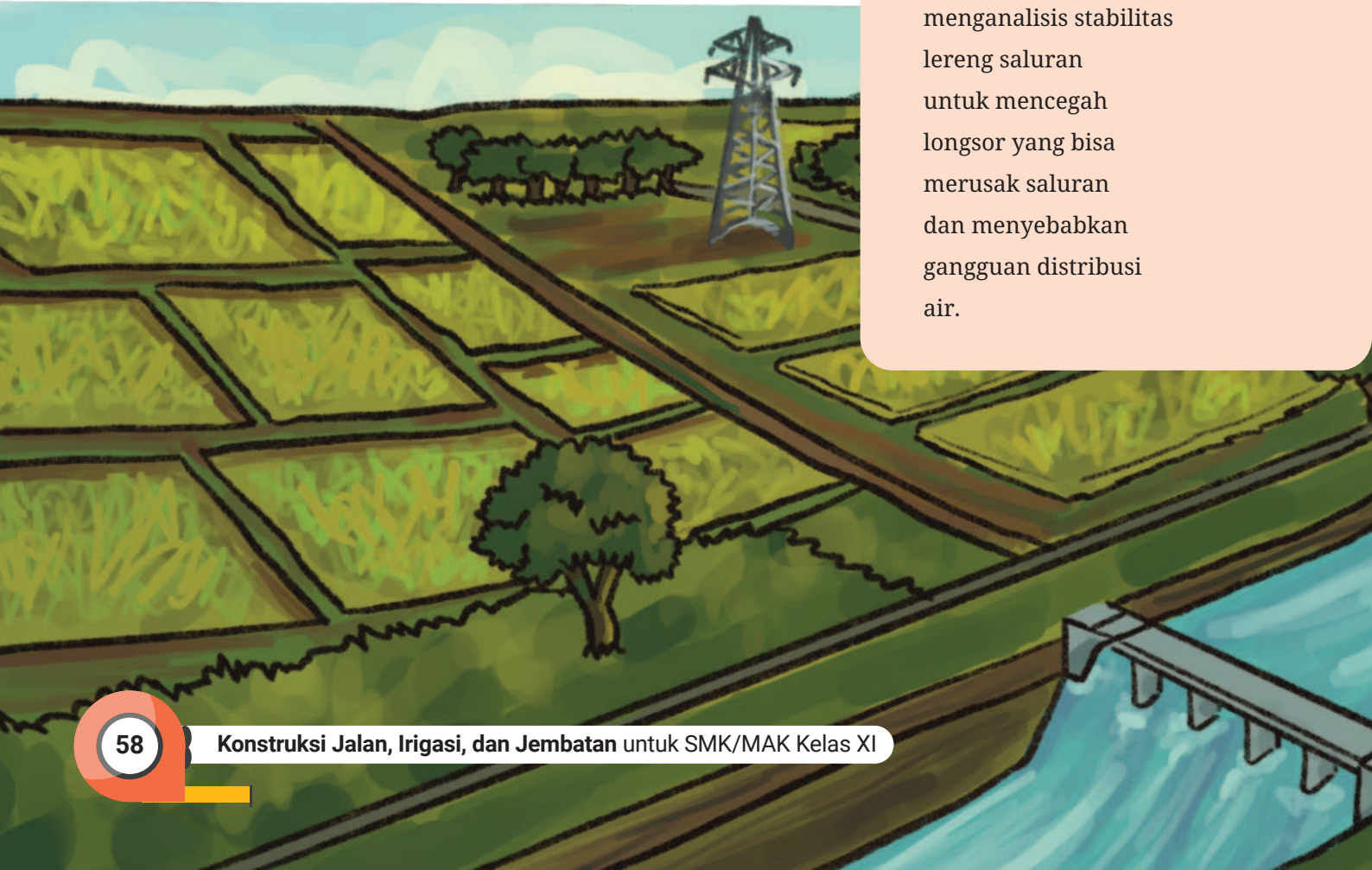
Saluran ini bercabang dari saluran sekunder dan langsung mengalirkan air ke lahan pertanian.

Saluran irigasi dirancang untuk mengalirkan air dengan efisien dari sumbernya ke lahan pertanian. Mekanika teknik diterapkan untuk menghitung aliran air, termasuk kecepatan dan kapasitasnya. Analisis ini penting untuk memastikan air mengalir tanpa menyebabkan erosi atau sedimentasi yang bisa merusak saluran. Selain itu, stabilitas lereng saluran perlu dianalisis untuk mencegah longsor yang dapat mengganggu aliran air dan merusak struktur saluran.

Seringkali, saluran irigasi harus melewati jalan atau penghalang lainnya sehingga diperlukan jembatan saluran. Mekanika teknik membantu dalam desain struktur jembatan ini, memastikan jembatan saluran mampu menahan beban dari air serta kendaraan yang melintas di atasnya. Analisis tekanan tanah di sekitar jembatan saluran juga dilakukan untuk mencegah keruntuhan dan memastikan stabilitas struktur.

Saluran irigasi digunakan untuk mengalirkan air dari sumbernya ke lahan pertanian. Penerapan mekanika teknik dalam desain saluran irigasi meliputi:

- 1) Analisis aliran air: menentukan kecepatan aliran dan kapasitas saluran untuk memastikan air dapat mengalir dengan efisien dan tidak menyebabkan erosi atau sedimentasi.
- 2) Stabilitas lereng: menganalisis stabilitas lereng saluran untuk mencegah longsor yang bisa merusak saluran dan menyebabkan gangguan distribusi air.



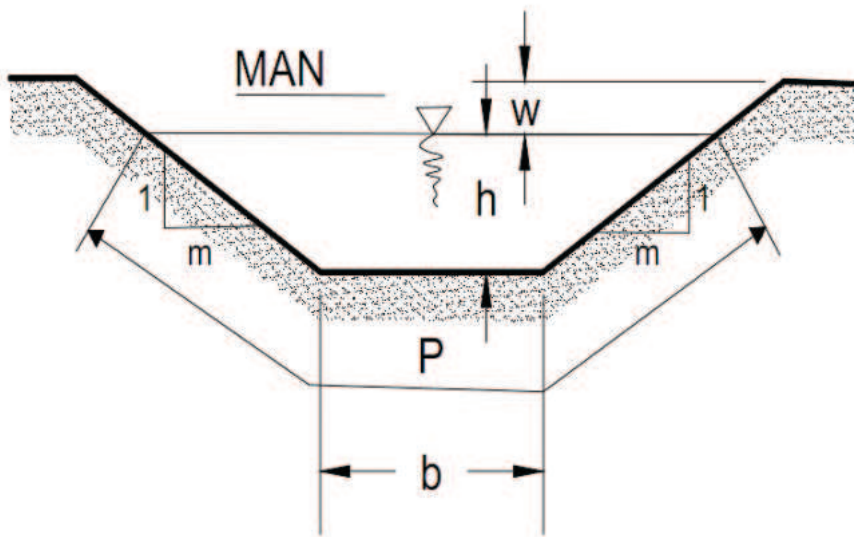
Pemeliharaan rutin dan perbaikan struktur irigasi juga melibatkan penerapan mekanika teknik. Inspeksi rutin dilakukan untuk menganalisis kondisi struktur dan mendeteksi kerusakan atau keausan sebelum menjadi masalah besar. Mekanika teknik digunakan untuk merencanakan dan melaksanakan perbaikan yang diperlukan, memastikan saluran irigasi tetap berfungsi dengan baik dan memiliki umur yang panjang.

Dalam keseluruhan proses konstruksi irigasi, dari desain hingga pemeliharaan, penerapan mekanika teknik sangat penting. Dengan memahami dan menerapkan prinsip-prinsip mekanika teknik, insinyur dapat memastikan sistem irigasi dirancang dan dibangun dengan efisien, aman, dan tahan lama sehingga mendukung distribusi air yang optimal untuk pertanian dan kebutuhan lainnya.



2. Perhitungan Dimensi Konstruksi Irigasi

Dalam konstruksi saluran irigasi, selain memastikan efisiensi aliran air, penting juga untuk memastikan saluran tersebut mampu menahan berbagai beban yang bekerja padanya. Beban ini terutama berasal dari tanah dan air. Oleh karena itu, penerapan prinsip mekanika teknik untuk perkuatan struktur saluran sangat krusial.



Gambar 2.12 Parameter Penampang Melintang Saluran Irigasi

Sumber: Mohammad Bagus Ansori (2018)





Tujuan dari perhitungan dimensi saluran irigasi adalah untuk memastikan saluran:

- 1) Mampu mengalirkan debit air yang diinginkan
- 2) Memiliki stabilitas struktural yang memadai
- 3) Meminimalkan kehilangan air dan sedimentasi
- 4) Memastikan efisiensi aliran air

Konsep Beban Struktural pada Saluran Irigasi

- 1) Beban Tanah (*Soil Load*):

Beban ini berasal dari berat tanah yang berada di sekitar saluran. Tanah memberikan tekanan horizontal dan vertikal pada dinding saluran.

- 2) Beban Air (*Water Load*):

Beban ini disebabkan oleh tekanan air yang berada dalam saluran. Tekanan ini bervariasi sesuai dengan kedalaman air.

Aktivitas 2.5

Mari Cari Tahu

1. Silakan tanyakan kepada Bapak/Ibu Guru atau kerabat kamu. Lakukan pengamatan di area kamu tinggal, carilah informasi bagaimana teknik perkuatan struktur diterapkan untuk mengatasi tekanan tanah dan air. Identifikasi dan tuliskan beberapa tantangan umum dalam perencanaan saluran irigasi. Kamu juga bisa mencari informasi melalui internet dan sumber lainnya mengenai solusi yang ditemukan, dalam hal ini kamu didorong untuk berpikir kreatif dalam mengidentifikasi solusi-solusi inovatif yang mungkin belum banyak diterapkan.
2. Seberapa penting menghitung dimensi saluran irigasi harus dengan tepat? Apa yang terjadi jika saluran irigasi tidak dirancang dengan baik? Diskusikan dengan teman sekelas dan buat daftar alasan mengapa perhitungan dimensi saluran irigasi sangat penting. Setelah diskusi, silakan uraikan alasannya. Buat presentasi singkat tentang dampak dari desain saluran yang buruk.

Pada materi ini, kita akan mempelajari bagaimana menghitung dimensi saluran irigasi menggunakan prinsip mekanika teknik. Kita akan menggunakan contoh kasus sederhana untuk memahami konsep ini dengan lebih baik.

Komponen Utama Saluran Irigasi

- 1) Luas Penampang Basah (A): luas bagian dalam saluran yang diisi oleh air.
- 2) Keliling Basah (P): panjang garis yang bersentuhan langsung dengan air.
- 3) Jari-jari Hidrolik (R): rasio antara luas penampang basah dan keliling basah.
- 4) Kemiringan Saluran (S): kemiringan atau gradien dari dasar saluran.
- 5) Koefisien Kekasaran (n): faktor yang menunjukkan kekasaran permukaan saluran, memengaruhi kecepatan aliran air.

Perhitungan dimensi saluran irigasi sering menggunakan rumus-rumus dari teori aliran fluida dan mekanika tanah, seperti rumus Manning untuk menghitung kecepatan aliran air.

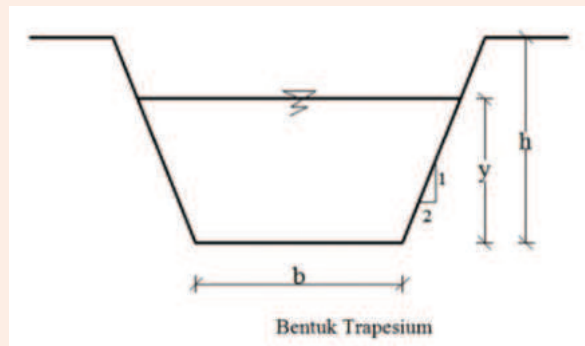
3. Langkah-langkah Perhitungan

- 1) Luas Penampang Basah (A)

Luas penampang basah untuk saluran trapezoid adalah:

$$A = (b + z \cdot h) \cdot h$$

dengan z adalah kemiringan sisi saluran (misalnya $z = 1$ berarti kemiringan 1:1).



Gambar 2.13 Penampang Trapesium

2) Keliling Basah (P)

Keliling basah untuk saluran trapezoidal adalah:

$$P = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + z^2}$$

3) Jari-jari Hidrolik (R)

Jari-jari hidrolik adalah:

$$R = \frac{A}{P}$$

4) Kecepatan Aliran (v)

Kecepatan aliran dihitung dengan rumus Manning:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

5) Debit Aliran (Q):

Debit aliran dihitung dengan rumus:

$$Q = A \cdot V$$

Gaya yang Bekerja:

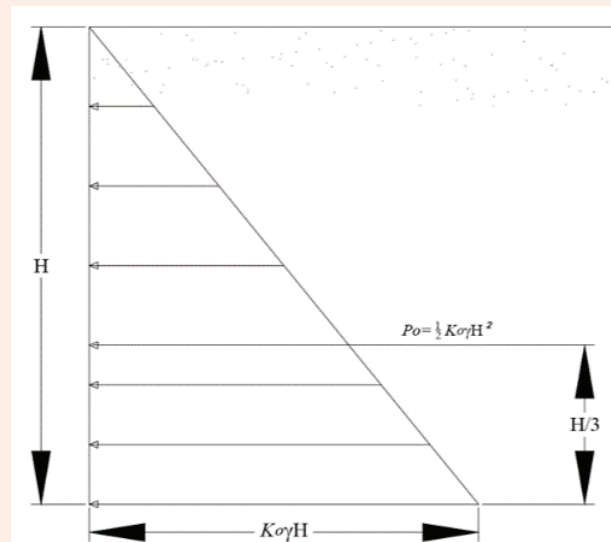
1) Tekanan Tanah Horizontal (σ_{tanah})

$$\sigma_{\text{tanah}} = K_a \cdot \gamma \cdot h$$

Di mana K_a adalah koefisien tekanan tanah aktif, γ adalah berat satuan tanah, dan h adalah kedalaman tanah.

Gambar 2.14 Distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam (*at rest*)

Sumber: Das (1993)



2) Tekanan Hidrostatik Air (σ_{air})

$$\sigma_{\text{air}} = \gamma_w \cdot h$$

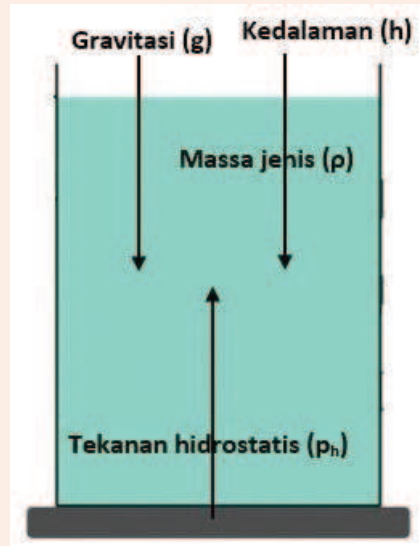
Dimana γ_w adalah berat jenis air ($9,81 \text{ kN/m}^3$) dan h adalah kedalaman air.

3) Gaya Berat Tanah (W_{tanah})

Gaya ini berasal dari massa tanah yang berada di atas saluran irigasi dan bekerja secara vertikal ke bawah.

4) Gaya Berat Air (W_{air})

Gaya ini berasal dari massa air dalam saluran dan bekerja secara vertikal ke bawah pada dasar saluran.



Gambar 2.15 Distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam (*at rest*)

Sumber: Afdan (2021)

Pemahaman tentang gaya horizontal dan vertikal yang bekerja pada saluran irigasi sangat penting dalam perancangan dan perkuatan struktur saluran. Tekanan tanah dan air harus diperhitungkan dengan saksama untuk memastikan saluran irigasi memiliki stabilitas dan kekuatan yang cukup untuk menahan beban yang bekerja padanya. Dengan demikian, saluran irigasi dapat berfungsi dengan baik dan berkelanjutan dalam jangka panjang.

Contoh Kasus Perhitungan

Kasus: Kita ingin merancang saluran irigasi trapezoid dengan debit aliran $2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Diketahui:

- Lebar dasar saluran (b) = 2 meter
- Kemiringan saluran (S) = 0,001
- Koefisien kekasaran Manning (n) = 0,015
- Kemiringan sisi saluran (z) = 1 (kemiringan 1:1)

Langkah-langkah Perhitungan:

- 1) Perkiraan Awal Kedalaman Air (h)

Dimulai dengan asumsi kedalaman air $h = 1$ meter.

- 2) Luas Penampang Basah (A)

$$A = (b + z \cdot h) \cdot h = (2 + 1 \cdot 1) \cdot 1 = 3 \text{ m}^2$$

- 3) Keliling Basah (P):

$$P = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + z^2} = 2 + 2 \cdot 1 \cdot \sqrt{1 + 1} = 4,282 \text{ m}$$

- 4) Jari-jari Hidrolik (R):

$$R = \frac{A}{P} = \frac{3}{4,281} = 0,621 \text{ m}$$

- 5) Kecepatan Aliran (V):

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} = \frac{1}{0,015} \cdot (0,621)^{2/3} \cdot (0,001)^{1/2} = 1,49 \text{ m/s}$$

- 6) Debit Aliran (Q):

$$Q = A \cdot V = 3 \cdot 1,49 = 4,47 \text{ m}^3/\text{s}$$

Karena debit aliran yang dihitung ($4,47 \text{ m}^3/\text{s}$) lebih besar dari yang diinginkan ($2 \text{ m}^3/\text{s}$), kita perlu mengurangi kedalaman air h . Ulangi langkah-langkah di atas dengan perkiraan kedalaman yang lebih kecil sampai mendapatkan debit aliran mendekati $2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Aktivitas 2.6



Mari Diskusi

Buatlah kelompok dengan anggota dua orang. Kamu diminta untuk menghitung desain saluran irigasi trapezoid dengan debit aliran $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Hitunglah kedalaman air (h) yang diperlukan, kecepatan aliran (V) dan debit aliran (Q)! Kamu juga bisa mencari informasi melalui internet dan sumber lainnya.

Guna menguraikan persoalan di atas, kamu harus menggunakan nalar kritis untuk memahami penyebab masalah dan bagaimana solusi tersebut dapat mengatasi masalah tersebut secara efektif. Kamu juga perlu disiplin dalam mengatur waktu dan menjalankan tugas sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan.

Diketahui:

Lebar dasar saluran (b) = 1,5 meter

Kemiringan saluran (S) = 0,0015

Koefisien kekasaran Manning (n) = 0,02

Kemiringan sisi saluran (z) = 1 (kemiringan 1:1)

Gunakan data di atas untuk menghitung dimensi saluran irigasi yang sesuai. Buat tabel untuk mencatat hasil perhitungan kamu pada setiap langkah. Diskusikan hasil perhitungan dengan kelompok belajar dan bandingkan jawaban.

C. Mekanika Teknik pada Konstruksi Jembatan

1. Penerapan Mekanika Teknik Konstruksi Jembatan

Secara garis besar, jembatan dapat dibagi menjadi dua, yakni sesuai dengan bahan pembuatan dan fungsi. Jembatan dapat dibuat dengan bahan seperti kayu, pasangan batu dan bata, beton bertulang dan beton prategang, baja, serta komposit (paduan dua jenis bahan identik ataupun yang berbeda). Adapun jembatan menurut fungsinya antara lain jalan raya, penyeberangan, kereta api, dan darurat.

Pengaplikasian jembatan dalam kehidupan sehari-hari sangat penting. Aplikasi ini antara lain sebagai media penyeberangan, penghubung antarwilayah, pertumbuhan ekonomi, interaksi sosial, dan tanda batas wilayah.

Komponen jembatan jembatan terbagi menjadi tiga bagian besar, yakni struktur atas, struktur bawah, dan bangunan pelengkap. Struktur atas jembatan terdiri atas gelagar induk atau gelagar utama, gelagar melintang atau diafragma, perletakan atau andas, dan sambungan ekspansi (*expansion joint*). Struktur bawah jembatan antara lain fondasi, abutmen, dan pilar. Adapun yang termasuk bangunan pelengkap jembatan adalah saluran drainase, jalan pendekat atau *oprit* jembatan, talud, patok penuntun (*guide post*), lampu penerangan, dan trotoar.



Untuk memahami perihal penerapan mekanika teknik konstruksi jembatan, kalian dapat membaca lebih lanjut pada tautan berikut.

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJBab2>



2. Perhitungan Dimensi Konstruksi Jembatan

Konstruksi jembatan apabila ditinjau dari fungsinya, merupakan elemen penting dalam infrastruktur yang mendukung hampir setiap aspek kehidupan sehari-hari, dari transportasi hingga ekonomi, serta dapat memberikan pengaruh pada konektivitas sosial. Pada konstruksi jembatan, penerapan mekanika teknik sangat penting untuk memastikan bahwa jembatan dapat menahan beban yang diterimanya tanpa mengalami keruntuhan atau deformasi yang berlebihan. Berikut ini beberapa penerapan mekanika teknik pada konstruksi jembatan.

1) Analisis beban

Jembatan harus dirancang untuk menahan berbagai jenis beban seperti beban mati (berat struktur itu sendiri), beban hidup (kendaraan, pejalan kaki), dan beban lingkungan (angin, gempa bumi). Mekanika teknik membantu dalam menghitung dan menganalisis distribusi beban ini sehingga jembatan dapat dirancang untuk menahan semua beban dengan aman.

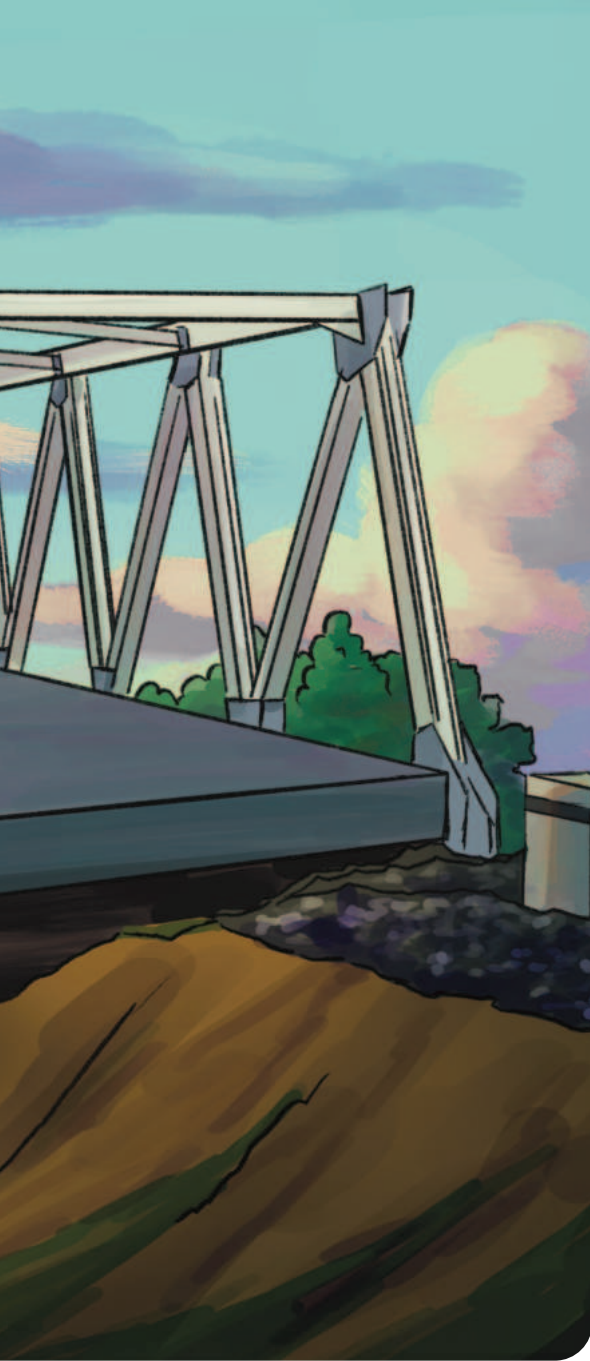
2) Gaya dan momen

Ketika beban bekerja pada jembatan, gaya dan momen akan timbul dalam struktur. Mekanika teknik digunakan untuk menganalisis bagaimana gaya-gaya ini tersebar di seluruh elemen jembatan seperti balok, kolom, dan kabel. Ini membantu dalam menentukan dimensi dan material yang tepat untuk setiap elemen struktur.

3) Keseimbangan struktur

Jembatan harus tetap dalam keadaan seimbang di bawah pengaruh berbagai beban. Penerapan prinsip-prinsip statika, yang merupakan bagian dari mekanika teknik, memastikan semua gaya dan momen dalam jembatan seimbang sehingga tidak ada bagian yang cenderung runtuh atau terlepas.





4) Analisis deformasi

Ketika jembatan menerima beban, elemen-elemen strukturalnya akan mengalami deformasi. Mekanika teknik digunakan untuk menghitung besarnya deformasi ini dan memastikan deformasi tersebut berada dalam batas yang aman. Deformasi yang terlalu besar dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur atau kenyamanan pengguna jembatan.

5) Stabilitas struktur

Stabilitas struktur adalah kemampuan jembatan untuk tetap berdiri tegak tanpa bergeser atau miring di bawah pengaruh beban. Analisis stabilitas menggunakan prinsip-prinsip mekanika teknik untuk memastikan jembatan tidak akan terguling atau runtuh di bawah beban yang diterimanya.

6) Material dan elastisitas

Pemilihan material yang tepat untuk jembatan didasarkan pada sifat mekanis seperti kekuatan, elastisitas, dan ketahanan terhadap deformasi. Mekanika teknik memberikan dasar untuk memahami bagaimana material akan bereaksi terhadap beban dan membantu dalam memilih material yang akan memberikan kinerja terbaik.

Penerapan mekanika teknik pada konstruksi jembatan sangat penting, kita akan mendapatkan wawasan yang lebih mendalam tentang bagaimana jembatan dirancang dan dibangun untuk memastikan keamanan, kekuatan, dan ketahanannya terhadap berbagai beban.

a. Tahapan Perencanaan

1) Studi kelayakan

- Analisis kebutuhan: menilai kebutuhan lalu lintas, karakteristik area, dan tujuan fungsional jembatan.
- Evaluasi alternatif: membandingkan berbagai jenis jembatan (misalnya jembatan gantung, jembatan balok, jembatan lengkung) untuk menentukan yang paling sesuai.

2) Survei dan pengumpulan data

- Survei topografi: mengukur kondisi permukaan tanah, termasuk kemiringan dan kontur.
- Survei geoteknik: mengidentifikasi kondisi tanah dan struktur geologi di lokasi untuk menentukan daya dukung tanah dan potensi masalah.
- Survei hidrologi: mengukur aliran air dan potensi banjir yang dapat memengaruhi desain fondasi jembatan.

3) Desain geometrik

- Geometri jembatan: menentukan panjang bentang, lebar jembatan, dan jenis struktur (misalnya, jembatan balok, jembatan lengkung, jembatan gantung).
- Ketinggian dan jarak (*clearance*): menentukan ketinggian jembatan untuk memungkinkan lalu lintas di bawahnya (misalnya kapal, kendaraan).

4) Desain struktural

- Analisis beban: mengidentifikasi jenis beban (beban kendaraan, beban angin, beban gempa) dan distribusinya pada struktur jembatan.
- Pemilihan material: memilih material yang sesuai (beton, baja, komposit) berdasarkan kekuatan, daya tahan, dan biaya.



b. Simulasi Kasus: Perencanaan Jembatan Balok Sederhana

Perhitungan Beban

1. Beban Tetap (*Dead Load*): beban yang tidak berubah, seperti berat jembatan itu sendiri, termasuk elemen struktural dan perkerasan.
2. Beban Hidup (*Live Load*): beban yang bervariasi, seperti kendaraan dan pejalan kaki. Beban ini biasanya dihitung berdasarkan standar lalu lintas dan kemungkinan beban maksimum.
3. Beban Lingkungan: beban tambahan dari angin, gempa bumi, suhu, dan faktor lingkungan lainnya.

Kondisi Kasus

Kita akan merancang sebuah jembatan balok sederhana dengan panjang 10 meter yang digunakan untuk menghubungkan dua tepi sungai. Jembatan ini harus mampu menahan beban kendaraan berat. Kita akan menghitung dimensi balok jembatan yang diperlukan dengan mempertimbangkan gaya momen, aksial, dan normal yang terjadi pada struktur.

Data Kasus:

- Panjang Jembatan (L): 10 meter
- Lebar Jembatan: 3 meter
- Beban Terdistribusi (q): 20.000 N/m (berat kendaraan dan beban lainnya)
- Modulus Elastisitas Beton (E): 30 GPa
- Kekuatan Tekan Beton (f_c): 25 MPa

Langkah-langkah Perhitungan:

1. Perhitungan Gaya Momen

Momen Maksimum (M): Pada jembatan balok sederhana yang ditumpu di kedua ujungnya, momen maksimum terjadi di tengah bentang.

Rumus Momen Maksimum:

$$M = \frac{q \times L^2}{8}$$

Di mana q adalah beban terdistribusi per meter, dan L adalah panjang jembatan.

Perhitungan:

$$M = \frac{20.000 \text{ N/m} \times (10 \text{ m})^2}{8} = 25.000$$

2. Perhitungan Gaya Aksial

Gaya Aksial: untuk jembatan balok sederhana, gaya aksial umumnya kecil jika dibandingkan dengan gaya momen dan gaya normal. Namun, pada struktur yang lebih kompleks atau dengan tambahan beban, gaya aksial mungkin perlu diperhitungkan.

Untuk kasus ini, gaya aksial dapat dianggap kecil dan tidak signifikan dalam perhitungan. Fokus utama adalah pada momen dan gaya normal.

3. Perhitungan Gaya Normal

Gaya Normal (N): gaya normal merupakan gaya tekan atau tarik yang bekerja tegak lurus terhadap penampang balok. Untuk jembatan balok, gaya normal dapat dianggap sebagai beban vertikal yang ditopang oleh balok.

Gaya Normal pada Titik Tengah:

$$N = q \times L = 20.000 \text{ N/m} \times 10 \text{ m} = 200.000 \text{ N}$$

4. Perhitungan Dimensi Balok Jembatan

Modulus Lentur Beton (I): untuk menentukan ketebalan balok, kita menghitung modulus lentur beton berdasarkan momen maksimum.

Rumus Modulus Lentur:

$$I = \frac{M}{f_c \times \frac{b \times h^2}{6}}$$

Di mana b adalah lebar balok, dan h adalah tinggi balok.

Estimasi Dimensi Balok: Anggap lebar balok $b=0,5$ m. Kita akan menyelesaikan untuk tinggi h .

$$I = \frac{25.000 N}{35 \times \frac{0,5 \times (10^3)^2}{6}} = 0,0012 \text{ m}^4$$

Menggunakan rumus

$$I = \frac{b \times h^2}{6}$$

$$0,0012 = \frac{0,5 \times h^2}{6}$$

$$h = 12 \text{ cm}$$

Ketebalan Balok: Dengan ketebalan balok h sekitar 12 cm dan lebar 50 cm, dimensi balok jembatan yang diusulkan adalah lebar 50 cm dan tinggi 12 cm.

Perhitungan dimensi jembatan melibatkan analisis gaya momen, gaya aksial (jika signifikan), dan gaya normal. Dengan menggunakan prinsip mekanika teknik, kita dapat merancang balok jembatan yang kuat dan aman untuk menahan beban yang akan diterima. Simulasi ini menunjukkan pentingnya perhitungan akurat dalam perancangan struktur jembatan untuk memastikan keselamatan dan keandalan.

Aktivitas 2.7



Mari Diskusi

Diskusikan dengan teman atau Bapak/Ibu Guru, amatilah contoh pekerjaan konstruksi jembatan di area kamu tinggal. Silakan identifikasi bagian-bagian apa saja yang terdapat pada jembatan tersebut. Kamu juga bisa mencari informasi tersebut melalui internet dan sumber lainnya.

Uji Kompetensi

Buatlah kelompok dan kerjakan tugas di bawah ini sesuai dengan instruksi yang diberikan!

1. Siswa/siswi dengan nomor presensi 1 sampai dengan 10:

- Buatlah contoh penerapan prinsip mekanika teknik pada konstruksi jembatan di daerah kalian tinggal.
- Identifikasikan bagian-bagian konstruksi jembatan tadi, lalu simulasikan dengan perhitungan dimensi yang kalian kehendaki untuk mendapatkan nilai/besaran dimensi ketebalan balok pada konstruksi jembatan tersebut!
- Presentasikan di depan kelas!

2. Siswa/siswi dengan nomor presensi 11 sampai dengan 20:

- Buatlah contoh penerapan prinsip mekanika teknik pada saluran irigasi di daerah kalian tinggal.
- Identifikasikan manfaat saluran irigasi tersebut, lalu simulasikan hasil perhitungan analisis dimensi saluran irigasi dan uraikan langkah-langkah perhitungannya!
- Presentasikan di depan kelas!

3. Siswa/siswi dengan nomor presensi 21 dan seterusnya:

- Buatlah contoh penerapan prinsip mekanika teknik pada konstruksi jalan di daerah kalian tinggal!
- Identifikasikan kerusakan yang terjadi dan penyebabnya. Simulasikan hasil perhitungan analisis soal konstruksi jalan pada tugas sebelumnya, serta uraikan langkah-langkah perhitungannya!
- Presentasikan di depan kelas!

Pengayaan

Untuk menambah wawasan kalian tentang mekanika teknik konstruksi jalan, jembatan, dan irigasi, simak tayangan video pada pranala berikut.

Mekanika Teknik Konstruksi Jalan Raya

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Video9>



Mekanika Teknik Konstruksi Jembatan

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Video10>



Mekanika Teknik Konstruksi Bendungan (Irigasi)

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Video11>



Refleksi

Kalian sudah mempelajari materi mekanika teknik konstruksi jalan, irigasi, dan jembatan ini secara tuntas. Kalian sudah memahami penerapan mekanika teknik serta perhitungan dimensi pada pekerjaan konstruksi jalan, irigasi, dan jembatan. Dari materi yang sudah dijelaskan, hal apa yang masih dirasa paling sulit untuk dikuasai/dipahami? Diskusikan kesulitan tersebut dengan teman maupun guru kalian.

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

Konstruksi Jalan, Irigasi, dan Jembatan
untuk SMK/MAK Kelas XI

Penulis: Arum Fajar V dan Galeh Nur Indriatno P.
ISBN: 978-634-00-0196-9

Bab III

Pelaksanaan, Pengawasan, dan Pemeliharaan Konstruksi Jalan

Bagaimana langkah pelaksanaan dalam pekerjaan konstruksi jalan?



Pada materi kali ini, kalian akan lebih memperdalam materi tentang pelaksanaan, pengawasan, pemeliharaan pekerjaan jalan, serta konstruksi perkerasan jalan dan konstruksi bangunan pengaman. Selain itu, kalian akan menganalisis pemeliharaan konstruksi jalan dan pembuatan laporan pekerjaan konstruksi jalan. Mengapa kalian perlu memahami ilmu yang berkaitan dengan pelaksanaan, pengawasan, dan pemeliharaan pekerjaan jalan dan bangunan pengaman? Dalam kehidupan keseharian kita, tidak lepas dengan banyaknya manfaat jalan. Oleh karena itu, kita harus mempelajari dan memahami bagaimana pembuatan jalan agar dapat digunakan secara semestinya.

Tujuan Pembelajaran

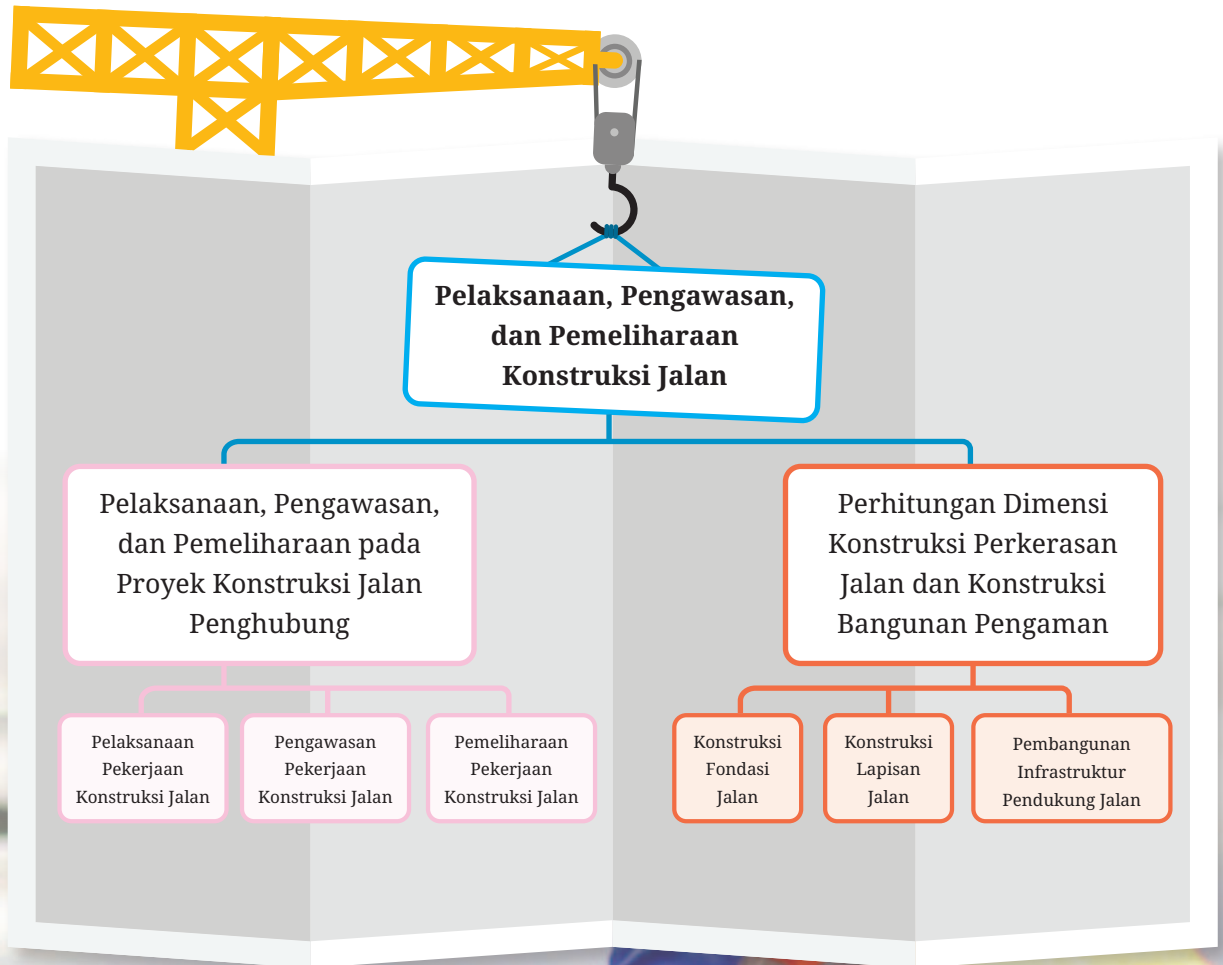
Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu menerapkan pekerjaan pelaksanaan, pengawasan, dan pemeliharaan pada proyek konstruksi jalan penghubung serta menghitung dimensi kebutuhan pada konstruksi perkerasan jalan dan konstruksi bangunan pengaman.

Kata Kunci

- konstruksi jalan
- pelaksanaan
- pengawasan
- pemeliharaan
- perkerasan



Peta Konsep



Sumber: Unsplash.com/nanang adi

Apersepsi

Proyek jalan tol Semarang–Demak yang melintasi laut telah dimulai pada Juni 2020. Pembangunan tol ini merupakan bagian proyek strategis nasional yang memiliki beberapa tujuan. Pertama, meningkatkan konektivitas dan mengurangi kemacetan lalu lintas di jalur pantura (pantai utara) Jawa. Kedua, memperlancar distribusi barang dengan lebih efisien. Ketiga, menangani masalah banjir rob di wilayah Semarang timur, khususnya di daerah Kaligawe (Semarang)–Sayung (Demak).



Gambar 3.1 Proyek tol Semarang–Demak 27 km untuk Seksi 2 (Sayung–Demak)

Sumber: Dok. Kemenpupr (2022)

Tanah dasar yang akan dijadikan landasan dan fondasi pada perletakan jalan tol Semarang–Demak ini berbeda karena berada di atas laut. Profesionalitas kontraktor, pelaksana konstruksi, perencana, dan pengawas harus mampu menentukan bentuk dan model jalan, serta komponen-komponen yang harus dipersiapkan.

Aktivitas 3.1



Mari Berpikir Kreatif

Apakah kalian tertarik menjadi seorang kontraktor atau pelaksana pekerjaan jalan seperti narasi di atas? Menurut kalian, apa saja pekerjaan yang dipersiapkan pada pelaksanaan jalan tol yang di atas laut?

A. Pelaksanaan, Pengawasan, dan Pemeliharaan pada Proyek Konstruksi jalan

Pada materi ini kamu akan mempelajari tahapan pekerjaan pelaksanaan, pengawasan, dan pemeliharaan pada proyek konstruksi jalan. Tahapan-tahapan tersebut digunakan untuk memastikan konstruksi jalan dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Oleh karena itu, mempelajari pelaksanaan, pengawasan, dan pemeliharaan konstruksi jalan adalah urgensi yang tidak bisa diabaikan.



Aktivitas 3.2



Mari Amati



Gambar 3.2 Jalan Raya

Sumber: Arum Fajar V (2024)

Cobalah kalian cermati gambar di atas. Bayangkan apa saja tahapan pelaksanaan pembuatan jalan tersebut dari awal sampai selesai, termasuk fungsinya. Jalan yang dibuat mulai perencanaan, pelaksanaan, pengawasan, dan pemeliharaan terdapat suatu proses kerja yang terstruktur. Sebutkan proses atau tahapan umum pada pekerjaan konstruksi jalan sesuai dengan pemahaman kalian!

1. Pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi Jalan

Pelaksanaan pekerjaan konstruksi jalan adalah proses pembangunan yang memiliki beberapa tahap, antara lain pengukuran dan perencanaan, pemilihan material, serta pelaksanaan pembangunan dan pemeliharaan jalan. Pada pelaksanaan pekerjaan konstruksi jalan memiliki manajemen konstruksi yang mensyaratkan perlunya pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan urutan atau tahapan-tahapan pekerjaan yang benar.

Dalam buku ini akan dijelaskan tentang tahapan-tahapan pekerjaan pada pelaksanaan pekerjaan konstruksi jalan, baik perkerasan kaku maupun perkerasan lentur. Setiap tahapan pelaksanaan pekerjaan jalan memiliki SOP atau standar operasional pekerjaan sesuai dengan persyaratan pelaksanaan pekerjaan. Pada proses pelaksanaan pekerjaan konstruksi jalan juga harus memperhatikan lingkungan, topograf, dan lalu lintas pada area proyek pekerjaan konstruksi jalan. Pelaksanaan pekerjaan konstruksi jalan terdiri atas berbagai pekerjaan berikut.

a. Pekerjaan persiapan

Pekerjaan persiapan merupakan langkah awal pada proyek konstruksi jalan dan dilakukan sebelum dimulainya pekerjaan konstruksi utama. Pekerjaan persiapan mencakup beberapa pekerjaan yang dilakukan sebelum pelaksanaan pekerjaan jalan dimulai.



Gambar 3.3 Pekerjaan Persiapan
Jalan Tol Jogja-Solo Paket 2.2

Sumber: Dok. PT Adhi Karya

Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan	Kegiatan	Uraian Pekerjaan
Studi Kelayakan dan Perencanaan	<ul style="list-style-type: none"> • Studi Kelayakan • Pengumpulan Data • Perencanaan Desain 	<ul style="list-style-type: none"> • Menilai apakah proyek jalan tersebut layak dari segi teknis, ekonomi, dan lingkungan • Melakukan survei topografi, geoteknik, lalu lintas, dan lingkungan untuk mendapatkan data yang diperlukan • Merancang detail teknis jalan, termasuk geometrik, struktur lapisan perkerasan, drainase, dan fasilitas pendukung lainnya
Perizinan dan Persetujuan	<ul style="list-style-type: none"> • Pengurusan Izin • Persetujuan Rencana 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengurus izin-izin yang diperlukan seperti izin lingkungan, izin penggunaan lahan, dan izin konstruksi • Mendapatkan persetujuan dari otoritas terkait terhadap desain dan rencana konstruksi yang telah dibuat
Pembebasan Lahan	<ul style="list-style-type: none"> • Identifikasi Lahan • Negosiasi dan Pembayaran • Pembebasan Lahan 	<ul style="list-style-type: none"> • Menentukan lahan yang akan digunakan untuk proyek jalan • Melakukan negosiasi dengan pemilik lahan dan menyelesaikan pembayaran atau kompensasi • Menyelesaikan proses legal untuk pembebasan lahan sehingga dapat digunakan untuk proyek konstruksi

Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan	Kegiatan	Uraian Pekerjaan
Pengadaan Material dan Peralatan	<ul style="list-style-type: none"> Pemilihan Vendor Pembelian Material Mobilisasi Peralatan 	<ul style="list-style-type: none"> Memilih vendor yang akan menyediakan material dan peralatan yang diperlukan Memastikan semua bahan yang dibutuhkan, seperti aspal, agregat, dan beton, tersedia tepat waktu Mengangkut dan memasang peralatan konstruksi ke lokasi proyek
Penyiapan Lokasi Konstruksi	<ul style="list-style-type: none"> Pengukuran dan Penandaan Pembersihan Lahan Pembangunan Fasilitas Pendukung 	<ul style="list-style-type: none"> Melakukan pengukuran lapangan untuk menentukan batas dan level jalan Membersihkan area dari vegetasi, bangunan, atau halangan lain yang tidak diperlukan Membangun fasilitas seperti kantor proyek, gudang material, dan area parkir alat berat
Pengaturan Lalu Lintas Sementara	<ul style="list-style-type: none"> Penentuan Jalur Alternatif Pemasangan Rambu-rambu 	<ul style="list-style-type: none"> Menentukan dan menyiapkan jalur alternatif untuk lalu lintas yang akan terganggu oleh proyek Memasang rambu-rambu dan petunjuk bagi pengendara untuk menghindari daerah konstruksi

Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan	Kegiatan	Uraian Pekerjaan
Pengaturan Lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> • Pengendalian Debu dan Polusi • Penanganan Limbah 	<ul style="list-style-type: none"> • Menyusun rencana untuk mengendalikan debu dan polusi yang mungkin terjadi selama proyek • Menyiapkan sistem pengelolaan limbah untuk menghindari dampak negatif terhadap lingkungan
Koordinasi dengan Pihak Terkait	<ul style="list-style-type: none"> • Koordinasi dengan Otoritas Lokal • Informasi kepada Masyarakat 	<ul style="list-style-type: none"> • Berkomunikasi dengan pemerintah daerah, dinas pekerjaan umum, dan otoritas lainnya untuk memastikan kelancaran proyek • Memberikan informasi kepada masyarakat sekitar mengenai rencana proyek dan dampak yang mungkin timbul



Gambar 3.4 Pekerjaan Pemasangan Tanah

Sumber: teamSEOproject (2022)

b. Pekerjaan tanah dasar

Pekerjaan tanah dasar pada konstruksi jalan terdiri atas beberapa pekerjaan. Pekerjaan tanah yang paling awal dilakukan adalah pemeriksaan kondisi tanah dasar dengan cara pengujian tanah di laboratorium dan pengujian tanah di lapangan. Pengujian ini berguna untuk mengidentifikasi jenis tanah pada lokasi pekerjaan konstruksi jalan. Pembagian tahapan pekerjaan tanah dapat dipelajari pada tabel.

Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan Tanah

Pekerjaan	Uraian Pekerjaan
Penggalian Tanah	Menggali tanah di area yang akan dibangun jalan hingga mencapai kedalaman yang sesuai dengan desain
Pemadatan Tanah	Memadatkan tanah dasar untuk meningkatkan kekuatannya dan mencegah penurunan tanah yang dapat menyebabkan kerusakan jalan di kemudian hari. Pemadatan dilakukan menggunakan alat berat seperti <i>roller</i> atau <i>stamper</i>
Pemindahan Tanah	Memindahkan tanah yang digali ke lokasi lain atau menggunakannya untuk pengurugan di area lain dari proyek jalan
Pemadatan Lapisan Tanah	Setelah tanah dipindahkan dan diratakan, lapisan-lapisan tanah tersebut dipadatkan kembali untuk memastikan stabilitas
Pengurugan	Menambahkan tanah atau material lain untuk mengisi area yang rendah sehingga permukaan jalan menjadi rata. Pengurugan biasanya menggunakan material seperti pasir atau kerikil
Stabilisasi Tanah	Jika diperlukan, dilakukan stabilisasi tanah menggunakan bahan kimia atau penambahan material seperti semen atau kapur untuk memperkuat tanah dasar
Pemadatan Akhir	Setelah semua lapisan tanah dan material pengisi ditempatkan, dilakukan pemadatan akhir untuk memastikan semua lapisan sudah benar-benar padat dan stabil sebelum pelapisan aspal atau beton



Gambar 3.5 Pekerjaan Drainase Jalan

Sumber: Admin DPU (2022)

c. Pekerjaan Drainase

Setelah pekerjaan tanah dasar selesai, tahap selanjutnya adalah pekerjaan drainase. Pekerjaan drainase pada jalan mencakup berbagai jenis aktivitas untuk mengelola aliran air agar tidak merusak struktur jalan atau lingkungan sekitarnya. Pekerjaan drainase yang dilakukan pada jalan antara lain pembuatan saluran drainase, pemasangan gorong-gorong, pembuatan sistem resapan air, pembuatan *manhole* dan *inlet*, serta pembangunan talang air dan jembatan air.

Salah satu yang akan dibahas dalam buku ini adalah saluran drainase yang berfungsi mengalirkan dan membuang air dari badan jalan agar tidak tergenang dan merusak struktur perkerasan jalan saat terjadi hujan. Umumnya, drainase berbentuk segi empat, trapesium, dan setengah lingkaran. Dinding drainase dapat menggunakan pasangan batu kali atau tanah asli.

Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan Drainase

Pekerjaan	Uraian Pekerjaan
Perencanaan dan Desain	<ul style="list-style-type: none"> Mengidentifikasi kebutuhan drainase berdasarkan topografi dan kondisi lingkungan Merancang sistem drainase yang mencakup saluran, gorong-gorong, dan fitur lainnya untuk mengalirkan air dengan aman

Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan Drainase

Pekerjaan	Uraian Pekerjaan
Pengukuran dan Penandaan Lokasi	<ul style="list-style-type: none"> • Menentukan lokasi tepat di mana saluran drainase dan struktur lainnya akan dibangun • Penandaan area kerja untuk memastikan pembangunan sesuai dengan desain
Penggalian Saluran Drainase	<ul style="list-style-type: none"> • Menggali tanah sesuai dengan ukuran dan kedalaman yang direncanakan • Penggalian dilakukan secara hati-hati untuk menghindari gangguan struktur tanah sekitarnya
Pemasangan Struktur Drainase	<ul style="list-style-type: none"> • Pemasangan pipa, gorong-gorong, atau saluran terbuka sesuai desain • Memastikan semua struktur dipasang dengan kemiringan yang tepat untuk memastikan aliran air yang lancar
Pembuatan Dinding Penahan	<ul style="list-style-type: none"> • Membangun dinding penahan untuk mencegah erosi atau longsor tanah di sekitar saluran drainase • Dinding ini bisa dibuat dari beton, batu, atau material lainnya sesuai dengan kebutuhan
Pemasangan Penutup Saluran dan Pematatan Tanah	<ul style="list-style-type: none"> • Memasang penutup atau <i>grates</i> pada saluran drainase jika diperlukan • Memadatkan tanah di sekitar saluran drainase untuk menghindari penurunan permukaan dan memastikan stabilitas
Pengujian Sistem Drainase	<ul style="list-style-type: none"> • Menguji sistem drainase dengan mengalirkan air dan memastikan semuanya berfungsi sesuai rencana • Memperbaiki atau menyesuaikan jika ada masalah yang ditemukan selama pengujian
Perawatan dan Penyelesaian Akhir	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan perawatan awal seperti pembersihan saluran dari sisa-sisa konstruksi • Menyelesaikan area kerja dengan menanam kembali vegetasi atau menyelesaikan permukaan jalan di sekitar drainase



Gambar 3.6 Pekerjaan Fondasi Jalan, di Jalan Daeng Celak, Kota Tanjungpinang

Sumber: Dimas (2024)

d. Pekerjaan Fondasi Jalan

Pekerjaan fondasi jalan adalah langkah utama pada pekerjaan konstruksi jalan. Hal ini karena fungsi utama dari fondasi jalan sendiri sebagai penopang beban yang bekerja di atasnya dan mendistribusikan beban tersebut ke tanah dasar dengan merata.

Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan Fondasi Jalan

Pekerjaan	Kegiatan	Uraian Pekerjaan
Pemasangan Lapisan <i>Subbase</i>	<ul style="list-style-type: none"> Material <i>Subbase</i> Pemadatan <i>Subbase</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Menyebarkan material <i>subbase</i>, seperti batu pecah atau kerikil, di atas tanah dasar. Material ini berfungsi sebagai lapisan penopang awal yang membantu dalam mendistribusikan beban dari lapisan atas ke tanah dasar Memadatkan lapisan <i>subbase</i> untuk mencapai tingkat kepadatan yang diperlukan. Ini biasanya dilakukan dengan mesin pemadat
Pemasangan Lapisan <i>Base</i>	<ul style="list-style-type: none"> Material <i>Base</i> Pemadatan <i>Base</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Menyebarkan lapisan <i>base</i> yang biasanya terdiri atas batu pecah yang lebih halus dan memiliki ketahanan yang lebih tinggi dibanding <i>subbase</i> Pemadatan dilakukan dengan hati-hati untuk memastikan lapisan cukup kuat untuk menahan beban dari perkerasan dan lalu lintas yang akan melintas

Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan Fondasi Jalan

Pekerjaan	Kegiatan	Uraian Pekerjaan
Pengujian dan Kualitas	<ul style="list-style-type: none"> Pengujian Kepadatan Pengujian Ketahanan 	<ul style="list-style-type: none"> Pengujian dilakukan untuk memastikan setiap lapisan fondasi telah mencapai kepadatan ditentukan dalam spesifikasi teknik Pengujian lainnya mungkin dilakukan untuk memastikan fondasi jalan memiliki ketahanan yang memadai terhadap tekanan dan beban
Penyelesaian Akhir	<ul style="list-style-type: none"> Penyelesaian Permukaan Pembersihan Area 	<ul style="list-style-type: none"> Permukaan lapisan <i>base</i> diratakan dan dipersiapkan untuk penerapan lapisan perkerasan, seperti aspal atau beton Membersihkan area dari sisa material konstruksi dan mempersiapkannya untuk pekerjaan perkerasan jalan

e. Pemasangan plastik *sheet*

Pemasangan plastik *sheet* ini bertujuan untuk menghindari hilangnya air semen dengan cara pembersihan area pekerjaan. Setelah area pekerjaan dibersihkan, lakukan pemotongan plastik *sheet* sesuai dengan ukuran dan bentuk area yang akan ditutupi.



Gambar 3.7 Pemasangan Plastik *Sheet*

Sumber: Dokumentasi PT HAKAASTON

f. Pemasangan *dowel*

Pemasangan *dowel* merupakan salah satu pekerjaan penting dalam konstruksi jalan, yaitu pada sambungan antara segmen beton. Pada peletakan posisinya, yakni $\frac{1}{3}$ tebal beton, dengan satu ujung terikat dan ujung lainnya dibuat tidak lekat dengan cara dibungkus plastik tipis atau dilapisi lemak. Penggunaan *dowel* untuk mengurangi pergerakan vertikal antara *slab* beton dan mencegah keretakan penurunan akibat beban bekerja di atasnya.



Gambar 3.8 Pemasangan *Dowel*

Sumber: Dokumen PT HAKAASTON

g. Pekerjaan *lean concrete*

Pekerjaan *lean concrete* ini meliputi penyediaan dan pelaksanaan pekerjaan yang berkaitan dengan pembuatan, pengukuran, pemasangan *bekisting*, pengujian *slump*, uji kuat tekan beton, pengecoran, *curing* beton, pemasangan plastik dan pemeriksaan pengecoran sesuai dengan dokumen kontrak.



Gambar 3.9 Uji *Slump* dan *Lean Concrete* Pekerjaan Jalan di Kec. Jepara

Sumber: Irawan (2023)

h. Pengecoran beton

Pengecoran beton dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu manual dan otomatis. Metode manual dalam pengecoran beton dilakukan pada area yang menggunakan *wiremesh*. Adapun metode otomatis dapat menggunakan alat.



Gambar 3.10 Pengecoran Beton

Sumber: Irawan (2023)

i. Pekerjaan perkerasan jalan

Pekerjaan perkerasan jalan merupakan proses konstruksi yang melibatkan pemasangan berbagai lapisan material di atas tanah dasar (*subgrade*) untuk membentuk struktur jalan yang dapat menahan beban lalu lintas dan kondisi cuaca. Tujuan utama dari pekerjaan ini adalah menghasilkan permukaan jalan yang kokoh, awet, dan aman bagi kendaraan yang melintas.

Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan Perkerasan Jalan

Pekerjaan	Kegiatan	Uraian Pekerjaan
Pemasangan Lapisan <i>Subbase</i>	<ul style="list-style-type: none">Material <i>Subbase</i>	<ul style="list-style-type: none"><i>Subbase</i> terbuat dari material granular seperti kerikil atau batu pecah yang berfungsi sebagai fondasi untuk mendukung lapisan atas dan membantu drainase.

Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan Perkerasan Jalan

Pekerjaan	Kegiatan	Uraian Pekerjaan
Pemasangan Lapisan <i>Base</i>	<ul style="list-style-type: none"> Material <i>Base</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Lapisan ini berada di atas <i>subbase</i> dan terbuat dari material yang lebih berkualitas seperti batu pecah atau agregat bergradasi. Fungsi utamanya adalah menambah kekuatan struktur perkerasan.
Pemasangan Lapisan Perkerasan (<i>Surface Course</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Material perkerasan 	<ul style="list-style-type: none"> Ini adalah lapisan teratas yang langsung berinteraksi dengan beban lalu lintas. Terdiri atas lapisan aspal atau beton yang dirancang untuk menahan beban kendaraan dan cuaca.
Pemadatan Setiap Lapisan	<ul style="list-style-type: none"> Pengujian Kepadatan 	<ul style="list-style-type: none"> Setiap lapisan, mulai dari <i>subgrade</i> hingga lapisan perkerasan, dipadatkan menggunakan alat berat seperti <i>roller</i> untuk mencapai kepadatan dan kekuatan yang diinginkan.
Pemasangan Sistem Drainase	<ul style="list-style-type: none"> Sistem Drainase 	<ul style="list-style-type: none"> Sistem drainase dipasang untuk memastikan air tidak menggenang di jalan sehingga mengurangi risiko kerusakan pada perkerasan.
Pengujian dan Pemeriksaan Kualitas	<ul style="list-style-type: none"> Pemeriksaan kualitas 	<ul style="list-style-type: none"> Setelah semua lapisan terpasang, dilakukan pengujian kualitas, termasuk uji kepadatan, ketebalan, dan kualitas material, untuk memastikan pekerjaan perkerasan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan.

j. *Curing* beton



Gambar 3.11 Pemasangan *Curing* Beton

Sumber: Indoprecastr (2023)

Curing beton adalah suatu prosedur yang dilakukan dengan tujuan untuk mempertahankan kelenturan lapisan beton. *Curing* beton dilakukan mengingat sifat alami beton yang cenderung mudah mengeras. Dengan begitu, lapisan struktur yang menggunakan campuran beton dapat bertahan lebih lama.

k. Penghamparan campuran aspal

Setelah lapisan beton mengeras, dihamparkan lapisan aspal yang merupakan bagian dari perkerasan lentur. Lapisan ini memberikan kelenturan dan penyebaran beban lalu lintas yang baik sekaligus memberikan permukaan jalan yang mulus dan nyaman bagi para pengguna jalan.



Gambar 3.12 Penghamparan Campuran Aspal

Sumber: Dok. PT HAKAASTON (2023)

1. Pemadatan lapisan aspal

Pemadatan aspal merupakan proses penting dalam konstruksi jalan untuk menjamin kekuatan dan ketahanan permukaan jalan. Proses ini melibatkan pemadatan campuran aspal menggunakan alat berat seperti tandem *roller* dan *pneumatic roller*. Setelah semua tahap pemadatan dilakukan, dilakukan cek elevasi untuk mengetahui tebal hamparan *hotmix* dan yang terpadatkan. Setelah dilakukan, uji *core drill* dapat dilaksanakan.



Gambar 3.13 Pemadatan

Lapisan Aspal

Sumber: Dok. PUPR Kab. Banjar (2018)

m. Pemasangan markah jalan dan fasilitas pelengkap

Pemasangan markah jalan dan fasilitas pelengkap merupakan komponen yang penting dalam proses konstruksi jalan. Markah jalan berfungsi sebagai pengatur lalu lintas dan sarana meningkatkan keselamatan, serta navigasi bagi pengendara kendaraan. Markah jalan dapat berupa garis putus-putus, garis utuh, dan garis ganda. Selain itu, terdapat pula simbol lain seperti panah arah, *zebra cross*, *stop line*, jalur sepeda, jalur bus, dan tanda parkir.

Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan Pemasangan Markah Jalan dan Fasilitas Pelengkap

Pekerjaan	Kegiatan	Uraian Pekerjaan
Perencanaan dan Pengukuran	<ul style="list-style-type: none">Desain markahPengukuran letak markah	<ul style="list-style-type: none">Meninjau desain dan spesifikasi teknis terkait markah jalan dan fasilitas pelengkap seperti rambu, pagar pembatas, dan perlengkapan lainnya.

Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan Pemasangan Markah Jalan dan Fasilitas Pelengkap

Pekerjaan	Kegiatan	Uraian Pekerjaan
		<ul style="list-style-type: none"> Mengukur dan menandai lokasi pemasangan sesuai dengan rencana
Pembersihan Permukaan	<ul style="list-style-type: none"> Melakukan pembersihan permukaan markah 	<ul style="list-style-type: none"> Membersihkan permukaan jalan dari debu, kotoran, minyak, atau material lain yang dapat mengganggu adhesi markah atau instalasi fasilitas pelengkap Proses ini biasanya melibatkan penyapuan, penyemprotan air bertekanan, atau penggunaan bahan pembersih khusus.
Pemasangan Markah Jalan	<ul style="list-style-type: none"> Penandaan Sementara Aplikasi Cat atau Termoplastik Pengeringan dan Pematatan 	<ul style="list-style-type: none"> Menandai garis atau simbol sementara di jalan menggunakan cat atau alat penanda untuk memandu pemasangan Mengaplikasikan bahan markah seperti cat khusus atau termoplastik menggunakan alat khusus seperti mesin pengecat jalan atau mesin <i>thermoplastic</i> Jika menggunakan termoplastik, material dipanaskan dan dibiarkan mengering dengan cepat. Untuk cat, waktu pengeringan harus diperhatikan agar tidak terganggu oleh lalu lintas.
Pemasangan Rambu dan Tanda Lalu Lintas	<ul style="list-style-type: none"> Penentuan Lokasi dan Penggalian Pemasangan Tiang dan Rambu Pengencangan dan Pemeriksaan 	<ul style="list-style-type: none"> Menentukan lokasi pemasangan tiang rambu dan melakukan penggalian jika perlu Memasang tiang dengan fondasi yang sesuai, kemudian memasang rambu lalu lintas atau tanda sesuai spesifikasi Memastikan rambu terpasang dengan kuat dan pada posisi yang benar

Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan Pemasangan Markah Jalan dan Fasilitas Pelengkap

Pekerjaan	Kegiatan	Uraian Pekerjaan
Pemasangan Pagar Pembatas dan Fasilitas Keselamatan	<ul style="list-style-type: none"> • Penentuan Lokasi • Pemasangan Struktur • Pemeriksaan Kestabilan dan Keamanan 	<ul style="list-style-type: none"> • Menandai lokasi pemasangan pagar pembatas, delineator, atau fasilitas lainnya • Memasang tiang atau struktur pendukung dengan fondasi yang sesuai, diikuti oleh pemasangan pagar, delineator, atau fasilitas lainnya • Memastikan semua fasilitas terpasang dengan baik dan memenuhi standar keselamatan
<i>Finishing</i> dan Inspeksi	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan <i>Finishing</i> dan Inspeksi 	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan pengecekan akhir untuk memastikan semua markah dan fasilitas terpasang sesuai dengan spesifikasi dan berfungsi dengan baik • Mengoreksi atau memperbaiki jika ditemukan kekurangan, seperti ketidaksejajaran markah atau rambu yang tidak jelas
Pengujian dan Penyesuaian	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan Uji dan Penyesuaian 	<ul style="list-style-type: none"> • Menguji visibilitas dan kinerja markah jalan terutama pada kondisi malam atau cuaca buruk • Melakukan penyesuaian jika diperlukan untuk memastikan markah dan fasilitas berfungsi optimal

Aktivitas 3.3



Studi Kasus

Buatlah kelompok beranggotakan 5 orang. Setiap kelompok dipersilakan untuk mengumpulkan data lapangan terkait tahapan-tahapan pekerjaan jalan. Lakukan pengamatan pekerjaan jalan yang ada di sekitar tempat tinggalmu atau sepanjang jalan perjalanan dari rumah menuju sekolah apabila ada pekerjaan jalan. Lakukan sesuai dengan pembagian pekerjaan pada kelompok masing-masing.



2. Pengawasan Pekerjaan Konstruksi Jalan

Pengawasan pekerjaan konstruksi jalan adalah proses mengamati, mengendalikan, dan mengawasi semua kegiatan yang berlangsung selama pekerjaan konstruksi jalan berlangsung. Hal ini bertujuan untuk memastikan pekerjaan konstruksi dilaksanakan sesuai dengan spesifikasi teknis, standar mutu, jadwal dan anggaran yang telah ditetapkan. Pekerjaan pengawasan meliputi hal-hal berikut.

a. Persiapan persiapan pengawasan

Pekerjaan persiapan pengawasan ini meliputi pembentukan anggota tim pengawasan pekerjaan. Membuat peninjauan dokumen yang digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan, seperti dokumen kontrak.

b. Inspeksi awal lokasi

Kegiatan inspeksi awal lokasi meliputi pekerjaan survei awal atau peninjauan lokasi awal. Selanjutnya, pekerjaan penandaan dan pemberian tanda pada area kerja.

c. Pengawasan pelaksanaan pekerjaan

Pengawasan penggunaan bahan dan material agar sesuai mutu rencana dan spesifikasi selama pelaksanaan konstruksi jalan berlangsung. Membuat pengawasan material, pekerjaan tanah, drainase dan perkerasan jalan. Membuat laporan dokumentasi progres yang berlangsung di lapangan dengan jangka waktu pelaporan tiap minggu atau tiap bulan. Mengontrol ketepatan waktu pekerjaan di lapangan dengan *time schedule* yang telah direncanakan agar proyek selesai tepat waktu dan tidak terjadi keterlambatan.

d. Pengawasan keselamatan kerja

Pembuatan catatan penilaian risiko setiap alur pekerjaan dan juga memperhatikan pengawasan kesehatan dan keselamatan kerja pada proyek konstruksi jalan.

e. Pengendalian mutu/kualitas (*quality control*)

Pengendalian kualitas meliputi pekerjaan pengujian bahan material yang digunakan untuk pekerjaan jalan dan mengawasi penggunaan alat sesuai prosedur. Inspeksi kualitas pekerjaan dari awal sampai akhir pekerjaan. Terakhir, mencatat pengendalian kualitasnya dan mendokumentasikan semua pekerjaan yang telah dilaksanakan.

f. Penyelesaian dan penyerahan akhir

Meneliti kesesuaian bentuk konstruksi bangunan terhadap gambar kerja atau *shop drawing*. Selanjutnya, melakukan inspeksi akhir dan serah terima pekerjaan.

Aktivitas 3.4



Mari Diskusi

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3–5 orang. Diskusikan tentang pengawasan pekerjaan konstruksi jalan. Analisislah pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan dalam pengawasan pekerjaan konstruksi jalan dan isilah tabel seperti contoh berikut:

Uraian Pekerjaan	Pengawasan Pekerjaan Konstruksi Jalan
Persiapan Pengawasan	
Inspeksi Awal Lokasi	
Pengawasan Pelaksanaan Pekerjaan	
Pengendalian Kualitas (<i>Quality Control</i>)	
Pengawasan Keselamatan Kerja	
Penyelesaian dan Penyerahan Akhir	



3. Pemeliharaan Pekerjaan Konstruksi Jalan

Pemeliharaan pekerjaan konstruksi jalan adalah upaya atau usaha yang dilakukan untuk memastikan konstruksi jalan tetap dalam kondisi baik seperti kondisi awal saat proyek konstruksi jalan selesai dibangun. Selain itu, untuk mengetahui dan memperbaiki kerusakan-kerusakan pada jalan yang terjadi setelah proyek konstruksi jalan selesai. Berikut ini pekerjaan pemeliharaan jalan.

a. Inspeksi rutin

Inspeksi rutin dilakukan oleh pengawas lapangan meliputi pemeriksaan visual dan pemeriksaan struktur. Inspeksi rutin penting dilakukan sebagai pengontrol ada tidaknya kerusakan pada bentuk konstruksi.

b. Identifikasi dan penilaian kerusakan

Setelah inspeksi, selanjutnya dilakukan pengumpulan data kerusakan dan penilaian kerusakan. Pengumpulan data kerusakan berguna untuk daftar rekapitulasi apa saja kerusakan yang terjadi pada konstruksi, dan penilaian kerusakan berfungsi sebagai proses evaluasi untuk menganalisis dan menentukan tingkat kerusakan pada suatu konstruksi bangunan. Proses ini penting untuk memahami kondisi fisik bangunan, menentukan penyebab kerusakan, dan merencanakan perbaikan yang diperlukan.

c. Pelaksanaan pemeliharaan

Selanjutnya dilakukan pelaksanaan pemeliharaan berdasarkan hasil identifikasi dan penilaian kerusakan. Pelaksanaan pemeliharaan harus sesuai dengan rencana dan spesifikasi yang ditetapkan.

d. Pemeliharaan berkala

Pemeliharaan berkala bertujuan merawat hasil dari perbaikan kerusakan agar bagian yang diperbaiki dapat bertahan lama dan mencegah kerusakan terjadi lagi. Umumnya, pemeliharaan berkala dilakukan sesuai jadwal yang telah ditentukan.

e. Pemeliharaan pascakonstruksi

1) Perkerasan

Pemeliharaan pekerjaan perkerasan jalan di antaranya penambalan lubang lubang dan pelaburan setempat pada permukaan jalan yang rusak. Ada pula pekerjaan perataan permukaan jalan dengan menggunakan *motor grader* pada jalan tanpa penutup aspal sehingga upaya tersebut dapat mengatasi permasalahan kerusakan pada perkerasan jalan.



Gambar 3.14 Penambalan Jalan dengan Aspal *hotmix*

Sumber: Dok. Fajar Bahruddin Achmad (2021)

2) Bahu jalan

Pekerjaan pemeliharaan bahu jalan, dapat berupa penambalan dan pelaburan retak yang terjadi pada bahu jalan ketika proyek selesai dikerjakan. Selanjutnya, dilakukan pengecatan kembali markah pembatas antara bahu jalan dengan badan jalan sebagai acuan tanda bagi pengendara kendaraan yang melintas di jalan.



Gambar 3.15 Pekerjaan Bahu Jalan

Sumber: DinPUPR Kota Banda Aceh (2018)



3) Drainase dan timbunan

Pekerjaan pemeliharaan drainase dan timbunan dilakukan dengan cara pembersihan dan pembuangan lumpur secara rutin pada selokan dan saluran. Selain itu, dilakukan pemotongan rumput secara rutin, serta pengendalian pertumbuhan tanaman, timbunan, dan lereng.

Gambar 3.16 Pekerjaan Timbunan Drainase di Pasar 5 Samping Unimed

Sumber: Dok/SDABMBK (2024)



4) Perlengkapan jalan

Pemeliharaan pada perlengkapan jalan dilakukan dengan cara pengecatan kembali semua markah jalan, rambu lalu lintas dan lainnya yang tidak terbaca, serta pembersihan terhadap semua perlengkapan jalan dan pengatur lalu lintas. Hal ini bermanfaat untuk kenyamanan dan keamanan kendaraan yang melintas.



Gambar 3.17 Pekerjaan Pengecatan Markah Jalan di Aceh Barat

Sumber: Syifa Yulinnas (2018)

f. Evaluasi pemeliharaan dan pelaporan

Evaluasi dilakukan guna mengetahui apakah ada pola kerusakan yang terjadi pada konstruksi, serta menyesuaikan jadwal atau prosedur pemeliharaan untuk meningkatkan efektivitas pemeliharaan. Pelaporan berisi dokumentasi dan laporan kegiatan pemeliharaan yang telah selesai dilakukan.

Aktivitas 3.5



Mari Diskusi

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3–5 orang. Diskusikan tentang pemeliharaan pekerjaan konstruksi jalan. Analisislah pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan dalam pemeliharaan pekerjaan konstruksi jalan dan isilah tabel seperti contoh berikut:

Uraian Pekerjaan	Pemeliharaan Pekerjaan Konstruksi Jalan
Inspeksi Rutin	
Identifikasi dan Penilaian Kerusakan	
Pelaksanaan Pemeliharaan	
Pemeliharaan Berkala	
Pemeliharaan Pascakonstruksi	
Evaluasi Pemeliharaan dan Pelaporan	

Sumber: Unsplash.com/Sim Kimhort

B. Perhitungan Konstruksi Perkerasan Jalan dan Konstruksi Bangunan Pengaman

Dalam konstruksi perkerasan jalan, perhitungan melibatkan penentuan ketebalan lapisan, pemilihan material, serta metode pengerasan yang disesuaikan dengan kondisi tanah dan volume lalu lintas. Tujuan utamanya adalah menghasilkan permukaan jalan yang tahan lama dan mampu menahan beban kendaraan dalam waktu yang lama, sekaligus mengurangi kebutuhan perawatan dan perbaikan di masa depan.

1. Konstruksi Fondasi Jalan

Konstruksi fondasi jalan adalah tahap yang sangat penting dalam pembangunan jalan. Lapisan fondasi berfungsi sebagai dasar untuk mendukung dan menyalurkan beban-beban di atasnya.

a. Pengumpulan data awal

Dalam tahapan pertama ini yang harus dipersiapkan ada dua tahapan besar, yakni:

1) Jenis dan volume lalu lintas

Menentukan jenis kendaraan (misalnya mobil, truk) dan volume lalu lintas untuk menentukan beban yang ditanggung fondasi. Mencari data lalu lintas dengan memperkirakan volume dan jenis kendaraan yang diperkirakan akan menggunakan jalan tersebut juga termasuk beban dari lalu lintas.

Studi kasus Jalan Menteri Supeno, Kota Semarang, diperoleh data lalu lintas selama 1 jam sebagai berikut:

Tabel Volume Kendaraan

No	Jenis Kendaraan	Vol. Kendaraan
1	Sepeda motor	1.695
2	Mobil penumpang/ <i>jeep</i>	527
3	<i>Pick up</i> /mobil barang ringan	42
4	Mobil barang (>2,5 ton)	8
5	Bis kecil (9–25 penumpang)	5
6	Kendaraan tak bermotor	3

Tabel Nilai Ekuivalen Kendaraan

No	Jenis Kendaraan	Ekuivalensi
1	Sepeda motor	0,2
2	Mobil penumpang/ <i>jeep</i>	1
3	<i>Pick up</i> /mobil barang ringan	1
4	Mobil barang (>2,5 ton)	1,5
5	Bis kecil (9–25 penumpang)	1,3
6	Kendaraan tak bermotor	0,2

2) Kondisi tanah dasar

Untuk mendapatkan data analisis tanah, dilakukan beberapa pekerjaan, yaitu uji CBR (*California Bearing Ratio*) berfungsi untuk mengukur kekuatan tanah menahan beban. Nilai CBR digunakan untuk menentukan ketebalan lapisan fondasi. Berikutnya adalah konsolidasi tanah untuk menentukan sifat kompresibilitas tanah untuk memperkirakan penurunan tanah yang akan terjadi.

Rumus perhitungan uji *California Bearing Ratio* (CBR) digunakan untuk menentukan persentase kekuatan atau daya dukung suatu material dibandingkan dengan material standar yang telah ditetapkan. Berikut ini rumus dasar untuk menghitung nilai CBR:

$$\text{CBR} = \frac{\text{Beban aktual pada penetrasi tertentu (kg)}}{\text{Beban standar pada penetrasi tertentu (kg)}} \times 100\%$$

Di mana:

- Beban aktual adalah beban yang diukur saat pengujian CBR pada penetrasi tertentu, misalnya 2,5 mm atau 5,0 mm.
- Beban standar adalah beban referensi yang sudah ditetapkan berdasarkan pengujian material standar (biasanya kerikil hancur dengan ukuran tertentu).

Beban Standar

Nilai beban standar yang umum digunakan dalam pengujian CBR adalah:

- Untuk penetrasi 2,5 mm: 1.370 kg
- Untuk penetrasi 5,0 mm: 2.055 kg

b. Desain fondasi jalan

Menghitung desain fondasi jalan merupakan tahap krusial dalam perencanaan infrastruktur jalan guna menjamin kekuatan, kestabilan, dan ketahanan jalan. Berikut ini langkah-langkah umum yang terlibat dalam proses perhitungan tersebut.

1) Perhitungan beban lalu lintas

Perhitungan beban lalu lintas dilakukan dengan cara menghitung jumlah beban sumbu ekuivalen (ESAL), yakni untuk menghitung beban lalu lintas kumulatif selama umur rencana jalan. Menghitung distribusi beban dengan cara menganalisis distribusi beban dari roda kendaraan ke permukaan jalan dan lapisan fondasi. Menentukan kelas jalan untuk mengetahui spesifikasi teknis fondasi yang diperlukan.

Data survei LHR selama 1 hari, didapat volume lalu lintas pada studi kasus Jalan Menteri Supeno, Kota Semarang sebagai berikut.

Tabel Data LHR Jl. Menteri Supeno, Kota Semarang

No	Jenis Kendaraan	Vol. Kendaraan
1	Sepeda motor	1.695
2	Mobil penumpang/ <i>jeep</i>	527
3	<i>Pick up</i> /mobil barang ringan	42
4	Mobil barang (>2,5 ton)	8
5	Bis kecil (9–25 penumpang)	5
6	Kendaraan tak bermotor	3

Sumber: Krisna (2023)

Tabel Konversi ke Satuan Mobil Penumpang (SMP)

No	Jenis Kendaraan	Ekuivalensi
1	Mobil penumpang/ <i>jeep</i>	1
2	Taksi	1
3	<i>Pick up</i> /mobil barang ringan	1
4	Bis besar/bertingkat	1,8
5	Bis kecil (9–25 penumpang)	1,3
6	Mobil barang (>2,5 ton)	1,5
7	Gandengan/trailer	2,5
8	Bemo/bajaj	0,8
9	Sepeda motor	0,2
10	Sepeda	0,2
11	Becak	0,2
12	Dokar/bendi	1,8

Sumber: Abubakar, et al (1999:32)

Menentukan LHR Rata-Rata

a. Data

Sepeda motor

Survei 1 jam (b) = 1.695 kendaraan

Angka ekuivalensi (c) = 0,2

b. Perhitungan waktu sibuk (6 jam)/d

$$d = b \times c \times 6 \text{ jam}$$

c. Perhitungan waktu tidak sibuk (18 jam)/e

$$E = b \times c \times 18 \text{ jam}$$

d. Perhitungan lalu lintas harian rata-rata (LHR)

$$F = d + e$$

Dengan rumus perhitungan yang sama, LHR dihitung hingga semua jenis kendaraan.

e. Perhitungan dengan tabel

Tabel Total LHR

No	Jenis Kendaraan	Survei 1 jam	Angka ekuivalensi	Waktu (24) Jam		LHR
				Sibuk (6 jam)	Tidak Sibuk (18 jam)	
1.	Sepeda Motor	1.695	0,2	2.034	6.102	8.138
2.	Mobil penumpang/ <i>jeep</i>	527	1	3.162	9.486	12.648
3.	<i>Pick up/</i> Mobil barang ringan	42	1	252	756	1.008
4.	Mobil barang (>2,5 ton)	8	1,5	72	216	288
5.	Bis kecil (9-25 penumpang)	5	1,3	39	117	156
6.	Kendaraan tak bermotor	3	0,2	3,6	10,8	14,4
Total LHR dalam satu hari (smp)						22.250,4

Setelah LHR telah didapatkan, dapat ditentukan klasifikasi, fungsi, dan kelas Jalan Menteri Supeno berdasarkan Tabel total LHR.

Tabel Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan

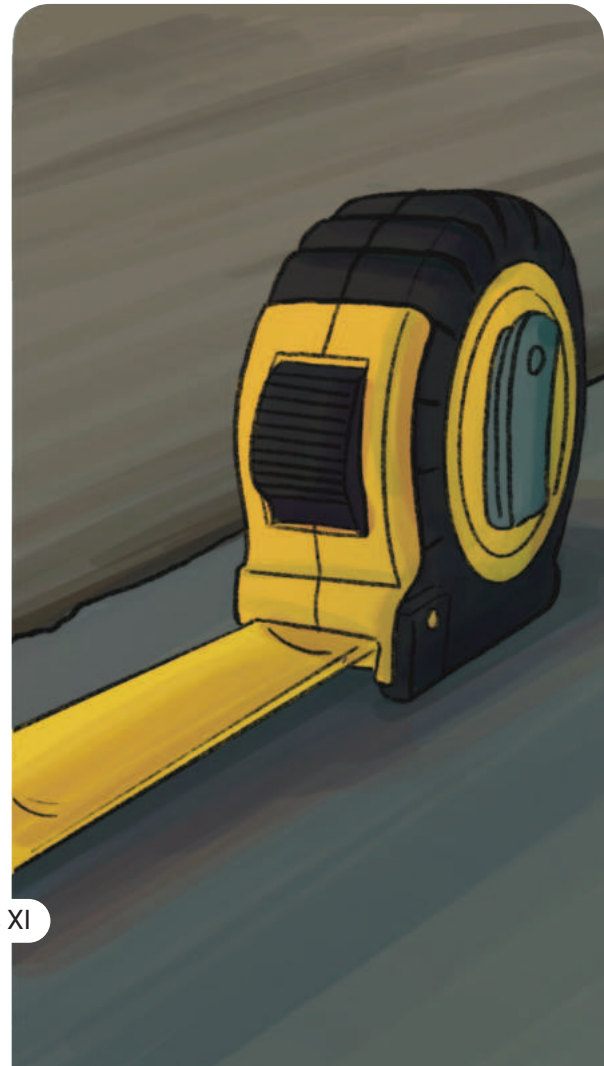
Fungsi	Volume Lalu Lintas (dalam smp)	Kelas	
Primer:	○Arteri	-	I
	○Kolektor	>10.000	I
		<10.000	II
Sekunder:	○Arteri	>20.000	I
		<20.000	II
	○Kolektor	>6.000	II
		<6.000	IV
	○Jalan Lokal	>500	V
		<500	VI

Sumber: Standar Perencanaan Geometrik Jalan Perkotaan (1998)

Berdasarkan Tabel Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan ditentukan bahwa Jalan Menteri Supeno, Kota Semarang masuk **Arteri Sekunder Kelas I**.

2) Perhitungan dimensi lapisan fondasi

Perhitungan dimensi lapisan fondasi bertujuan untuk menentukan ketebalan dan lebar fondasi sehingga mampu mendukung beban yang ada di atasnya, baik itu untuk jalan, bangunan, maupun struktur lainnya. Proses ini memastikan fondasi memiliki stabilitas dan kekuatan yang memadai untuk menahan beban dan mendistribusikannya secara efektif ke tanah di bawahnya.



3) Lapisan *subbase* (fondasi bawah)

Tebal *subbase* berdasarkan kekuatan tanah dasar dan beban lalu lintas. Tebal *subbase* biasanya berkisar antara 15 hingga 30 cm. Material menggunakan material granular seperti kerikil atau batu pecah dengan spesifikasi tertentu. Fondasi bawah (*subbase*) desainnya ditentukan berdasarkan hasil uji CBR dan beban lalu lintas yang telah didapat sebelumnya. Fondasi atas (*base*) pada lapisan ini harus cukup kuat untuk mendistribusikan beban lalu lintas ke fondasi bawah dan tanah dasar. Ketebalan ditentukan berdasarkan kekuatan material dan beban lalu lintas.

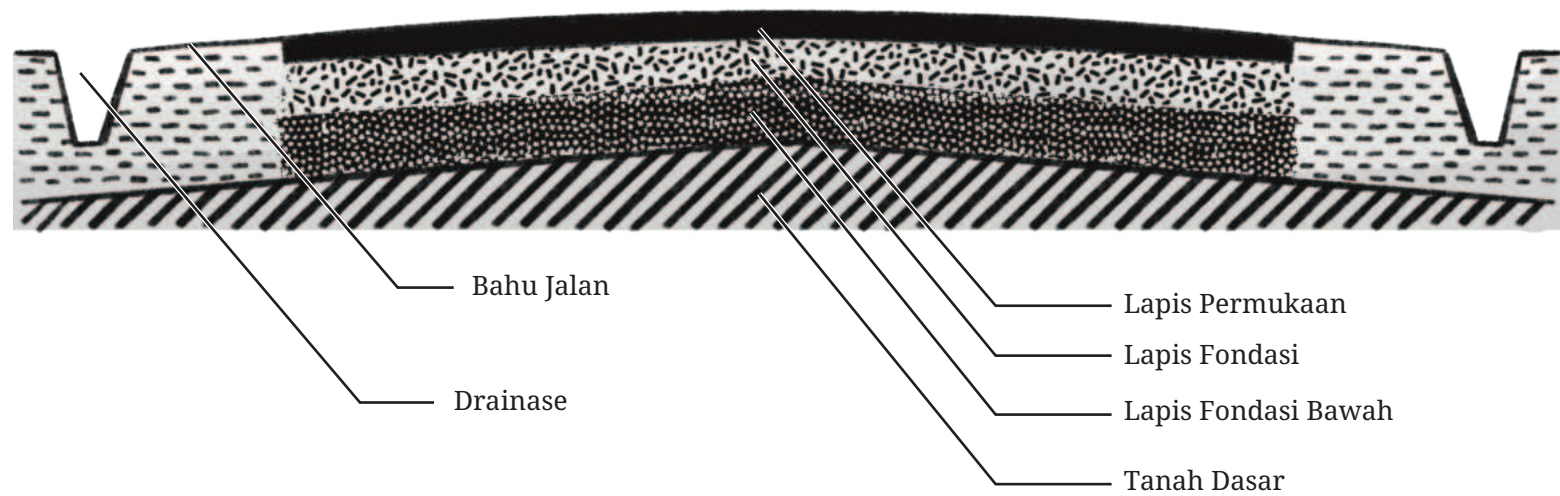
4) Lapisan *base course* (fondasi atas)

Tebal *base course* biasanya antara 10 hingga 25 cm, bergantung pada spesifikasi material dan beban yang akan ditanggung. Material menggunakan agregat bergradasi yang telah dipilih sesuai dengan desain. Lapisan permukaan dapat menggunakan aspal atau beton sebagai pelapisnya. Adapun untuk ketebalannya ditentukan berdasarkan durabilitas yang diinginkan dan besarnya beban lalu lintas yang diterima.

5) Pemilihan jenis fondasi

Pada pemasangan fondasi dibagi menjadi dua jenis, yaitu lapisan *subbase* dan lapisan *base*. Lapisan *subbase* atau lapis fondasi bawah terletak di antara tanah dasar atau *subgrade* dan lapis *base*. Material yang umum digunakan pada lapis fondasi bawah adalah batu pecah, kerikil, pasir, campuran pasir dan kerikil, tanah yang telah distabilisasi dan *limestone aggregate*. Fondasi bawah atau *subbase* memiliki fungsi sebagai daya dukung dan menyebarkan beban di atasnya, efisiensi penggunaan material, agar lapis selebihnya dapat dikurangi tebalnya dan untuk mencegah tanah dasar masuk ke lapis fondasi.





Gambar 3.18 Struktur Lapisan Fondasi Jalan

Ada pula jenis lapisan berikutnya, yaitu lapis *base* atau biasa disebut lapis fondasi yang letaknya tepat di atas lapis fondasi bawah, material yang umum digunakan adalah batu pecah, agregat campuran maupun beton daur ulang. Pemilihan bahan untuk lapis fondasi berdasarkan kondisi lingkungan serta anggaran dalam pembangunan jalan. Lapis fondasi atau lapis *base* memiliki fungsi sebagai daya dukung untuk beban di lapis permukaan dan mendistribusikan tegangan atau regangan ke lapisan di bawahnya.

Aktivitas 3.6



Mari Lakukan

Buatlah kelompok maksimal beranggotakan 6 orang. Setiap kelompok dipersilakan untuk melakukan survei perhitungan beban lalu lintas pada jalan sekitar sekolah. Dengan menghitung jumlah kendaraan yang melalui jalan tersebut, hitunglah LHR rata-rata setiap kendaraan yang melalui jalan tersebut. Lakukan sesuai dengan pembagian pekerjaan pada kelompok masing-masing.

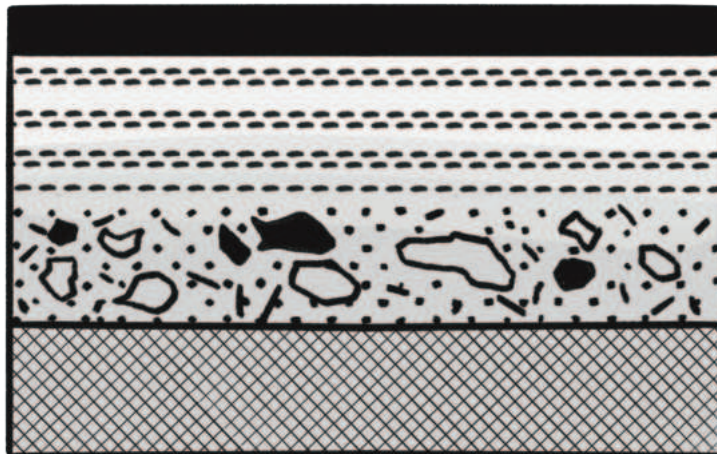
2. Konstruksi Lapisan Jalan

Konstruksi lapisan jalan dapat ditentukan sesuai dengan kebutuhan antara lain penentuan material lapisan dan analisis beban lalu lintas. Penentuan material lapisan yang digunakan untuk lapis permukaan umumnya adalah sama dengan bahan yang digunakan untuk lapis fondasi, dengan persyaratan yang lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan jalan dapat memiliki sifat kedap air. Selain itu, bahan aspal memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas. Pemilihan bahan yang tepat untuk lapis permukaan jalan perlu mempertimbangkan kegunaan, umur rencana dan kelas jalan agar dicapai manfaat yang sebesar-besarnya dari biaya yang dikeluarkan.

Fungsi dari lapisan jalan sebagai berikut:

- Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda lalu lintas
- Sebagai lapisan pelindung untuk melindungi badan jalan dari kerusakan yang diakibatkan oleh perubahan cuaca
- Sebagai lapisan aus atau *wearing course*

Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)



- lapis permukaan (*surface*)
- plat beton (*concrete slab*)
- lapis fondasi bawah (*subbase*)
- tanah dasar

Gambar 3.19 Konstruksi Lapisan Jalan

Untuk menghitung dimensi lapisan perkerasan jalan caranya sama saat menghitung dimensi di lapisan fondasi, yaitu dapat dihitung dengan cara mengalikan tebal lapisan perkerasan jalan dengan lebar badan jalan. Hasil perkalian tersebut didapatkan hasil luasan penampang lapisan perkerasan jalan. Sementara itu, untuk menghitung volumenya luasan penampang lapisan perkerasan jalan dikalikan dengan panjang konstruksi jalan. Langkah-langkah yang umum digunakan dalam perhitungan lapisan jalan sebagai berikut.

a. Menentukan ketebalan lapisan dengan metode CBR

Metode CBR adalah salah satu metode yang umum digunakan untuk menentukan ketebalan lapisan jalan. Ketebalan setiap lapisan jalan dihitung berdasarkan nilai CBR tanah dasar dan material fondasi.

Rumus Umum Ketebalan Lapisan:

$$t = k \times \sqrt{\frac{P}{CBR}}$$

Di mana:

- t = Ketebalan lapisan (cm)
- k = Faktor konversi (tergantung jenis lapisan dan standar yang digunakan, misalnya nilai k diambil dari tabel desain sesuai standar AASHTO atau SNI)
- P = Beban ekuivalen gandar standar (*ESALs-Equivalent Single Axle Load*)
- CBR = Nilai CBR dari material lapisan (%)

Contoh soal:

Sebuah jalan akan dibangun dengan 3 lapisan, yaitu lapisan permukaan (*asphalt concrete*), lapisan fondasi atas (*base course*), dan lapisan fondasi bawah (*subbase*). Nilai CBR untuk tanah dasar (*subgrade*) adalah 5%. Beban lalu lintas yang direncanakan adalah 5.000.000 ESALs (*Equivalent Single Axle Loads*). Bagaimana menghitung ketebalan lapisan fondasi atas dan bawah dengan asumsi:

- Nilai CBR material fondasi atas (*base course*) = 80%
- Nilai CBR material fondasi bawah (*subbase*) = 30%
- Faktor konversi k untuk *base course* = 0,2, dan untuk *subbase* = 0,1

Hitung ketebalan lapisan fondasi atas dan bawah agar jalan dapat menahan beban yang direncanakan.

Penyelesaian:

Gunakan rumus untuk menghitung ketebalan lapisan berdasarkan CBR:

$$t = k \times \sqrt{\frac{P}{CBR}}$$

Di mana:

- t = Ketebalan lapisan (cm)
- k = Faktor konversi (0,2)
- P = Beban lalu lintas (5.000.000 ESALs)
- CBR = Nilai CBR material (*Base Course*: 80 %, *Subbase*: 30 %)

Menghitung ketebalan lapisan fondasi atas (*base course*):

$$t_{base} = 0,2 \times \sqrt{\frac{5.000.000}{80}}$$

$$t_{base} = 0,2 \times \sqrt{62500}$$

$$t_{base} = 0,2 \times 250 = 50 \text{ cm}$$

Menghitung ketebalan lapisan fondasi bawah (*subbase*):

$$t_{subbase} = 0,1 \times \sqrt{\frac{5.000.000}{30}}$$

$$t_{subbase} = 0,1 \times \sqrt{166666,67}$$

$$t_{subbase} = 0,1 \times 408,25 = 40,8 \text{ cm}$$

Hasil akhir:

- Ketebalan lapisan fondasi atas (*base course*) = 50 cm
- Ketebalan lapisan fondasi bawah (*subbase*) = 40,8 cm

b. Menghitung tebal lapisan dengan metode analisis struktur (AASHTO)

Metode AASHTO menggunakan pendekatan analisis struktur untuk menentukan tebal lapisan berdasarkan lalu lintas, kondisi lingkungan, dan daya dukung tanah.

Rumus umum tebal lapisan dengan metode AASHTO:

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

Di mana:

- SN = *Structural Number* (angka yang mewakili kekuatan struktur lapisan)
- a_1, a_2, a_3 = Koefisien lapisan (nilai yang menunjukkan kekuatan material per lapisan, biasanya tersedia dalam tabel)
- D_1, D_2, D_3 = Ketebalan masing-masing lapisan (inci atau cm)
- m_2, m_3 = Faktor drainase untuk masing-masing lapisan (jika relevan)

c. Menghitung ketebalan lapisan berdasarkan lalu lintas desain

Perhitungan ini memperhitungkan jumlah sumbu ekuivalen (ESAL) yang direncanakan untuk periode desain:

$$ESAL = \sum (F_i \times N_i)$$

Di mana:

- $ESAL$ = Total beban sumbu ekuivalen selama periode desain
- F_i = Faktor ekuivalensi untuk jenis kendaraan i
- N_i = Jumlah kendaraan jenis i selama periode desain

Aktivitas 3.7



Mari Lakukan

Lakukanlah survei untuk pengumpulan data lapangan terkait apa saja lapisan-lapisan jalan yang ada di sepanjang jalan rumahmu atau tempat tinggalmu menuju sekolah. Apakah menurutmu lapisan jalan yang ada sesuai dengan kebutuhan jalan yang saat ini kamu lalui di sepanjang jalan tersebut? Cobalah buat analisis dan presentasikan hasil surveimu di depan guru dan teman-teman sekelas!

3. Pembangunan Infrastruktur Pendukung Jalan

Pembangunan infrastruktur pendukung jalan direncanakan sesuai dengan kebutuhan jalan itu sendiri. Perencanaannya juga sesuai dengan dimensi jalan yang dikerjakan. Infrastruktur pendukung jalan ini terdiri atas drainase, trotoar, median, markah jalan, *kerb*, talud, dan pengaman tepi. Bahan pengaman tepi dapat terbuat dari besi galvanis (*guard rail*) dan beton (parapet). Infrastruktur pendukung jalan lainnya adalah rambu lalu lintas dan penerangan jalan.



Untuk memahami apa saja yang termasuk pembangunan infrastruktur pendukung jalan, kalian dapat membaca lebih lanjut pada tautan berikut.

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJBab3>



Aktivitas 3.8

Mari Lakukan

Buatlah kelompok maksimal beranggotakan 5 orang. Setiap kelompok dipersilakan untuk mengumpulkan data lapangan terkait Infrastruktur Pendukung Jalan. Tiap kelompok melakukan survei data Infrastruktur Pendukung Jalan yang dibagi dalam kecamatan yang berbeda pada Kabupaten atau Kota di daerahmu. Buatlah laporan hasil survei dengan dilengkapi dokumentasi dan nama jalan yang diambil hasil datanya. Cobalah buat analisis dan presentasikan hasil surveimu di depan guru dan teman-teman sekelas!

Uji Kompetensi

Buatlah 6 kelompok yang akan membahas studi kasus dengan pembagian sebagai berikut.

1. Kelompok 1 dan kelompok 2

Salah satu perusahaan konstruksi sedang melaksanakan proyek pembangunan jalan raya sepanjang 8 km di wilayah pedesaan. Proyek ini mencakup tahapan:

- Pembersihan lahan yang menghadapi kendala berupa vegetasi lebat.
- Pekerjaan *subgrade* (lapisan dasar) yang membutuhkan pengawasan ketat karena tanah di beberapa area rawan longsor.
- Pengaspalan yang memerlukan penjadwalan ulang karena musim hujan menyebabkan genangan air di area proyek.

Selama pelaksanaan pekerjaan konstruksi, terjadi peristiwa, yakni koordinasi antara tim pelaksana dan penyedia material yang tidak berjalan dengan baik. Hal ini mengakibatkan beberapa material tidak datang tepat waktu.

Berdasarkan informasi yang diberikan, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut!

- a. Jelaskan langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mengatasi kendala pada tahap pembersihan lahan dan memastikan pekerjaan tetap berjalan lancar!
- b. Sebutkan tindakan yang harus dilakukan untuk menangani masalah tanah rawan longsor pada pekerjaan *subgrade*!
- c. Jelaskan upaya manajemen yang dapat diterapkan untuk meningkatkan koordinasi antara tim pelaksana dan penyedia material agar proyek tetap berjalan sesuai jadwal!

2. Kelompok 3 dan kelompok 4

Kalian adalah pengawas pada proyek pembangunan jalan raya sepanjang 10 km yang melibatkan beberapa tahapan pekerjaan, yakni:

- Pembersihan lahan dan pengukuran yang harus selesai dalam dua minggu.
- Pekerjaan *subgrade* (lapisan dasar) yang dilakukan di area dengan kondisi tanah beragam, termasuk tanah lunak.
- Pengaspalan jalan yang membutuhkan koordinasi dengan tim pelaksana dan pemasok material agar aspal tiba tepat waktu.

Selama proses pengawasan pekerjaan konstruksi jalan berlangsung, kalian menemukan beberapa kejadian, antara lain:

- Tim pelaksana bekerja tanpa alat pelindung diri (APD) yang lengkap.
- Hasil pekerjaan *subgrade* di beberapa titik tidak sesuai spesifikasi teknis.
- Cuaca tidak menentu, sering terjadi hujan yang berpotensi mengganggu proses pengaspalan.

Berdasarkan informasi yang diberikan, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut!

- a. Sebutkan langkah-langkah yang harus kalian ambil untuk memastikan setiap pekerja mematuhi standar keselamatan kerja!
- b. Apa yang kalian lakukan jika menemukan hasil pekerjaan *subgrade* yang tidak sesuai spesifikasi teknis?
- c. Jelaskan cara kalian berkoordinasi dengan tim pelaksana dan pemasok material untuk memastikan pekerjaan pengaspalan tidak terganggu oleh cuaca buruk!
- d. Bagaimana kalian memastikan jadwal pekerjaan tetap sesuai rencana meskipun ada kendala di lapangan?
- e. Sebutkan metode pengendalian mutu yang harus diterapkan pada setiap tahap pekerjaan untuk memastikan hasil sesuai standar proyek!

3. Kelompok 5 dan kelompok 6

Kalian bekerja sebagai pengawas dalam proyek pemeliharaan rutin jalan raya sepanjang 15 km. Proyek ini mencakup beberapa jenis pekerjaan:

- Pembersihan saluran drainase untuk mencegah genangan air di musim hujan.
- Perbaiki retakan kecil dan lubang pada permukaan jalan agar kerusakan tidak meluas.
- Pemangkasan vegetasi di sisi jalan untuk menjaga pandangan pengemudi tetap jelas.

Selama proses pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan konstruksi jalan berlangsung, kalian menemukan beberapa kejadian, antara lain:

- Kalian menemukan beberapa saluran drainase tertutup oleh limbah yang sulit diangkat tanpa alat berat tambahan.
- Tim pelaksana cenderung mengabaikan panduan teknis saat memperbaiki lubang kecil sehingga hasilnya tidak tahan lama.
- Ada keluhan dari masyarakat sekitar mengenai proses pemangkasan yang merusak tanaman milik warga.

Berdasarkan informasi yang diberikan, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut!

- a. Jelaskan langkah-langkah yang perlu diambil untuk mengatasi masalah limbah pada saluran drainase agar pekerjaan tetap berjalan sesuai jadwal!
- b. Apa tindakan yang kalian lakukan untuk memastikan tim pelaksana mengikuti panduan teknis dalam perbaikan retakan dan lubang?
- c. Bagaimana cara kalian berkomunikasi dengan masyarakat untuk menangani keluhan terkait pemangkasan vegetasi?
- d. Sebutkan prosedur yang perlu dilakukan untuk memastikan hasil pemeliharaan memenuhi standar kualitas!
- e. Apa saja langkah pencegahan yang harus diterapkan agar kerusakan jalan dapat diminimalkan di masa mendatang?

Pengayaan

Untuk menambah wawasan kalian tentang pelaksanaan, pengawasan, dan pemeliharaan konstruksi jalan, simak tayangan video pada pranala berikut.

Pekerjaan Pelaksanaan Konstruksi Jalan

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Video12>



Pelaksanaan Lapis Fondasi Agregat

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Video13>



Pekerjaan Pengawasan Konstruksi Jalan

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Video14>



Pekerjaan Pemeliharaan Konstruksi Jalan

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Video15>



Selain itu, kalian dapat membaca buku referensi terkait pelaksanaan, pengawasan, dan pemeliharaan konstruksi jalan di perpustakaan sekolah.

Refleksi

Kalian sudah mempelajari materi pelaksanaan, pengawasan, pemeliharaan pekerjaan jalan, serta konstruksi perkerasan jalan dan konstruksi bangunan pengaman ini secara tuntas. Kalian sudah memahami penerapan pekerjaan pelaksanaan, pengawasan, dan pemeliharaan pada proyek konstruksi jalan penghubung serta menghitung dimensi kebutuhan pada konstruksi perkerasan jalan dan konstruksi bangunan pengaman. Dari materi yang sudah dijelaskan, hal apa yang masih dirasa paling sulit untuk dikuasai/dipahami? Diskusikan kesulitan tersebut dengan teman maupun guru kalian.

Menurut kalian, apakah pekerjaan sebagai pelaksana atau kontraktor di lapangan, khususnya pekerjaan jalan itu menyenangkan dan membuat kalian termotivasi? Ataukah, malah terkesan sangat berat dan menantang apabila dijalani dengan penuh disiplin serta bertanggung jawab? Apakah kalian nanti ingin bekerja sebagai kontraktor? Untuk tujuan itu, apa yang akan kalian siapkan? Apa yang kalian akan lakukan agar menjadi kontraktor atau pelaksana yang hebat ke depannya?

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

Konstruksi Jalan, Irigasi, dan Jembatan
untuk SMK/MAK Kelas XI

Penulis: Arum Fajar V dan Galeh Nur Indriatno P.
ISBN: 978-634-00-0196-9

Bab IV

Pelaksanaan, Pengawasan, dan Pemeliharaan Konstruksi Irigasi

Menurut kalian, apa saja yang termasuk kegiatan pelaksanaan, pengawasan, dan pemeliharaan pada konstruksi irigasi?



Pada kesempatan kali ini, kita akan memperdalam materi berkaitan dengan perencanaan, pelaksanaan, pengawasan, dan pemeliharaan pekerjaan jaringan irigasi. Mengapa kita perlu memahami ilmu tersebut? Karena melalui upaya perencanaan hingga pemeliharaan yang benar, akan berdampak pada kualitas pekerjaan serta biaya yang dibutuhkan.

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi pada bab ini, kamu diharapkan mampu menerapkan perencanaan gambar menggunakan perangkat lunak pada pekerjaan jaringan irigasi dan bangunan pelengkap, serta menerapkan pekerjaan pelaksanaan, pengawasan, dan pemeliharaan pada proyek konstruksi jaringan irigasi pada saluran tersier.

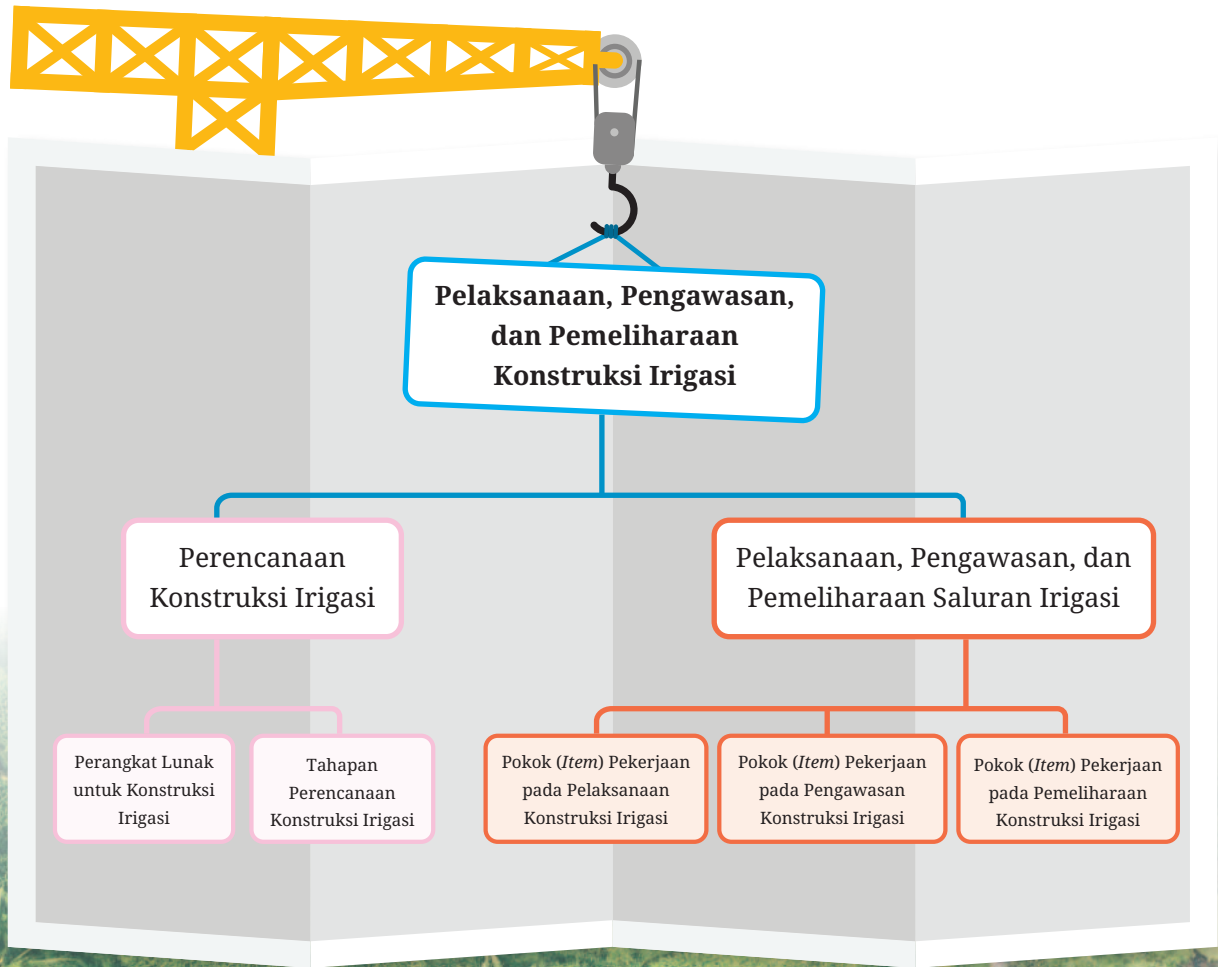
Kata Kunci

- konstruksi irigasi
- perencanaan
- pelaksanaan
- pengawasan
- pemeliharaan

Sumber: Unsplash.com/Nur Iman



Peta Konsep



Sumber: Unsplash.com/Ivan Bandura

Apersepsi

Jaringan irigasi di area persawahan bisa terdapat cacat gagal konstruksi berupa runtuhnya dinding penahan tanah. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain dinding tidak mampu menahan debit air, perencanaan yang kurang baik, pelaksanaan yang tidak sesuai dengan standar, dan pengawasan yang lalai sehingga mengurangi mutu/kualitas pekerjaan.



Gambar 4.1 Irigasi Bantarheulang Rusak

Sumber: Heru (2023)



Gambar 4.3 Hancurnya Irigasi di Kabupaten Empat Lawang Sumatera Selatan

Sumber: KabarSBI (2024)



Gambar 4.2 Proyek Saluran Irigasi di Jombang Rusak

Sumber: Elok (2022)



Banyak kejadian di sekitar kita yang memberikan contoh terkait dengan gagalnya konstruksi pada saluran irigasi. Sebagai contoh kejadian robohnya dinding penahan aliran irigasi akibat tidak mampu menahan derasnya aliran air yang mengalir pada irigasi. Hal tersebut terjadi karena beberapa hal seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4.4 Rusaknya Irigasi di Siantar

Sumber: Muamar (2014)



Gambar 4.5 Saluran Irigasi Ambrol di Keroncong

Sumber: TangerangOnline (2023)



Gambar 4.6 Bangunan Irigasi Mbang Ambruk

Sumber: Sarina (2019)

Setelah melihat gambar tadi, coba kalian deskripsikan kejadian tersebut! Silakan lakukan pengamatan di area kalian tinggal, apakah terjadi hal yang serupa dengan gambar? Kira-kira faktor apa saja yang menyebabkannya?

A. Perencanaan Konstruksi Irigasi

1. Perangkat Lunak untuk Konstruksi Irigasi

Perangkat lunak merupakan sebuah alat bantu yang dapat digunakan untuk mempermudah kita dalam menjalankan sebuah kegiatan. Perangkat lunak juga terdapat pada dunia teknik sipil tidak terkecuali. Pada dunia konstruksi perangkat lunak telah banyak membantu berbagai kegiatan seperti dalam sebuah perencanaan konstruksi. Penggunaan perangkat lunak dalam perencanaan konstruksi dapat dimanfaatkan untuk analisis kebutuhan, perhitungan perencanaan konstruksi, dan analisis berbagai aspek. Adapun penggunaan perangkat lunak tersebut, misalnya analisis hidrologi pada sebuah saluran irigasi yang berisi sebuah perhitungan berkaitan dengan evapotranspirasi, curah hujan, debit air mengalir, dan sedimentasi. Penggunaan perangkat lunak pada perancangan pembangunan irigasi dapat memberikan kemudahan bagi semua pihak yang terlibat dalam konstruksi tersebut.



Gambar 4.7 Pembangunan Irigasi

Sumber: ZoTu (2022)

Berbagai perangkat lunak yang ada dapat digunakan untuk proses perencanaan konstruksi irigasi. Perangkat lunak tersebut memiliki fungsi tersendiri. Berikut ini perangkat lunak yang dapat dimanfaatkan pada perencanaan konstruksi irigasi.

a. Microsoft Excel

Microsoft Excel merupakan sebuah program yang diproduksi oleh Microsoft Office. Microsoft Excel merupakan sebuah program untuk mengolah angka dengan lembar kerja (*spreadsheet*) yang terdiri atas baris dan kolom untuk mengeksekusi perintah. Microsoft Excel telah menjadi perangkat lunak pengolah data/angka terkemuka di dunia, dan tersedia di berbagai platform. Secara umum, Microsoft Excel menggunakan *spreadsheet* untuk manajemen data dan menjalankan fungsi-fungsi Excel yang dikenal sebagai rumus Excel.

Aplikasi Microsoft Excel adalah pengolah data otomatis yang dapat digunakan untuk penghitungan dasar, penggunaan rumus, pemakaian fungsi, pembuatan grafik, pengolahan data dan tabel, serta manajemen data. Pada penggunaan perangkat lunak tersebut pengguna harus memahami arti dari fungsi dan logika Excel dengan baik. Kesalahan penggunaan fungsi dapat menyebabkan kesalahan membaca data.

Pada pekerjaan bidang perencanaan konstruksi irigasi, perangkat lunak Microsoft Excel digunakan untuk membantu menganalisis dan menampilkan hasil dalam bentuk grafik yang lebih mudah dipahami.

Gambar 4.8 Analisis Hidrologi pada Aplikasi Microsoft Excel

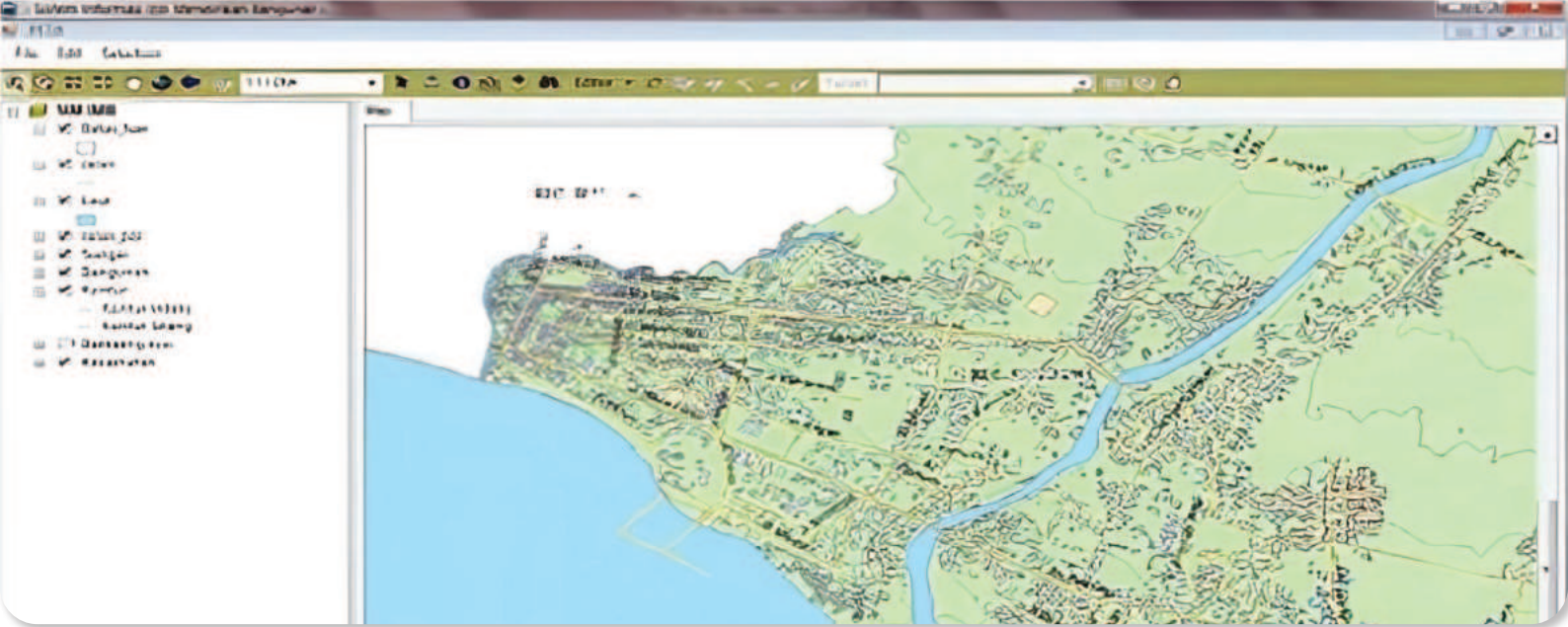
Sumber: Priyoko (2021)

No	Uraian	Satuan	Bulan													
			Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des		
A	Data Meteorologi															
1	Curah Hujan (P)	mm	338,40	322,27	394,10	314,47	286,13	153,93	227,93	234,33	261,73	303,40	311,60	320,47		
2	Rerata hari hujan (n)	hari	14,53	12,67	17,20	16,80	12,67	8,93	9,93	13,40	13,13	17,60	19,33	16,93		
B	Evapotranspirasi potensial (E_t)	mm/bln	78,85	70,46	75,64	72,46	69,10	67,90	68,63	69,27	66,29	60,83	62,61	62,58		
C	Evapotranspirasi ambang (E_i)															
1	Kenampakan permukaan (m)	%	20	20	20	20	20	20	30	40	50	50	40	30		
2	$E/E_t = m/20 (18 - n)$	%	3,47	5,33	0,80	1,20	5,33	9,07	12,10	9,20	12,17	1,00	-2,67	1,60		
3	$E = (2) \times E_t$	mm	2,63	3,76	0,61	0,87	3,69	6,16	8,30	6,37	8,07	0,61	-1,67	1,00		
4	$E_i = E_t - E$	mm	73,22	66,71	75,04	71,59	65,42	61,74	60,32	62,90	58,22	60,22	64,28	61,58		
D	Air Lebih (P - E_i)	mm	265,18	255,56	319,06	242,87	220,71	92,12	167,61	171,43	203,51	243,18	247,32	258,88		
E	Tampungan air tanah															
1	Infiltrasi (i) = 40% (P - E _i)	mm	106,07	102,22	127,62	97,15	88,29	36,88	67,04	68,57	81,40	97,27	98,93	103,55		
2	$0,5 \times (1 + K) \times i (K = 0,60)$	-	84,86	81,78	102,10	77,72	70,63	29,50	53,63	54,86	65,12	77,82	79,14	82,84		
3	$K \times (V_n - 1)$	mm	64,54	89,64	102,85	122,97	120,41	114,63	86,48	84,07	83,35	89,09	100,14	107,57		
4	Volum tampungan (V _n) = (2) + (3)	mm	149,40	171,42	204,95	200,69	191,04	144,13	104,11	138,92	148,48	166,90	179,28	190,41		
5	$V_n^* = V_n - (V_n - 1)$	mm	41,83	22,02	33,53	-4,26	-9,65	-46,92	-4,02	-1,19	9,55	18,42	12,38	11,13		
6	Base Flow (BF) = i - V _n *	mm	64,24	80,21	94,09	101,41	97,93	83,79	71,06	69,76	71,85	78,85	86,55	92,42		

Analisis yang dapat dilakukan dengan perangkat lunak ini meliputi:

- 1) Analisis hidrologi yang mencakup perhitungan evapotranspirasi, infiltrasi, curah hujan, ketersediaan air, kebutuhan air, debit banjir, patokan rancangan, volume genangan, dan sedimentasi.
- 2) Analisis hidraulika.
- 3) Analisis stabilitas lereng.
- 4) Perhitungan RAB (Rencana Anggaran Biaya) pada pelaksanaan proyek.





Gambar 4.9 Tampilan Peta pada Perangkat Lunak Arc-GIS Irigasi

Sumber: Priyoko (2021)

b. GIS software

GIS merupakan kepanjangan dari *Geographic Information System*. Pada bahasa Indonesia dapat diartikan sebagai Sistem Informasi Geografis (SIG) yang merupakan sebuah sistem informasi yang mengelola data dengan informasi spasial (bereferensi ruang). Atau, dalam arti lebih sempit, merupakan sistem komputer yang mampu membangun, menyimpan, mengelola, dan menampilkan informasi geografis. Data ini diidentifikasi berdasarkan lokasinya dalam sebuah basis data (*data base*).

Sistem informasi yang dapat dimanfaatkan dalam aplikasi GIS ini sebagai berikut.

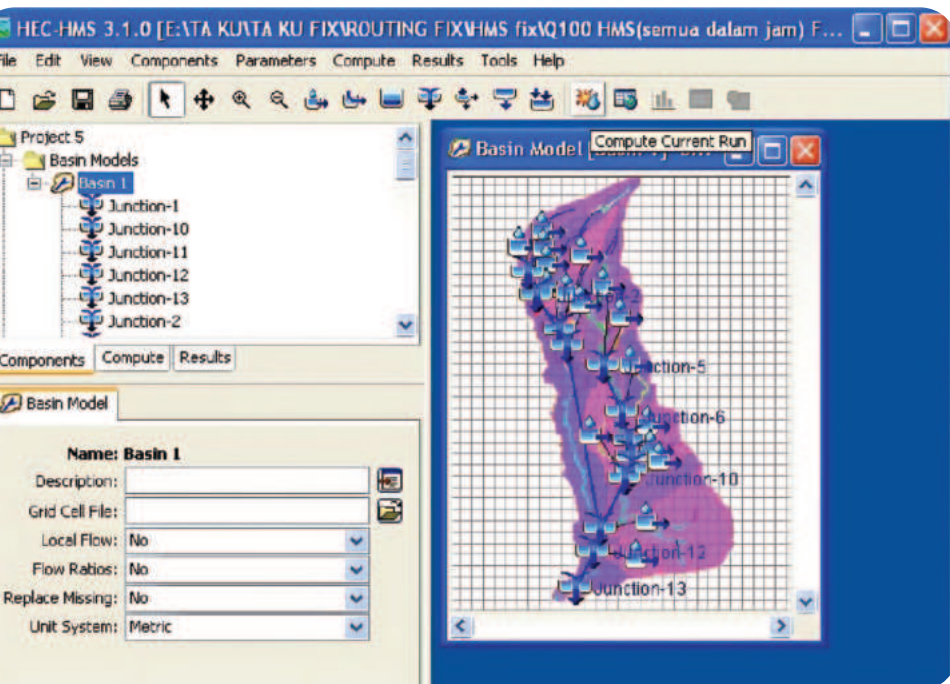
- 1) *Input Data*: subsistem ini bertugas mengumpulkan dan mempersiapkan data spasial serta atribut dari berbagai sumber. Subsistem ini juga bertanggung jawab untuk mengonversi atau mentransformasi format data asli ke dalam format yang dapat digunakan oleh GIS.
- 2) *Output Data*: subsistem ini menampilkan atau menghasilkan keluaran dari basis data, baik dalam bentuk *softcopy* maupun *hardcopy* seperti tabel, grafik, peta, dan lainnya.
- 3) *Manajemen Data*: subsistem ini mengorganisasi data spasial dan atribut ke dalam basis data agar mudah dipanggil, diperbarui, dan diedit.
- 4) *Manipulasi dan Analisis Data*: subsistem ini menentukan informasi yang dapat dihasilkan oleh GIS. Selain itu, subsistem ini juga melakukan manipulasi dan pemodelan data untuk menghasilkan informasi.

c. HEC-HMS

Hydrologic Engineering Centre-Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) adalah perangkat lunak pemodelan hidrologi yang dikembangkan oleh *Hydraulic Engineering Center* dari *USA Army Corps of Engineer*. HEC-HMS merupakan pemodelan hidrologi yang digunakan untuk mengubah curah hujan menjadi aliran pada suatu daerah aliran sungai (DAS).

HEC-HMS pada dasarnya merupakan model semi-terdistribusi yang menggabungkan beberapa model yang diringkas dalam alat bantu. Model-model dalam HEC-HMS terbagi menjadi empat jenis, yaitu:

- 1) Model untuk volume *runoff*
- 2) Model untuk *direct runoff*
- 3) Model untuk memperkirakan *baseflow*
- 4) Model untuk saluran terbuka



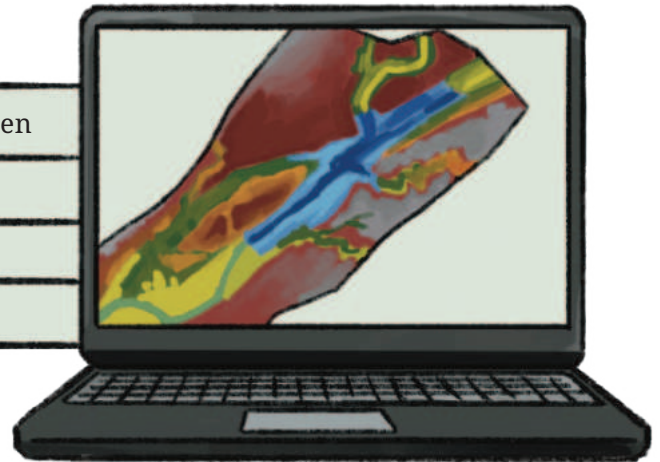
Gambar 4.10 HasilPerangkatLunak HEC-HMS

Sumber: Priyoko (2021)

d. HEC-RAS

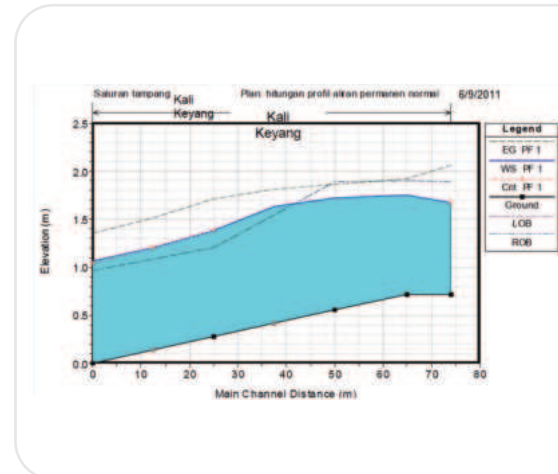
HEC-RAS merupakan sebuah perangkat lunak untuk memodelkan aliran sungai (*River Analysis System/RAS*). Aplikasi ini dikembangkan oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)*, yang merupakan bagian dari *Institute for Water Resources (IWR)*. HEC-RAS merupakan model aliran satu dimensi untuk aliran permanen dan tidak permanen (*steady and unsteady one-dimensional flow model*). HEC-RAS memiliki empat komponen analisis hidraulik satu dimensi untuk:

- 1) Menghitung profil muka air aliran permanen
- 2) Simulasi aliran tidak permanen
- 3) Menghitung pengangkutan sedimen
- 4) Menghitung kualitas air



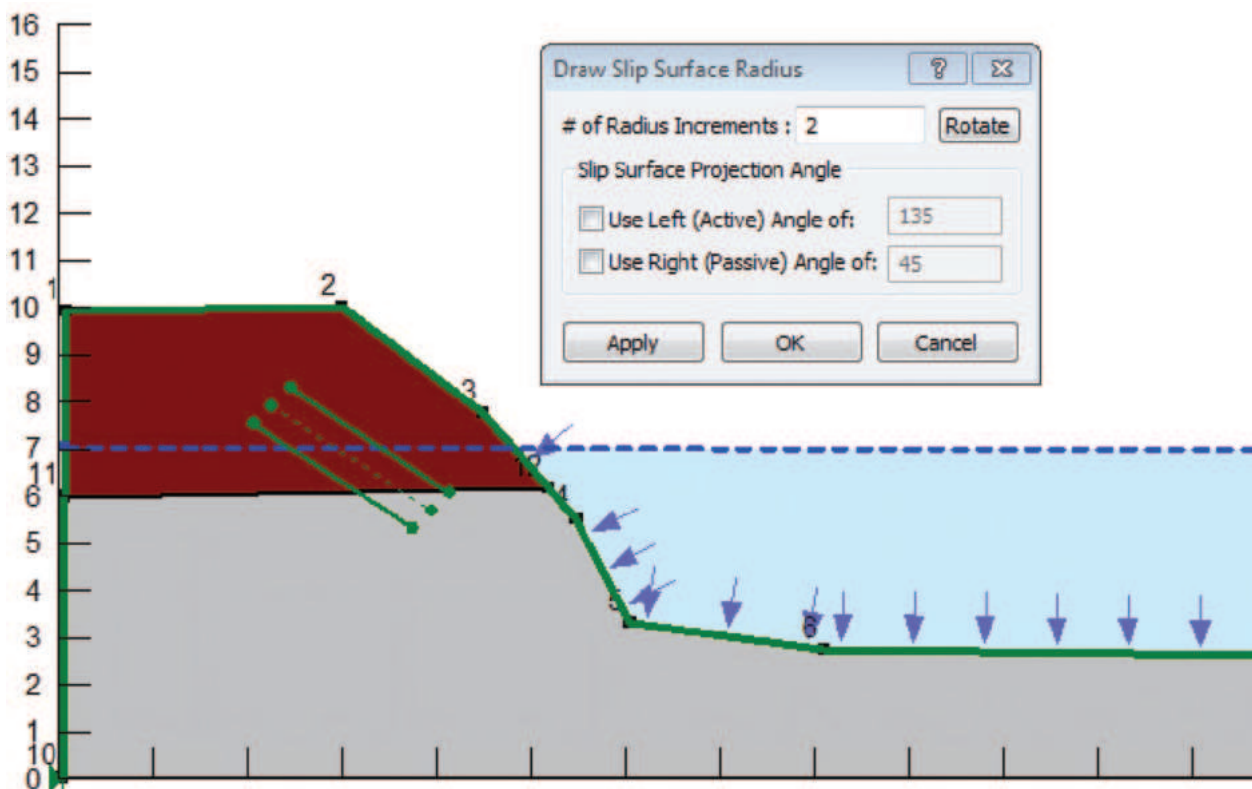
Selain itu, HEC-RAS mengintegrasikan fitur antarmuka pengguna grafis, analisis hidraulik, manajemen dan penyimpanan data, grafik, serta pelaporan. Untuk aliran tidak permanen, perangkat lunak ini memiliki fitur khusus yang mencakup analisis keruntuhan bendungan, limpasan melalui tanggul, keruntuhan tanggul, pompa, operasi dan navigasi, serta aliran dalam pipa.

Dalam perkembangannya, HEC-RAS bekerja sama dengan Arc-GIS untuk menampilkan hasil pemodelan hidraulik secara spasial melalui aplikasi GIS.



Gambar 4.11 Hasil Pemodelan Perangkat Lunak HEC-RAS

Sumber: Priyoko (2021)



Gambar 4.12 Tampilan Peta pada Perangkat Lunak Arc-GIS Irigasi

Sumber: Priyoko (2021)

e. GEO SLOPE

GEO-SLOPE Office adalah paket aplikasi yang dirancang untuk pemodelan geoteknik dan geo-lingkungan. Perangkat lunak ini mencakup SLOPE/W, SEEP/W, SIGMA/W, QUAKE/W, TEMP/W, dan CTRAN/W. Semua produk tersebut terintegrasi sehingga memungkinkan penggunaan hasil dari satu produk ke produk lainnya. Fitur ini sangat unik dan kuat, memperluas jenis masalah yang dapat dianalisis serta memberikan fleksibilitas untuk memperoleh modul yang dibutuhkan untuk berbagai proyek.

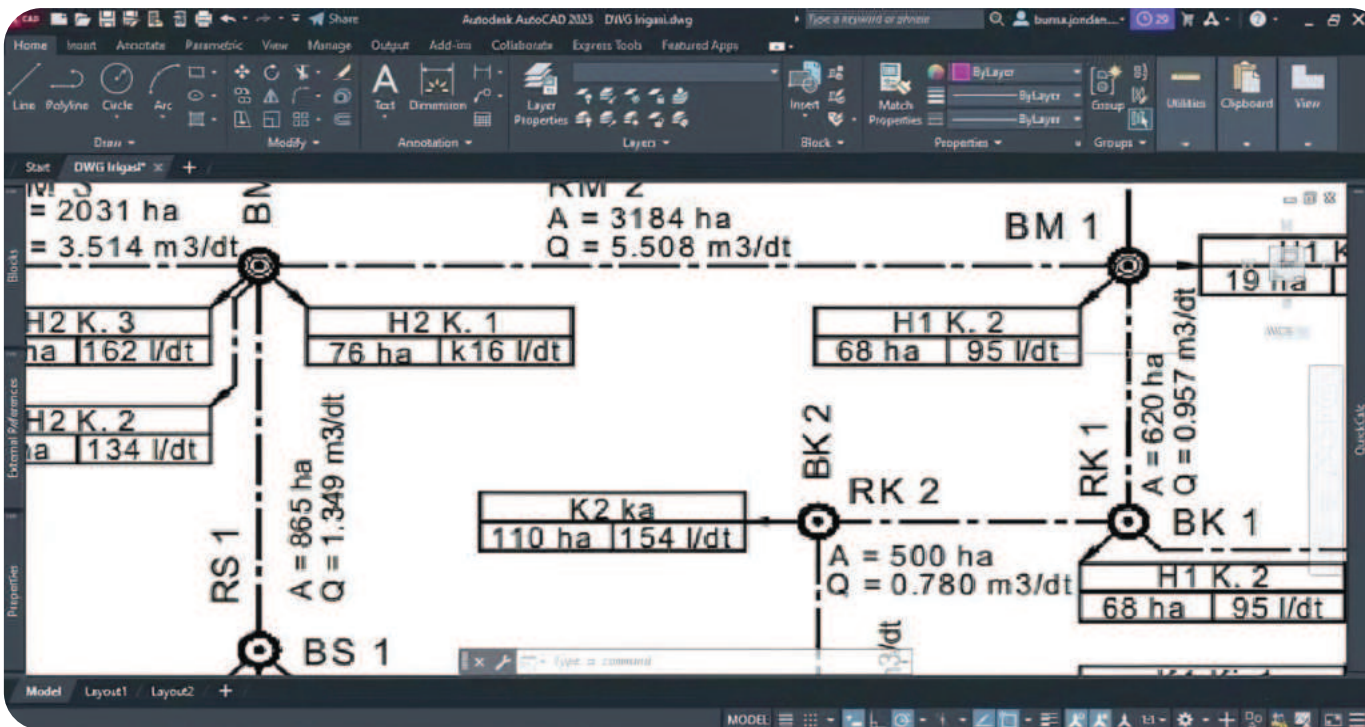
SLOPE/W adalah perangkat lunak untuk menghitung faktor keamanan tanah dan kemiringan batuan. Dengan SLOPE/W, kita dapat menganalisis masalah dari yang sederhana hingga kompleks menggunakan salah satu dari delapan metode kesetimbangan batas untuk berbagai permukaan miring, kondisi tekanan pori air, sifat tanah, dan beban terkonsentrasi. Kita dapat menggunakan elemen tekanan pori air terbatas, tegangan statis, atau tekanan dinamik dalam analisis kestabilan lereng.

f. AutoCAD

AutoCAD adalah perangkat lunak desain berbantuan komputer yang memungkinkan pengguna untuk membuat gambar dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D) dengan presisi tinggi, yang digunakan dalam bidang konstruksi dan manufaktur. Aplikasi AutoCAD juga dapat membantu penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) karena bisa digunakan untuk menentukan volume pekerjaan.

Berbagai pemodelan konstruksi saluran irigasi dapat dibantu dengan perangkat lunak AutoCAD. Berikut ini langkah pemodelan pemodelan yang menggunakan bantuan perangkat lunak AutoCAD.

- 1) Setelah perhitungan dilakukan, gambar skema jaringan irigasi dibuat.
- 2) Siapkan aplikasi AutoCAD.
- 3) Lakukan penggambaran.



Gambar 4.13 Hasil Penggambaran Menggunakan Aplikasi AutoCAD

Sumber: Satriawan (2022)

g. PLAXIS

PLAXIS adalah aplikasi geoteknik yang canggih dan dirancang untuk analisis menggunakan metode elemen hingga. Dikembangkan oleh *Bentley Systems*, alat ini sangat penting bagi para insinyur sipil dan geoteknik dalam merancang serta menilai interaksi antara tanah dan struktur pada berbagai proyek konstruksi. Berbagai fitur yang dapat digunakan pada aplikasi Plaxis antara lain:

1) Analisis Elemen Hingga (*Finite Element Analysis* - FEA)

PLAXIS menggunakan metode elemen hingga untuk memodelkan respons tanah terhadap berbagai jenis beban, seperti beban bangunan, tekanan air tanah, dan beban dinamis akibat gempa bumi. Hal ini memungkinkan analisis yang presisi terhadap reaksi tanah dalam berbagai kondisi dan desain.

2) Pemodelan 2D dan 3D

PLAXIS hadir dalam versi 2D dan 3D yang memberikan fleksibilitas kepada pengguna untuk menyesuaikan dengan tingkat kompleksitas proyek. Versi 2D digunakan untuk analisis penampang, sedangkan versi 3D memungkinkan analisis yang lebih mendalam dan realistis terhadap permasalahan geoteknik yang lebih rumit.

3) Model Konstitutif Tanah

PLAXIS dilengkapi dengan berbagai model konstitutif yang menggambarkan perilaku tanah dari berbagai jenis, seperti model *Mohr-Coulomb* dan *Hardening Soil*. Ini memastikan simulasi perilaku tanah dilakukan dengan akurasi tinggi, sesuai dengan kondisi geologi yang spesifik.

4) Stabilitas Lereng dan Interaksi Tanah-Struktur

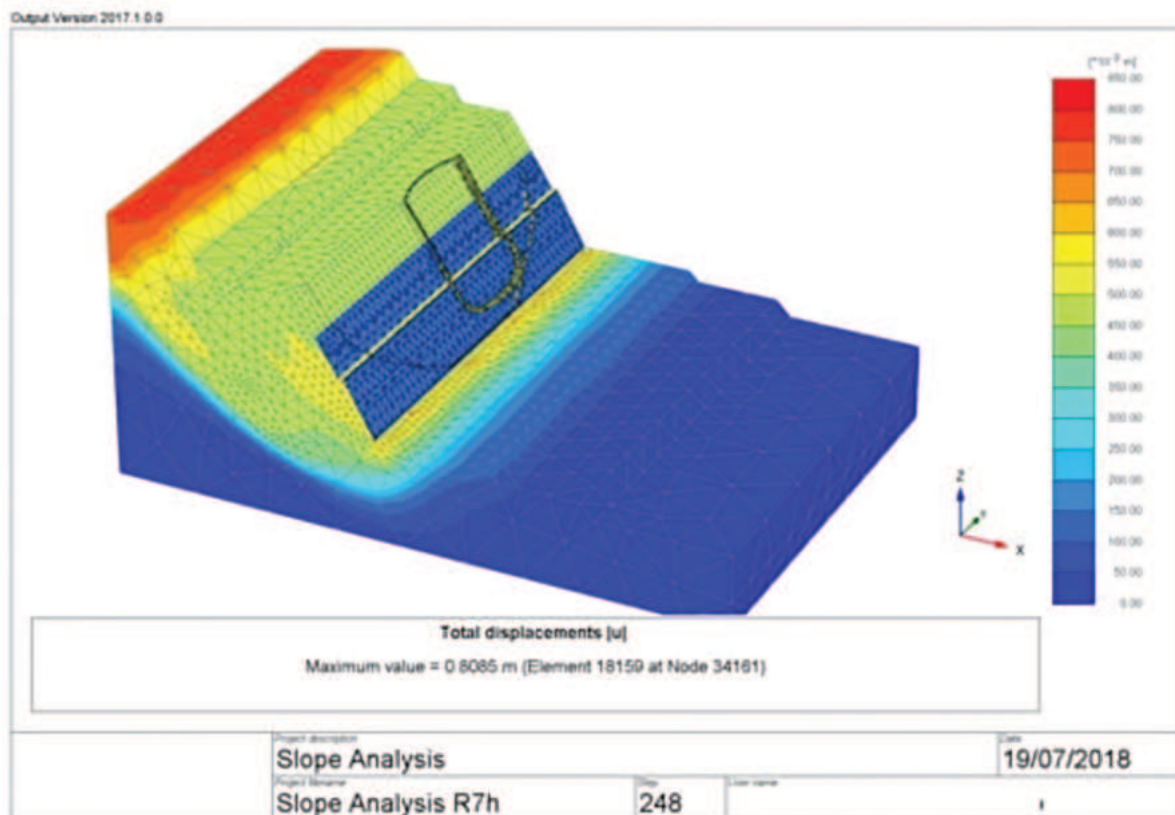
Perangkat lunak ini sangat efektif untuk menganalisis stabilitas lereng, desain dinding penahan, dan pemodelan interaksi antara tanah dan struktur seperti fondasi dan terowongan. Analisis ini membantu mengidentifikasi potensi risiko seperti longsor atau penurunan tanah.

5) Analisis Dinamis

Fitur analisis dinamis dalam PLAXIS memungkinkan simulasi respons tanah dan struktur terhadap beban dinamis, seperti gempa bumi, yang penting untuk merancang struktur tahan gempa dan aman.

6) Manajemen Fase Konstruksi

PLAXIS memungkinkan simulasi bertahap dari proses konstruksi, termasuk penggalian dan pembangunan struktur, untuk mengevaluasi perubahan kondisi tanah selama setiap fase sehingga memastikan keamanan dan stabilitas proyek secara keseluruhan.



Gambar 4.14 Hasil Aplikasi Plaxis

Sumber: Binus Center (2018)

h. IFAS

IFAS (*Integrated Force Analysis System*) merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk menganalisis kekuatan dan stabilitas dalam perencanaan konstruksi, terutama di bidang teknik sipil dan mekanik. Aplikasi ini dibuat untuk membantu para insinyur dalam menilai kekuatan struktur, memahami distribusi beban, serta memastikan desain memenuhi standar keselamatan yang berlaku. Berbagai fitur yang dapat dimanfaatkan dalam IFAS sebagai berikut.

1) Analisis Kekuatan Struktural

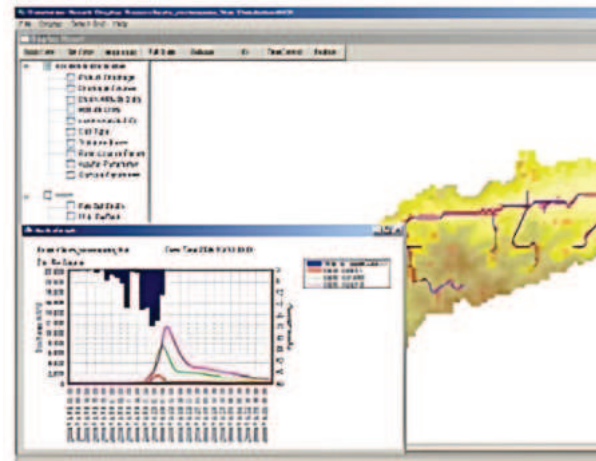
IFAS digunakan untuk mengevaluasi kekuatan dan kestabilan struktur, termasuk bangunan, jembatan, dan infrastruktur lainnya. Program ini memungkinkan pengguna untuk menganalisis berbagai elemen struktur seperti balok, kolom, dan fondasi, memastikan mereka mampu menahan beban yang diterapkan dengan aman.

2) Pemodelan Distribusi Beban

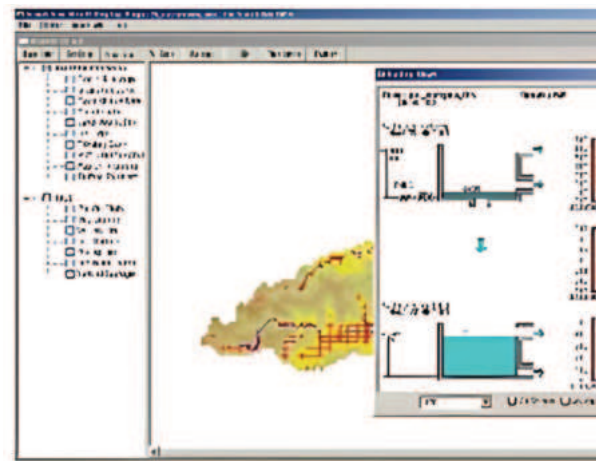
IFAS memungkinkan pemodelan distribusi beban dalam struktur, baik beban statis (beban tetap) maupun beban dinamis (beban bergerak atau akibat gempa). Analisis ini penting untuk memahami bagaimana beban disebarkan dan dialihkan melalui elemen-elemen struktur.

3) Desain Optimal

Dengan menggunakan IFAS, insinyur dapat merancang struktur yang optimal, memastikan penggunaan material secara efisien sambil tetap memenuhi persyaratan kekuatan dan kestabilan. Ini penting untuk mengurangi biaya proyek sambil tetap menjaga keselamatan dan keandalan struktur.



Hydro-graph



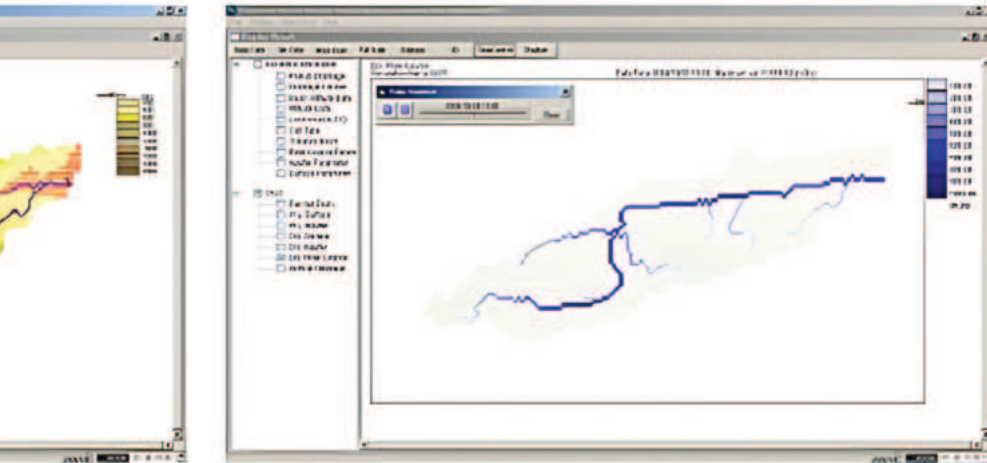
Graph of tank water level and discharge

4) Analisis Kestabilan

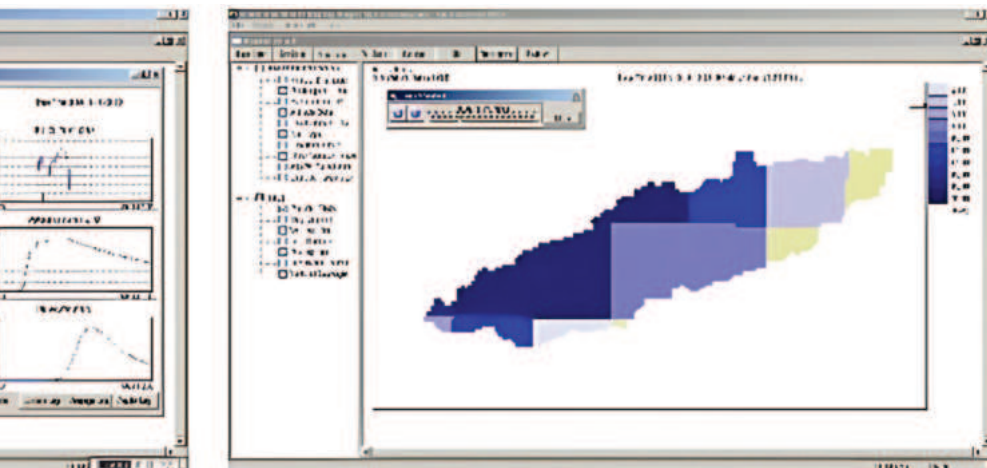
Aplikasi ini juga digunakan untuk mengevaluasi kestabilan struktur di bawah berbagai kondisi beban, termasuk angin, gempa, dan beban lainnya. Ini memastikan struktur tidak akan mengalami kegagalan atau keruntuhan pada kondisi ekstrem.

5) Kolaborasi dan Integrasi

IFAS dirancang untuk terintegrasi dengan perangkat lunak lain yang digunakan dalam perencanaan konstruksi, seperti BIM (*Building Information Modeling*) dan CAD (*Computer-Aided Design*). Hal ini memungkinkan aliran kerja yang lebih mulus antara berbagai disiplin ilmu yang terlibat pada proyek konstruksi.



Plan view of river discharge



Plan view of satellite-based rainfall

Gambar 4.15 Hasil Perhitungan IFAS

Sumber: Heryani, dkk (2018)

2. Tahapan Perencanaan Konstruksi Irigasi

Tahapan perencanaan pembangunan irigasi, terbagi menjadi dua, yakni perencanaan umum (studi) dan perencanaan teknis. Setiap tahap dibagi lagi menjadi beberapa fase, dengan tujuan yang jelas. Tahap studi adalah tahap untuk merumuskan dan menyimpulkan apakah suatu proyek akan dilaksanakan. Aspek-aspek dalam tahap studi mencakup elemen teknis dan nonteknis. Sementara itu, tahap perencanaan teknis adalah tahap yang lebih mendetail, membahas proyek irigasi secara rinci dengan fokus utama pada aspek teknis.

a. Tahap studi

Pada tahapan studi, proyek pelaksanaan pembangunan konstruksi irigasi dikembangkan. Hal tersebut dilaksanakan dengan memperhatikan beberapa faktor, yaitu tanah, air, dan populasi. Selain itu, aspek-aspek lain seperti ekonomi nasional dan regional, sosiologi, dan ekologi juga dipertimbangkan. Studi ini melibatkan berbagai penyelidikan dan analisis yang berbeda-beda bergantung pada kompleksitas proyek.

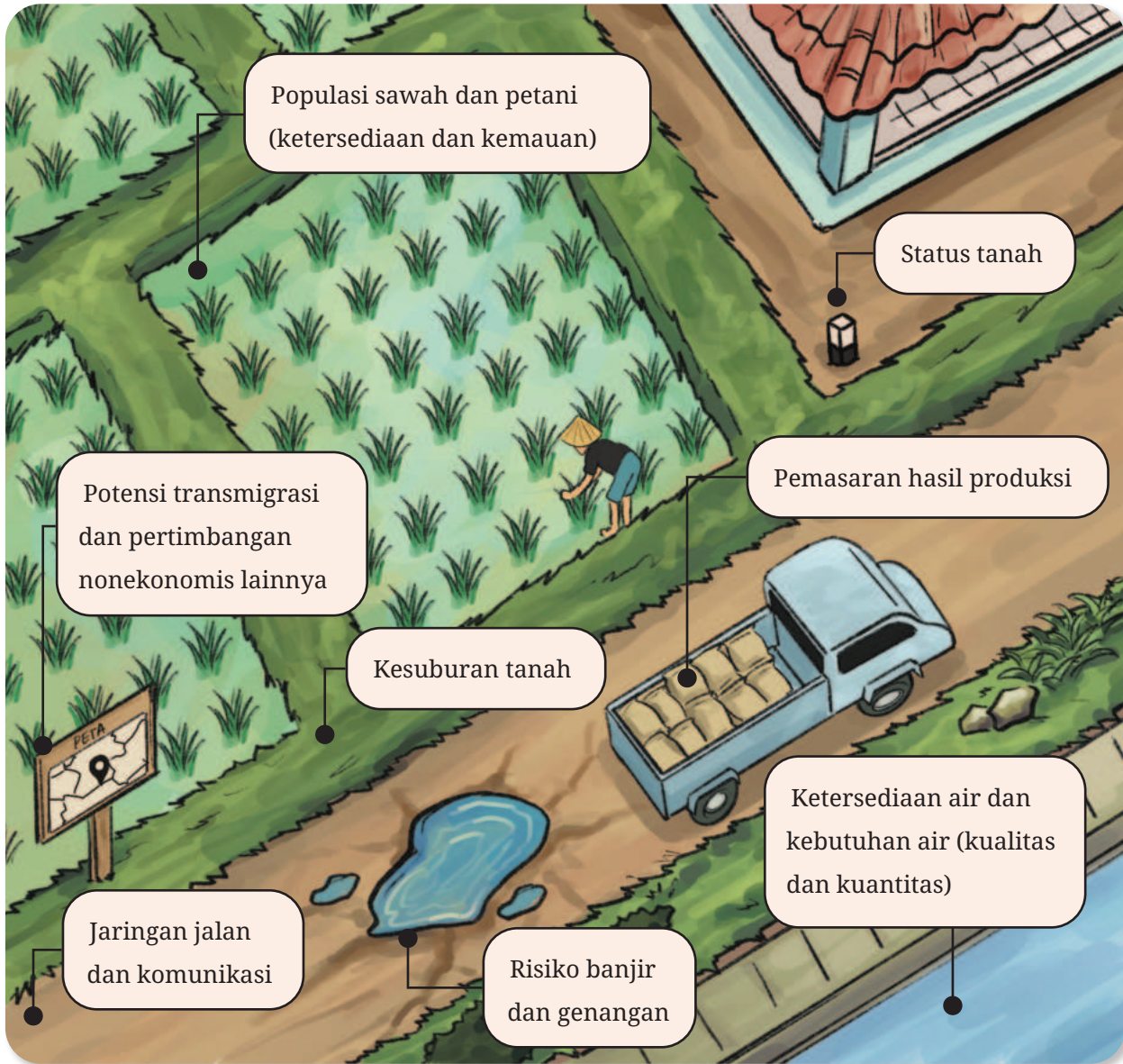
1) Studi awal

Sebuah langkah pembuatan pembangunan suatu wilayah menjadi konstruksi irigasi dapat muncul melalui sebuah observasi lapangan atau dari analisis data kantor. Rencana penyusunan proyek dibentuk melalui pengamatan fisik pada sebuah tempat atau juga dapat melalui analisis data topografi dan hidrologi. Selain itu, juga diperlukan sebuah data seperti peta, laporan, dan gambar yang dikumpulkan menjadi satu kemudian dilaksanakan analisis. Hubungan antarwilayah tersebut dengan daerah irigasi sekitarnya juga ikut dipelajari pada saat perancangan konstruksi irigasi. Setelah itu, rencana garis besar dan pola pengembangan beserta laporannya disusun. Ketelitian rencana ini sangat bergantung pada kualitas data yang tersedia.



2) Studi identifikasi

Pada saat kegiatan studi identifikasi, hasil data yang diperoleh pada saat tahapan studi awal diperiksa kembali di lapangan untuk menilai bagaimana kelayakan rencana proyek. Aspek-aspek yang ditinjau dalam studi identifikasi adalah:



3) Studi pengenalan

Tujuan dilaksanakannya studi pengenalan untuk memberikan gambaran umum mengenai pengembangan multisektor dari sudut pandang teknis. Kegiatan yang dilaksanakan dalam studi pengenalan adalah:



Dalam studi pengenalan, tidak dilakukan pengukuran topografi secara detail (menggunakan peta kontur berskala 1:25.000), geologi teknik (penyelidikan awal), dan kesesuaian tanah (peta kemampuan tanah berskala 1:250.000). Semua kesimpulan didasarkan pada pemeriksaan lapangan dan peta-peta yang tersedia, dengan ketepatan rencana teknik sangat bergantung pada ketepatan peta tersebut. Rencana ini akan menetapkan tipe irigasi dan struktur bangunan yang diperlukan.

4) Studi kelayakan

Tujuan utama dilaksanakannya studi kelayakan adalah menilai kelayakan pelaksanaan proyek dari segi teknis dan ekonomis. Selain hal tersebut, tahapan uji kelayakan juga mempunyai tujuan untuk:

- a) Memastikan masyarakat setempat mendukung pelaksanaan proyek
- b) Menjamin masalah sosial dan lingkungan lainnya dapat diatasi tanpa kesulitan yang signifikan
- c) Mengumpulkan dan meninjau kembali hasil-hasil studi sebelumnya



b. Tahap perencanaan

Setelah tahapan pengumpulan data selesai, selanjutnya adalah perencanaan. Tahap perencanaan dimulai setelah keputusan untuk melaksanakan proyek diambil. Pada tahap perencanaan ini terdapat dua tingkatan tahapan, yaitu taraf perencanaan pendahuluan dan taraf perencanaan akhir (detail).

1) Tahap perencanaan pendahuluan

a) Pengukuran atau survei

Tahapan pengukuran atau survei dilaksanakan dengan tujuan menentukan bentuk dan karakteristik lapangan, serta memastikan kelayakannya sesuai dengan tahap studi. Tahapan pengukuran atau survei ini merupakan sebuah tahapan awal dalam perencanaan saluran irigasi. Hasil data yang diperoleh pada tahap pengukuran dan survei sangat berguna untuk tahapan selanjutnya. Tahapan pengukuran atau survei meliputi:

- Pengukuran peta topografi
- Penelitian kemampuan tanah

b) Perencanaan pendahuluan

Tahapan perencanaan pendahuluan merupakan sebuah tahapan yang dimulai dengan menentukan lokasi dan elevasi bangunan utama, saluran irigasi, pembuangan, serta luas area layanan yang masih bersifat sementara. Data yang diperoleh dalam tahapan perencanaan pendahuluan dikumpulkan untuk membuat keputusan. Pada tahapan perencanaan pendahuluan keputusan yang dapat diambil adalah:

- Penentuan lokasi bangunan utama dan bangunan silang utama serta tata letak jaringan
- Perencanaan petak-petak tersier
- Pemilihan tipe-tipe bangunan
- Trase dan potongan memanjang saluran
- Pengusulan garis sempadan saluran awal
- Jaringan dan bangunan pembuangan

2) Tahap perencanaan akhir

Sebelum melaksanakan perencanaan akhir, beberapa hal harus dilaksanakan terlebih dahulu di antaranya pengukuran dan penyelidikan. Ketentuan dan prosedur pengukuran serta penyelidikan ini didasarkan pada hasil-hasil dari perencanaan pendahuluan. Perakayasa bertanggung jawab atas persyaratan, pelaksanaan, dan hasil akhir dari kegiatan. Kegiatan pada tahapan ini meliputi:

<ul style="list-style-type: none">• Pengukuran topografi (pengukuran trase saluran, pengukuran situasi bangunan khusus)	<ul style="list-style-type: none">• Penyelidikan geologi teknik (geologi, mekanika tanah)	<ul style="list-style-type: none">• Penyelidikan model hidrolis
		

3) Perencanaan dan laporan akhir

Pembuatan perencanaan akhir adalah tahap terakhir dalam perencanaan jaringan irigasi. Pada tahap ini, gambar-gambar detail tata letak, saluran, dan bangunan akan diselesaikan. Laporan perencanaan akhir akan mencakup semua data dasar yang digunakan, kriteria yang diterapkan, serta gambar-gambar perencanaan yang rinci, termasuk volume dan biaya (*bill of quantity*). Laporan ini juga akan memuat informasi tentang urutan pekerjaan pelaksanaan, serta eksploitasi dan pemeliharaan jaringan irigasi.

Aktivitas 4.1



Mari Cari Tahu

1. Silakan kamu tanyakan kepada Bapak/Ibu Guru atau teman. Carilah informasi tentang bagaimana pentingnya perencanaan sebuah pembangunan konstruksi irigasi? Cari tahu juga mengapa perencanaan pembangunan konstruksi irigasi harus dilaksanakan secara terstruktur dan teliti? Kamu juga bisa mencari informasi terkait melalui internet dan sumber lainnya.
2. Amati gambar di bawah. Lalu, coba diskusikan bagaimana cara mewujudkan perencanaan pembangunan konstruksi irigasi seperti yang terdapat pada gambar. Langkah apa saja yang harus dilaksanakan agar perencanaan pembangunan dapat sesuai dengan keadaan di lapangan?



Gambar 4.16 Bangunan Utama Irigasi

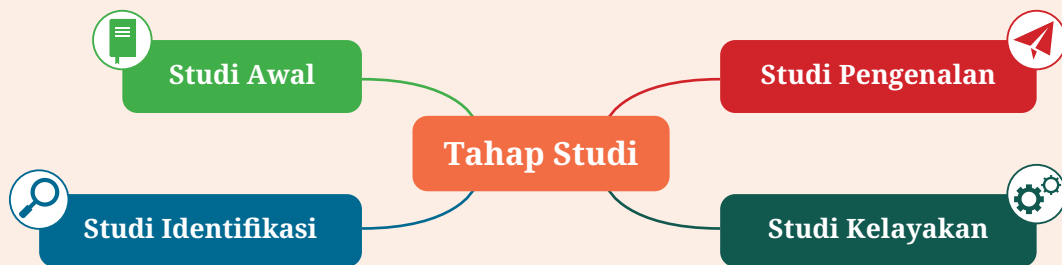
Sumber: Admin PU (2020)

Aktivitas 4.2



Mari Diskusi

Buatlah kelompok sesuai jumlah tema diskusi di bawah. Setiap kelompok dipersilakan mencari informasi langkah yang dikerjakan dalam pekerjaan perencanaan saluran irigasi. Amati saluran irigasi di lingkungan tempat tinggal kalian. Presentasikan hasil pengamatan tersebut. Kalian juga bisa mencari informasi tersebut melalui internet dan sumber lainnya.



Setelah kalian mengetahui dan dapat melakukan identifikasi langkah yang dikerjakan dan tujuan setiap tahapan yang terdapat pada tahapan perencanaan konstruksi pembangunan irigasi, sekarang saatnya kita belajar tentang perencanaan konstruksi saluran irigasi di Indonesia.

Aktivitas 4.3



Mari Diskusi

Silakan amati di lingkungan sekitar kalian berkaitan tentang gagalnya sebuah perencanaan konstruksi pembangunan irigasi. Identifikasi dan lakukan analisis terhadap faktor apa saja yang menyebabkan kejadian tersebut. Kalian juga bisa mencari informasi tersebut melalui internet dan sumber lainnya.

Kalian sudah mengetahui dan dapat melakukan identifikasi serta analisis tentang faktor yang dapat menyebabkan gagalnya pembangunan konstruksi saluran irigasi. Sekarang saatnya mempelajari berbagai perangkat lunak yang dapat dimanfaatkan dalam perencanaan konstruksi saluran irigasi.

Aktivitas 4.4



Mari Diskusi

Buatlah kelompok sesuai jumlah tema diskusi di bawah. Setiap kelompok dipersilakan mencari informasi seputar perangkat lunak yang dapat dimanfaatkan dalam perencanaan konstruksi saluran irigasi. Lalu, buatlah ringkasan berkaitan hasil diskusi kelompok. Kalian juga bisa mencari informasi melalui internet dan sumber lainnya.

Kelompok	Subklasifikasi
Satu	Microsoft Excel
Dua	GIS
Tiga	HEC-HMS
Empat	HEC-RAS
Lima	Geo-Slope
Enam	AutoCAD

B. Pelaksanaan, Pengawasan, dan Pemeliharaan Saluran Irigasi

1. Pokok (Item) Pekerjaan pada Pelaksanaan Konstruksi Saluran Irigasi

Pada pembangunan konstruksi saluran irigasi tidak terlepas dengan tahapan pelaksanaan pembuatan saluran irigasi. Tahapan pelaksanaan pembuatan saluran irigasi dilaksanakan setelah tahap perencanaan selesai. Pada tahapan pelaksanaan, kualitas pekerjaan sangat menentukan hasil yang akan dibuat setelah semua tahapan selesai. Saluran irigasi adalah bagian integral dari sistem bendung yang berfungsi untuk mendistribusikan air dari bendungan ke petak-petak sawah yang membutuhkan pengairan. Secara umum, berikut ini rincian pekerjaan irigasi.

- Tugas utama melibatkan pembangunan saluran irigasi yang mencakup saluran utama, saluran sekunder, saluran subsekunder, dan struktur pengendali air.
- Area pekerjaan sangat luas, dengan total panjang saluran irigasi yang dibangun bisa mencapai beberapa puluh kilometer.
- Jenis pekerjaan yang dominan adalah pekerjaan tanah, termasuk penggalian dan penimbunan tanah, atau kombinasi keduanya yang dikenal sebagai pekerjaan *cut and fill*.
- Pekerjaan ini memerlukan banyak peralatan berat dan sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca, baik saat musim hujan maupun musim kemarau.
- Mengingat luasnya area proyek, potensi timbulnya masalah sosial sangat tinggi.



a. Pekerjaan persiapan

Sebelum dimulainya pekerjaan pelaksanaan, pekerja sebaiknya melaksanakan tahapan persiapan pekerjaan. Persiapan pekerjaan ini untuk memastikan pekerjaan pembangunan konstruksi saluran irigasi dapat berjalan lancar. Beberapa hal yang dilaksanakan dalam kegiatan pekerjaan persiapan sebagai berikut.

1) Pembangunan fasilitas sementara

Pembangunan fasilitas sementara ini merupakan sebuah tahapan dengan tujuan mendirikan fasilitas sementara untuk kontraktor, kantor lokasi, gudang, bengkel, area penyimpanan terbuka, perumahan staf, dan barak pekerja.

2) Pengukuran

Pada pengukuran ini terdapat dua tahapan. Pertama, melakukan pengukuran bagian longitudinal untuk menentukan jalur saluran dan batas pembebasan lahan. Kedua, melakukan pengukuran penampang melintang untuk merancang elevasi saluran dan sebagai dasar perhitungan volume pekerjaan tanah.

3) Mobilisasi alat berat

Dalam pembangunan konstruksi saluran irigasi, alat berat digunakan untuk memudahkan dan meringankan segala jenis pekerjaan yang ada pada tahap pelaksanaan pembuatan irigasi. Tahapan mobilisasi mempunyai tujuan untuk memindahkan dan menyiapkan peralatan berat yang diperlukan di lokasi proyek.





Gambar 4.17 Pekerjaan Tanah dalam Pembangunan Saluran Irigasi

Sumber: Desa Klampok (2018)

b. Tahapan pelaksanaan pekerjaan irigasi

Dalam tahapan pelaksanaan terdapat berbagai jenis pekerjaan yang ada dalam pembuatan konstruksi pembangunan saluran irigasi. Pekerjaan tersebut dimulai dengan pekerjaan tanah, pekerjaan pelapisan beton, pekerjaan struktur bangunan pengatur air, pekerjaan inspeksi, dan pekerjaan pintu air.

1) Pekerjaan tanah

Pekerjaan tanah merupakan sebuah tahapan yang digunakan untuk menyiapkan saluran irigasi. Pekerjaan tanah meliputi penggalian, penimbunan, dan pekerjaan *cut and fill* untuk mempersiapkan dasar saluran. Pekerjaan tanah tersebut di antaranya sebagai berikut.

- Pekerjaan *Stripping*: menghilangkan lapisan tanah atas yang jelek untuk mencegah penurunan pada timbunan.
- Pekerjaan Timbunan: mengisi area sepanjang saluran yang rendah dengan tanah dari hasil galian atau dari *borrow area*.
- Pekerjaan Galian: menggali area sepanjang saluran yang terlalu tinggi dan membuang tanah hasil galian ke lokasi timbunan atau *disposal area*.
- Pekerjaan Galian Saluran: menggali dan membentuk saluran irigasi setelah pekerjaan galian dan timbunan mencapai level rata datar meja.
- Pekerjaan *Trimming Slope*: menggali atau menambah tanah di tepian tanggul timbunan agar mencapai elevasi yang sesuai dengan desain.



Gambar 4.18 Pekerjaan Pelapisan Beton dalam Pembangunan Saluran Irigasi

Sumber: Nusantara Pos (2020)

2) Pekerjaan pelapisan beton

Pelapisan beton adalah salah satu tahapan penting dalam pembangunan saluran irigasi. Tujuan utamanya adalah memperkuat struktur saluran, mencegah erosi, serta memastikan aliran air stabil dan efisien. Kegiatan pelapisan beton dimulai dengan pemerataan permukaan tanah yang sesuai dengan desain. Setelah pemadatan tanah selesai, tahapan selanjutnya adalah pemasangan *bekisting*. Pemasangan *bekisting* bertujuan membentuk dan menahan beton selama proses pengerasan. Selanjutnya adalah penguatan dengan tulangan yang dipasang sesuai desain struktural untuk meningkatkan kekuatan dan daya tahan beton. Apabila semua langkah telah dilaksanakan, langkah terakhir adalah penuangan beton pada tempat pengecoran.

3) Pekerjaan struktur bangunan pengatur air

Pekerjaan struktur bangunan pengatur air dalam proyek irigasi bertujuan mengendalikan aliran air, memastikan distribusi yang efisien, dan mengatur volume serta arah air yang masuk ke saluran irigasi. Pekerjaan struktur bangunan pengatur air harus sesuai dengan desain yang berdasarkan data.

4) Pekerjaan pembangunan jalan inspeksi

Pekerjaan jalan inspeksi dalam proyek pembangunan saluran irigasi adalah proses pembangunan jalur akses untuk petugas melakukan pemantauan rutin pada saluran irigasi.

5) Pekerjaan pembangunan pintu air

Pekerjaan pembangunan pintu air dalam saluran irigasi melibatkan pembuatan dan pemasangan mekanisme yang mengatur aliran air ke petak-petak sawah. Pembuatan pintu air mempunyai fungsi untuk mengatur dan membagi volume air yang ada pada sebuah saluran irigasi. Pembangunan pintu air juga dapat dimanfaatkan untuk mencegah terjadinya banjir yang diakibatkan oleh volume air yang berlebihan.



Gambar 4.19 Pekerjaan Pembangunan Pintu Air pada Saluran Irigasi

Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Kabupaten Malang (2021)

Pada saat pekerjaan pelaksanaan pembuatan konstruksi saluran irigasi perlu memperhatikan berbagai hal. Tujuannya, agar dapat memberikan kualitas yang maksimal dari hasil pembangunan tersebut. Beberapa hal yang dimaksud sebagai berikut.

1) Penggunaan material galian

Dalam penggunaan material, sebisa mungkin menggunakan material hasil galian untuk timbunan guna mengurangi biaya dan limbah.

2) Persiapan permukaan tanah

Sebelum penimbunan, permukaan humus atau tanah lapisan atas harus dihapus untuk menghindari penurunan permukaan tanah (*settlement*).

3) Diagram *mass hauling*

Membuat diagram *mass hauling* untuk menentukan jarak rata-rata pengangkutan material dan merencanakan kebutuhan jumlah truk pengangkut.



Aktivitas 4.5



Mari Amati

Untuk memahami tahapan pembangunan saluran irigasi. Kalian bisa menonton tayangan video berikut sebagai referensi:

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Video16>

Simak dan catat apa saja yang ditampilkan tayangan tersebut.



2. Pokok (Item) Pekerjaan Pengawasan pada Konstruksi Saluran Irigasi

Dalam kegiatan konstruksi tidak terlepas dengan adanya tahapan pengawasan konstruksi. Tahapan pengawasan konstruksi mempunyai andil yang sangat besar dalam kualitas yang dihasilkan dari sebuah konstruksi yang dibangun. Pengawasan dalam konstruksi adalah proses pemantauan atau pemeriksaan yang dilakukan selama proyek konstruksi untuk memastikan hasil yang dicapai sesuai dengan rencana awal.

Pengawasan pada konstruksi mencakup tindakan korektif untuk memperbaiki kesalahan yang mungkin terjadi selama pelaksanaan proyek. Pengawasan yang efektif sangat penting untuk memastikan pekerjaan berlangsung dengan baik dan sesuai dengan target yang telah ditetapkan. Sebagai bagian terakhir dari proses manajemen, fungsi pengawasan mencakup tugas-tugas seperti memonitor dan mengevaluasi berbagai aktivitas dalam proyek konstruksi. Dengan demikian, fungsi ini bertujuan memastikan saluran irigasi terbangun sesuai dengan rencana.



Gambar 4.20 Pekerjaan pengawasan pembangunan saluran irigasi oleh pihak terkait.

Sumber: Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Kapuas Hulu (2023)

a. Sistem pengawasan

Pengawasan konstruksi yang baik harus memenuhi berbagai kriteria sistem pengawasan. Hal tersebut dilaksanakan untuk menjadikan sebuah konstruksi mempunyai kualitas yang maksimal. Beberapa sistem yang harus dipenuhi sebagai berikut.

Pertama, diperlukan adanya rencana yang jelas sebagai standar atau alat ukur untuk mengevaluasi pelaksanaan pekerjaan oleh bawahan. Rencana ini berfungsi sebagai panduan untuk menilai keberhasilan atau kegagalan pelaksanaan tugas.

Kedua, pemberian instruksi dan wewenang yang tepat kepada bawahan sangat penting agar sistem pengawasan dapat berfungsi dengan baik. Instruksi dan wewenang yang jelas memungkinkan pengawasan yang efektif karena dengan cara ini dapat dipastikan apakah bawahan telah melaksanakan tugasnya dengan benar. Pengawasan yang efektif juga memerlukan fleksibilitas, yaitu kemampuan sistem pengawasan untuk tetap berfungsi dengan baik meskipun ada perubahan tak terduga dalam rencana. Apabila sebuah pengawasan memenuhi prinsip-prinsip ini, sistem pengawasan dapat beradaptasi dan terus memastikan proyek berjalan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

Secara umum, proses pengawasan terdiri atas lima tahapan utama yang harus dilalui, yaitu:





- 1) Penetapan Standar: langkah pertama dalam proses pengawasan adalah menetapkan standar atau kriteria yang akan digunakan untuk mengukur keberhasilan atau kualitas pekerjaan. Standar ini berfungsi sebagai patokan untuk menilai apakah hasil kerja sesuai dengan yang diharapkan.
- 2) Pengukuran: setelah standar ditetapkan, tahap berikutnya adalah melakukan pengukuran terhadap hasil kerja. Pengukuran ini dilakukan untuk memastikan pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan sebelumnya.
- 3) Pelaksanaan Kerja: pada tahap ini, proses kerja dilakukan sesuai dengan rencana dan standar yang telah ditetapkan. Pengawasan berlangsung selama pelaksanaan kerja untuk memastikan semua aktivitas berjalan sesuai dengan prosedur yang ditetapkan.
- 4) Perbandingan: Setelah proses pelaksanaan kerja, langkah selanjutnya adalah membandingkan hasil kerja dengan standar yang telah ditetapkan. Ini dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana hasil yang dicapai sesuai dengan target yang diinginkan.
- 5) Tindakan Perbaikan: Jika ada ketidaksesuaian atau kekurangan yang ditemukan selama perbandingan, tindakan perbaikan harus dilakukan. Tahap ini melibatkan perbaikan atau penyesuaian untuk memastikan pekerjaan memenuhi standar yang ditetapkan dan untuk mencegah masalah serupa di masa depan.



Tahapan yang telah disebutkan tadi akan membentuk sebuah siklus pengawasan yang sistematis dan terstruktur. Siklus yang sistematis dan terstruktur tersebut dapat memastikan pekerjaan pembangunan saluran irigasi sesuai dengan rencana dan akan menghasilkan konstruksi sesuai yang diinginkan.

b. Prinsip pengawasan

Prinsip pengawasan dalam kegiatan konstruksi khususnya pengawasan konstruksi saluran air dilaksanakan agar pembangunan tersebut efektif dan efisiensi. Hal tersebut didasari agar pembangunan dapat selesai sesuai dengan yang telah direncanakan. Dalam pelaksanaan pengawasan konstruksi pembangunan irigasi mempunyai berbagai prinsip, yaitu:

1) Pengawasan berkelanjutan

Pengawasan harus dilakukan secara terus-menerus sepanjang pelaksanaan kegiatan atau pekerjaan. Hal ini penting untuk memastikan semua proses berjalan sesuai dengan rencana dan standar yang telah ditetapkan, serta untuk segera mendeteksi dan mengatasi masalah yang mungkin muncul.

2) Evaluasi data secara objektif

Pengawasan harus mencakup pengumpulan, penilaian, dan analisis data mengenai pelaksanaan pekerjaan secara objektif. Dengan pendekatan ini, hasil pengawasan akan lebih akurat dan dapat diandalkan dalam mengevaluasi kinerja dan hasil kerja.

3) Identifikasi kelemahan, bukan hanya kesalahan

Tujuan pengawasan tidak hanya untuk menemukan kesalahan, tetapi juga untuk mengidentifikasi kelemahan pada pelaksanaan pekerjaan. Hal tersebut akan membantu dalam perbaikan proses dan meningkatkan kualitas pekerjaan secara keseluruhan.

4) Bimbingan dan arahan

Pengawasan harus memberikan bimbingan dan arahan untuk mempermudah pelaksanaan pekerjaan dan mencapai tujuan yang diinginkan. Dukungan ini memastikan tim pembangunan dapat bekerja secara efisien dan efektif.

5) Mendukung efisiensi

Pengawasan harus dilaksanakan dengan cara yang tidak menghambat pelaksanaan pekerjaan. Sebaliknya, pengawasan harus mendukung efisiensi dan hasil pembangunan, dan mengurangi pengeluaran anggaran. Hal tersebut dilaksanakan agar pembangunan tidak mengakibatkan kerugian bagi semua yang terlibat.





Gambar 4.21 Pekerjaan pengecekan ukuran pembangunan saluran irigasi oleh pihak terkait.

Sumber: Tender Indonesia (2024)

6) Fleksibilitas

Sistem pengawasan harus bersifat fleksibel untuk menyesuaikan dengan perubahan yang mungkin terjadi dalam rencana atau kondisi proyek. Fleksibilitas ini memungkinkan pengawasan tetap relevan dan efektif dalam berbagai situasi.

7) Orientasi pada rencana dan tujuan

Pengawasan harus berorientasi pada rencana dan tujuan yang telah ditetapkan. Hal tersebut dilaksanakan untuk memastikan semua kegiatan pengawasan terfokus pada pencapaian hasil yang diinginkan sesuai dengan sasaran yang telah direncanakan.

8) Fokus pada tempat strategis

Pengawasan harus difokuskan pada area atau kegiatan yang strategis dan kritis, atau yang dikenal dengan istilah kontrol berdasarkan pengecualian (*Control by Exception*). Ini membantu dalam memprioritaskan perhatian pada aspek-aspek yang paling memengaruhi hasil proyek.

9) Tindakan perbaikan

Pengawasan harus memfasilitasi dan mempermudah pelaksanaan tindakan perbaikan. Dengan melakukan koreksi secara efektif, pengawasan dapat memperbaiki kesalahan dan kelemahan yang terdeteksi, serta memastikan peningkatan berkelanjutan dalam proses kerja.

Setelah penerapan prinsip-prinsip tadi, diharapkan pengawasan dapat dilaksanakan dengan cara yang terstruktur dan efektif sehingga dapat mendukung keberhasilan dan keoptimalan pembangunan konstruksi irigasi.

c. Tujuan pengawasan

Kegiatan pengawasan mempunyai tujuan yang sangat penting dalam pelaksanaan konstruksi agar hasil yang dibangun sesuai dengan rencana. Dengan adanya pengawasan yang efektif, perencanaan yang telah dirancang akan terlaksana dengan baik dan optimal.

Kegiatan pengawasan menjadi sebuah hal yang penting dikarenakan manusia yang menjadi suatu elemen utama pada proses pembangunan konstruksi irigasi cenderung melakukan kesalahan dan kelalaian. Oleh karena itu, pengawasan berfungsi lebih dari sekadar menemukan kesalahan dan memberikan hukuman. Tujuan utamanya adalah mendidik dan membimbing individu, membantu mereka bekerja lebih baik dan meminimalkan kesalahan. Secara umum, tujuan pengawasan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1) Menghilangkan kesalahan dan penyimpangan

Pengawasan mempunyai tujuan mengidentifikasi dan mengatasi kesalahan, penyimpangan, pemborosan, dan hambatan yang terjadi selama proses pekerjaan konstruksi pembuatan saluran irigasi berlangsung. Adanya pengawasan diharapkan dapat membantu memastikan aktivitas berjalan sesuai dengan rencana dan tujuan yang ditetapkan.



2) Mencegah terulangnya masalah

Salah satu tujuan adanya pengawasan adalah untuk mencegah terjadinya kesalahan dan penyimpangan yang terulang kembali. Hal tersebut dapat diantisipasi dengan menganalisis dan menindaklanjuti masalah yang terjadi.

3) Meningkatkan kelancaran pembangunan konstruksi

Kegiatan pengawasan juga mempunyai tujuan meningkatkan kelancaran berjalannya pembangunan konstruksi saluran irigasi. Hal tersebut dilaksanakan dengan membantu memastikan semua pembangunan berlangsung dengan efisien dan efektif.

4) Tindakan korektif

Pengawasan memungkinkan pelaksanaan tindakan korektif terhadap kesalahan yang terdeteksi. Tindakan ini bertujuan memperbaiki masalah yang ada dan meningkatkan kualitas kerja secara keseluruhan.

Adanya kegiatan pengawasan konstruksi pembangunan irigasi diharapkan dapat memahami, menerapkan tujuan-tujuan pengawasan ini, serta organisasi dapat menciptakan lingkungan kerja yang lebih produktif dan efisien. Pengawasan yang efektif tidak hanya memastikan pekerjaan dilakukan dengan benar, tetapi juga berfungsi sebagai alat pengembangan dan pembinaan bagi individu dalam organisasi.

Gambar 4.22 Pekerjaan pengawasan saluran irigasi oleh pihak terkait.

Sumber: Tender Indonesia (2024)



3. Pokok (Item) Pekerjaan Pemeliharaan pada Konstruksi Saluran Irigasi

Pemeliharaan jaringan irigasi merupakan sebuah kegiatan yang memastikan sistem irigasi berfungsi sesuai dengan tujuan secara optimal. Tujuan utama dengan adanya pemeliharaan saluran irigasi adalah mendukung kelancaran operasi dan mempertahankan keberlanjutan sistem melalui berbagai kegiatan seperti perawatan, perbaikan, pencegahan, dan pengamanan. Pemeliharaan konstruksi dilaksanakan secara terus-menerus dinilai sangat penting untuk menghindari kerusakan pada saluran irigasi yang dapat menimbulkan terganggunya distribusi air. Berikut ini ruang lingkup pada pemeliharaan jaringan irigasi.

1) Inventarisasi kondisi jaringan irigasi

Langkah pertama dalam pemeliharaan adalah melakukan inventarisasi menyeluruh terhadap kondisi jaringan irigasi yang ada. Hal ini mencakup pencatatan detail mengenai struktur, saluran, dan komponen lain pada sistem irigasi. Data ini digunakan sebagai dasar untuk perencanaan perawatan dan perbaikan.

2) Perencanaan

Perencanaan yang dimaksud adalah dengan menyusun rencana pemeliharaan. Kegiatan perencanaan mencakup penjadwalan kegiatan perawatan rutin, identifikasi area yang memerlukan perbaikan segera, serta strategi pencegahan untuk menghindari kerusakan di masa depan. Rencana ini harus dirancang dengan mempertimbangkan prioritas dan anggaran yang tersedia.





3) Pelaksanaan

Pelaksanaan pemeliharaan merupakan sebuah kegiatan perawatan dan perbaikan sesuai dengan rencana yang telah disusun. Kegiatan ini dapat mencakup pembersihan saluran, perbaikan struktur yang rusak, penggantian komponen yang aus, dan tindakan pencegahan lain yang diperlukan untuk memastikan kelancaran aliran air. Tim teknis yang terlatih harus melakukan tugas ini dengan menggunakan peralatan dan metode yang tepat.

4) Pemantauan dan evaluasi

Tahap terakhir dalam memastikan agar saluran irigasi dapat berfungsi secara efektif adalah pelaksanaan pemantauan dan evaluasi. Pemantauan mempunyai tujuan melibatkan pengawasan rutin terhadap sebuah kondisi jaringan irigasi yang berguna untuk mendeteksi kemunculan sebuah masalah. Evaluasi dilaksanakan untuk menilai sebuah keberhasilan dalam pemeliharaan dan menentukan sebuah perbaikan apabila terjadi sebuah kerusakan di masa yang akan datang.



a. Data pendukung kegiatan pemeliharaan jaringan irigasi

Pada saat kegiatan pemeliharaan jaringan irigasi yang efektif, diperlukan data pendukung yang lengkap dan terstruktur. Data ini membantu dalam perencanaan, pelaksanaan, serta evaluasi pemeliharaan. Berikut ini berbagai jenis data pendukung yang diperlukan:

1) Peta Daerah Irigasi (Skala 1:5.000 atau Skala 1:10.000)

Peta yang dimaksud pada tahapan ini adalah sebuah peta yang mempunyai cakupan batas-batas daerah irigasi, tata letak saluran induk dan sekunder, bangunan air, serta pembagian areal layanan irigasi. Selain itu, peta juga harus menunjukkan batas wilayah kerja, seperti wilayah kerja mantri/juru pengairan/pengamat, wilayah kerja balai, dan batas wilayah kabupaten.

2) Skema jaringan irigasi

Skema pada tahapan ini yang dimaksud adalah sebuah skema yang menggambarkan letak dan nama-nama saluran induk dan sekunder, bangunan pembagi, bangunan bagi-sadap, bangunan sadap, serta bangunan pelengkap lainnya. Setiap elemen dalam skema ini harus dilengkapi dengan penamaan yang jelas. Fungsi dari skema ini adalah mempermudah identifikasi dan pelacakan infrastruktur irigasi sebagai tujuan pemeliharaan.



3) Inventarisasi jaringan irigasi

Inventarisasi sebuah jaringan adalah sebuah upaya untuk melaksanakan pencatatan semua komponen jaringan irigasi. Pencatatan tersebut termasuk saluran, bangunan, dan peralatan jaringan irigasi. Data inventarisasi harus selalu diperbarui untuk mencerminkan kondisi terkini di lapangan. Hal tersebut dimaksudkan untuk perencanaan pemeliharaan secara lanjut.

4) Gambar pascakonstruksi (*as built drawing*)

Gambar pascakonstruksi menunjukkan kondisi akhir dari konstruksi jaringan irigasi setelah selesai dibangun. Gambar pascakonstruksi penting untuk referensi dalam perawatan dan perbaikan karena menggambarkan detail teknis dari infrastruktur yang ada.

5) Perencanaan lima tahunan pengelolaan aset irigasi

Dokumen perencanaan lima tahunan pengelolaan aset irigasi merupakan sebuah dokumen rencana pengelolaan aset irigasi untuk jangka waktu lima tahun. Perencanaan ini mencakup strategi perawatan, perbaikan, dan pengembangan jaringan irigasi, serta alokasi sumber daya yang diperlukan untuk pelaksanaannya.

6) Dokumen dan data pendukung lainnya

Data tambahan yang relevan, seperti laporan inspeksi rutin, catatan pemeliharaan sebelumnya, data hidrologi, dan informasi lain yang dapat mendukung kegiatan pemeliharaan. Semua dokumen tersebut membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih baik dan responsif terhadap kebutuhan pemeliharaan.

b. Jenis-jenis pemeliharaan jaringan irigasi

Pemeliharaan sebuah jaringan merupakan sebuah tindakan yang dilaksanakan untuk memastikan saluran irigasi berfungsi secara optimal dan berkelanjutan. Kegiatan pemeliharaan meliputi pengamanan jaringan, pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala, dan perbaikan darurat. Berikut ini penjelasan dan uraian jenis pemeliharaan.

1) Pengamanan jaringan irigasi

Pengamanan jaringan irigasi adalah upaya untuk mencegah dan menangani kerusakan yang disebabkan oleh air, hewan, atau aktivitas manusia. Tujuannya adalah menjaga fungsi sistem irigasi agar sesuai dengan peruntukannya. Pengamanan dilakukan secara terus-menerus oleh dinas terkait, anggota P3A/GP3A/IP3A, Kelompok Pendamping Lapangan, dan masyarakat setempat. Beberapa tindakan pengamanan yang dilakukan antara lain:

a) Tindakan pencegahan

- Larangan pengambilan material merupakan sebuah usaha untuk melarang pengambilan batu, pasir, dan tanah pada radius ± 500 m dari hulu dan ± 1.000 m dari hilir bendung irigasi atau sesuai ketentuan yang berlaku.
- Larangan memandikan hewan merupakan sebuah kegiatan untuk melarang memandikan hewan di tempat selain yang ditentukan dengan memasang papan larangan.
- Penetapan garis sempadan merupakan sebuah upaya dengan menetapkan garis sempadan saluran sesuai peraturan yang berlaku.
- Kontrol patok batas merupakan sebuah kegiatan untuk mengontrol patok batas tanah pengairan agar tidak dipindahkan oleh masyarakat.
- Pengendalian kendaraan merupakan sebuah kegiatan dengan memasang papan larangan untuk kendaraan yang melintas jalan inspeksi melebihi kelas jalan.
- Larangan mandi merupakan sebuah kegiatan untuk melarang mandi di sekitar bangunan atau lokasi-lokasi berbahaya.
- Larangan mendirikan bangunan merupakan sebuah kegiatan untuk melarang mendirikan bangunan atau menanam pohon di tanggul saluran irigasi.

- Sosialisasi merupakan kegiatan yang dilaksanakan dengan mengadakan penyuluhan kepada masyarakat dan instansi terkait tentang pentingnya pengamanan fungsi jaringan irigasi.
- b) Tindakan pengamanan
- Membuat bangunan pengamanan di tempat-tempat berbahaya, seperti di sekitar bangunan utama, sifon, dan daerah padat penduduk.
 - Menyediakan fasilitas tambahan, seperti tempat mandi hewan dan tangga cuci.
 - Penghalang jalan kegiatan yang dilakukan dengan cara memasang penghalang di jalan inspeksi dan tanggul berupa portal dan patok.



Gambar 4.23 Pemasangan Papan Larangan

Sumber: DPU Kabupaten Kulon Progo (2022)



Gambar 4.24 Pekerjaan Pembersihan Saluran Irigasi

Sumber: DPU Kabupaten Kulon Progo (2022)

2) Pemeliharaan rutin

Pemeliharaan rutin pada konstruksi saluran irigasi adalah sebuah kegiatan perawatan yang dilakukan secara terus-menerus untuk mempertahankan kondisi jaringan irigasi tanpa mengubah atau mengganti bagian konstruksi. Kegiatan pemeliharaan rutin pada konstruksi saluran irigasi meliputi:

a) Perawatan

- Memberikan pelumas pada bagian pintu air
- Pembersihan saluran dengan melaksanakan kegiatan membersihkan saluran dan bangunan dari tanaman liar, semak-semak, sampah, dan kotoran.
- Membuang bagian endapan lumpur pada bangunan ukur
- Pemeliharaan tanaman lindung di sekitar bangunan dan tepi luar tanggul saluran.

b) Perbaiki ringan

- Menutup lubang-lubang kecil pada saluran atau bangunan irigasi
- Melakukan perbaikan kecil pada pasangan batu atau plesteran apabila terjadi keretakan



3) Pemeliharaan berkala

Pemeliharaan berkala merupakan sebuah kegiatan yang berisi perawatan dan perbaikan yang dilakukan secara terencana dan periodik, sesuai dengan kondisi jaringan irigasi. Pelaksanaan ini dapat dilakukan oleh dinas irigasi, bekerja sama dengan P3A/GP3A/IP3A, secara swakelola atau kontraktual. Kegiatan pemeliharaan berkala terdiri atas:



Gambar 4.25 Pekerjaan Pengecatan Pintu Air

Sumber: DPU Kabupaten Kulon Progo (2022)



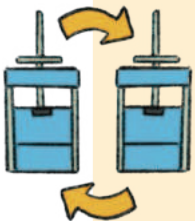
a) Perawatan

- Pengecatan pintu air.
- Membersihkan lumpur yang berada pada bangunan dan saluran irigasi.



b) Perbaikan

- Perbaikan struktur yang berisi kegiatan memperbaiki bendungan, bangunan pengambilan, bangunan pengatur, bangunan ukur, dan saluran.
- Perbaikan fasilitas yang merupakan sebuah kegiatan memperbaiki pintu, *skot balk*, jalan inspeksi, serta fasilitas pendukung seperti kantor, rumah dinas, kendaraan, dan peralatan.



c) Penggantian

- Penggantian pintu air apabila terjadi kerusakan berat.
- Mengganti alat ukur atau *peil schall* apabila sudah memasuki masa pergantian.

4) Penanggulangan atau perbaikan darurat

Perbaikan darurat dilaksanakan pada saat terjadi sebuah kejadian di luar dugaan. Sebagai contoh, terjadi bencana alam atau kerusakan berat yang terjadi secara tiba-tiba. Kegiatan penanggulangan atau perbaikan darurat mempunyai tujuan menjaga fungsi jaringan irigasi sementara dengan konstruksi nonpermanen dan harus segera dilaporkan untuk ditindaklanjuti dengan perbaikan permanen. Perbaikan darurat dapat dilakukan secara gotong royong, swakelola, atau kontraktual, menggunakan bahan yang tersedia di dinas terkait atau disediakan oleh masyarakat.

Aktivitas 4.6



Mari Cari Tahu

1. Silakan tanyakan kepada Bapak/Ibu Guru atau kerabat kalian. Carilah informasi seputar kegiatan pelaksanaan, pengawasan, dan pemeliharaan konstruksi saluran irigasi. Apa saja kegiatan yang dilaksanakan dalam kegiatan tersebut? Apakah kegiatan tersebut memberikan dampak terhadap pengguna saluran irigasi? Kalian juga bisa mencari informasi melalui internet dan sumber lainnya.
2. Coba sekarang kalian diskusikan dua gambar di bawah. Apakah kedua gambar tersebut sudah memenuhi atau sesuai aturan pelaksanaan pembangunan konstruksi saluran irigasi? Setelah diskusi, uraikan alasannya!



Gambar 4.26 Saluran irigasi menggunakan *box U-Ditch*.

Sumber: PT Sarana Anugerah Perdana (2024)



Gambar 4.27 Bangunan pembagi air pada saluran irigasi.

Sumber: Pemkab Bantul (2020)

Aktivitas 4.7



Mari Diskusi

Buatlah kelompok sesuai jumlah tema diskusi di bawah. Setiap kelompok dipersilakan mengidentifikasi dan membuat rancangan implementasi penerapan konsep pelaksanaan pemeliharaan konstruksi saluran irigasi yang sudah dijelaskan pada materi sebelumnya. Kalian juga bisa mencari informasi melalui internet dan sumber lainnya.

Kelompok	Subklasifikasi
Satu	Pengamanan jaringan irigasi
Dua	Pemeliharaan rutin
Tiga	Pemeliharaan berkala
Empat	Penanggulangan atau perbaikan darurat

Uji Kompetensi

Buatlah kelompok dan kerjakan tugas di bawah ini sesuai dengan instruksi yang diberikan!

1. Peserta didik dengan nomor presensi genap:

- Buatlah contoh perencanaan gambar pekerjaan jaringan irigasi yang ada di daerah kalian tinggal menggunakan perangkat lunak yang diajarkan pada bab ini.
- Identifikasi tahapannya, lalu presentasikan di depan kelas!

2. Peserta didik dengan nomor presensi ganjil:

- Buatlah contoh pelaksanaan, pengawasan, dan pemeliharaan pada pekerjaan jaringan irigasi di area kalian tinggal.
- Identifikasi dan bandingkan dengan contoh penerapan/pelaksanaan materi pada buku ini. Presentasikan di depan kelas!

Pengayaan

Untuk menambah wawasan kalian tentang materi pelaksanaan, pengawasan, dan pemeliharaan konstruksi irigasi, simak tayangan video pada pranala berikut.

Prosedur Pembuatan Bendungan (Irigasi)

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Video17>



Kegiatan Pemeliharaan Irigasi

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Video18a>

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Video18b>



Refleksi

Kalian sudah mempelajari materi pelaksanaan, pengawasan, dan pemeliharaan konstruksi irigasi. Selain itu, kalian sudah mengenal beberapa perangkat lunak yang biasa digunakan dalam pekerjaan konstruksi irigasi. Dari materi yang sudah dijelaskan, hal apa yang masih dirasa paling sulit untuk dikuasai/dipahami? Diskusikan kesulitan tersebut dengan teman maupun guru kalian.

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

Konstruksi Jalan, Irigasi, dan Jembatan
untuk SMK/MAK Kelas XI

Penulis: Arum Fajar V dan Galeh Nur Indriatno P.
ISBN: 978-634-00-0196-9

Bab V

Pelaksanaan, Pengawasan, dan Pemeliharaan Konstruksi Jembatan

Menurut kalian, apa saja yang termasuk kegiatan pelaksanaan, pengawasan, dan pemeliharaan pada konstruksi jembatan?



Konstruksi jembatan merupakan salah satu aspek vital dalam pembangunan infrastruktur yang mendukung mobilitas dan konektivitas suatu wilayah. Keberadaan jembatan yang kokoh dan andal sangatlah penting, tidak hanya untuk memfasilitasi transportasi dan perdagangan, tetapi juga meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Faktor apa yang dapat memengaruhi kokohnya suatu konstruksi jembatan? Kita akan mempelajarinya pada materi kali ini.

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi pada bab ini, kamu diharapkan mampu merencanakan gambar, melaksanakan pengawasan, dan melaksanakan pemeliharaan pada pekerjaan konstruksi jembatan sederhana.

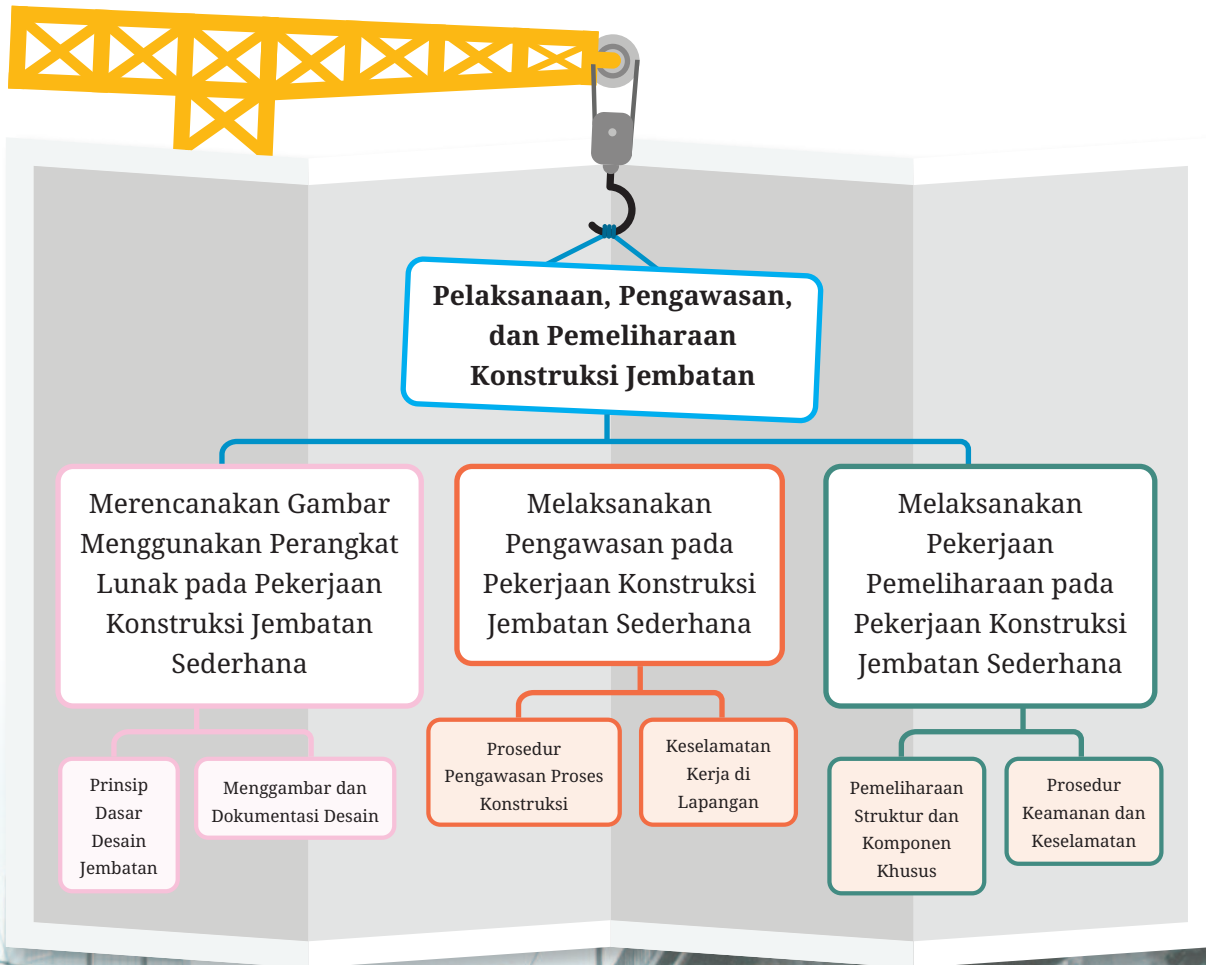
Kata Kunci

- konstruksi jembatan
- perencanaan jembatan
- pengawasan pekerjaan jembatan
- pemeliharaan jembatan

Sumber: Unsplash.com/Refhad



Peta Konsep



Apersepsi

Sebuah jembatan di Desa Widang, Kabupaten Tuban, Jawa Timur pada 17 Januari 2018, mengalami runtuh saat dilintasi kendaraan. Jembatan ini merupakan salah satu jalur penting yang menghubungkan wilayah Tuban dengan Lamongan, dan sering dilalui oleh kendaraan berat yang membawa barang-barang industri dan pertanian. Runtuhnya jembatan mengakibatkan kerusakan material yang signifikan dan menimbulkan korban luka-luka.



Gambar 5.1 Jembatan Widang penghubung Tuban-Lamongan yang runtuh

Sumber: Mahrus (2018)

Setelah dilakukan investigasi mendalam oleh tim ahli, beberapa faktor penyebab runtuhnya jembatan tersebut diidentifikasi seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 5.1. Mengamati Runtuhnya Jembatan Widang

Kualitas Material yang Buruk	Kesalahan dalam Desain	Kurangnya Pengawasan	Pemeliharaan yang Tidak Memadai
Material baja yang digunakan mengalami korosi parah akibat tidak adanya perlindungan yang memadai	Desain jembatan tidak memperhitungkan peningkatan beban lalu lintas dari kendaraan berat yang jauh lebih tinggi dengan perkiraan awal	Pengawasan konstruksi yang tidak memadai menyebabkan ketidaksesuaian antara spesifikasi desain dan pelaksanaan di lapangan	Kurangnya pemeliharaan rutin menyebabkan kerusakan akibat korosi dan retakan berkembang menjadi masalah serius
Beton yang digunakan dalam struktur jembatan menunjukkan tanda-tanda kualitas yang rendah dan retakan mikro	Kesalahan dalam perencanaan teknis, termasuk kurangnya analisis beban dan tegangan yang memadai	Inspeksi dan pengawasan berkala yang jarang dilakukan sehingga kerusakan kecil tidak terdeteksi lebih awal	Tidak adanya sistem pemantauan kondisi jembatan yang berkelanjutan, sehingga potensi kerusakan tidak terdeteksi dini

Dari berbagai faktor yang diidentifikasi, salah satu penyebab utama yang paling krusial adalah **perencanaan yang tidak tepat**. Kesalahan dalam perencanaan termasuk penggunaan material yang tidak sesuai standar dan kesalahan dalam desain gambar. Beberapa poin penting yang harus diperhatikan dalam perencanaan jembatan meliputi **pemilihan material** dan **desain yang akurat**.

Kasus runtuhnya jembatan di Desa Widang, Kabupaten Tuban, Jawa Timur, menggarisbawahi pentingnya pelaksanaan, pengawasan, dan pemeliharaan konstruksi jembatan yang tepat. Tanpa perencanaan yang matang, pengawasan yang ketat, dan pemeliharaan yang rutin, risiko kegagalan struktural sangat tinggi. Materi pada Bab 5 ini bertujuan untuk memberikan pemahaman pada setiap aspek penting dalam konstruksi jembatan, mulai dari perencanaan awal hingga pemeliharaan pascakonstruksi. Dengan mempelajari dan menerapkan praktik terbaik dalam pelaksanaan, pengawasan, dan pemeliharaan, diharapkan kita dapat mencegah terjadinya kegagalan jembatan di masa mendatang sehingga menjamin keselamatan dan kenyamanan bagi masyarakat yang menggunakan infrastruktur tersebut.

A. Merencanakan Gambar Menggunakan Perangkat Lunak pada Pekerjaan Konstruksi Jembatan Sederhana

1. Prinsip Dasar Desain Jembatan

Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) menjelaskan bahwa jembatan merupakan jalan dari bambu, kayu, dan sebagainya yang direntangkan di atas sungai, jurang, tepi pangkalan, atau titian besar. Jembatan juga dapat diartikan sebagai perantara atau penghubung. Proses suatu pekerjaan konstruksi jembatan identik dengan proses perencanaan, desain, dan pembangunan struktur yang menghubungkan dua titik yang terpisah oleh halangan fisik seperti sungai, lembah, jalan raya, atau jalur kereta api. Tujuan utama dari jembatan adalah menyediakan jalur yang aman dan efisien bagi lalu lintas kendaraan, pejalan kaki, atau kereta api. Proses konstruksi jembatan melibatkan berbagai disiplin ilmu, termasuk teknik sipil, arsitektur, dan manajemen proyek.

Konstruksi jembatan tidak hanya tentang membangun sebuah struktur fisik, tetapi juga melibatkan banyak aspek teknis dan nonteknis untuk memastikan jembatan tersebut aman, tahan lama, dan fungsional sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Peraturan dan standar yang berlaku, seperti Undang-Undang No. 2 Tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi dan berbagai peraturan teknis dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, harus dipatuhi untuk memastikan keselamatan dan keberhasilan proyek konstruksi jembatan.



Aktivitas 5.1



Mari Cari Tahu

1. Silakan tanyakan kepada Bapak/Ibu Guru atau kerabat kamu. Carilah informasi seputar peraturan dan standar nasional seperti Standar Nasional Indonesia (SNI) yang memengaruhi proses konstruksi jembatan. Setelah itu, lakukan kunjungan ke salah satu jembatan yang ada di sekitar rumahmu. Carilah informasi dari pemerintah setempat, apakah jembatan di sana direncanakan sesuai dengan SNI? Bagaimana kriteria perencanaan jembatan berdasarkan SNI? Mari menalar hal ini secara kritis. Kamu juga bisa mencari informasi melalui internet dan sumber lainnya.
2. Apa contoh dari penerapan teknologi terbaru dalam proses desain suatu konstruksi jembatan?



Mari Mengamati

Untuk membantu kamu memahami tentang konstruksi pada jembatan sederhana, silakan simak tayangan video berikut:

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Video19>



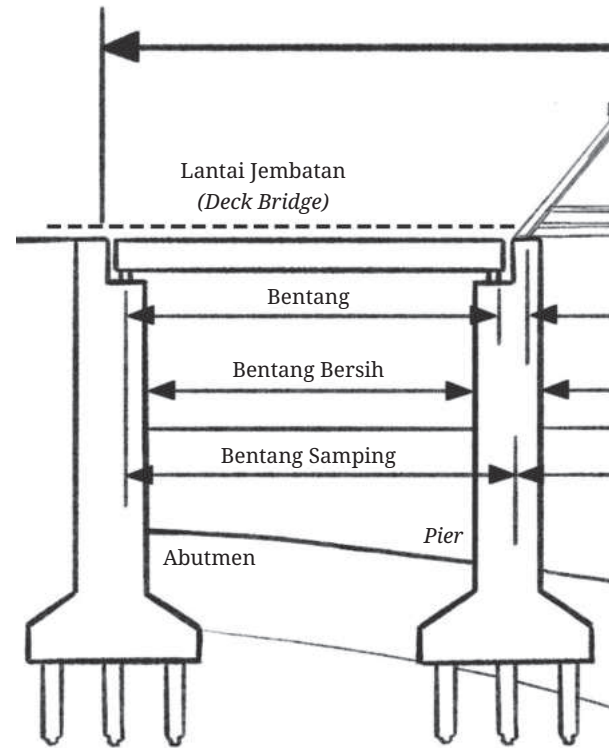
Untuk lebih memahami tipe-tipe jembatan dan karakteristiknya, kalian dapat membacanya pada tautan berikut.

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJBab5>



a. Elemen utama dalam desain jembatan

Guna memastikan jembatan dapat menahan beban lalu lintas dan bertahan lama, diperlukan perencanaan dan desain yang matang. Salah satu aspek kritis dalam desain jembatan adalah pemahaman mendalam tentang elemen-elemen yang menyusun struktur jembatan. Elemen-elemen jembatan adalah komponen-komponen utama yang membentuk keseluruhan konstruksi jembatan. Setiap elemen memiliki fungsi spesifik yang berkontribusi terhadap kestabilan, kekuatan, dan fungsionalitas jembatan. Dalam pengenalan ini, kita akan membahas berbagai elemen penting yang ada dalam struktur jembatan, mulai dari fondasi yang menopang keseluruhan struktur hingga dek yang menjadi jalur lalu lintas.



Aktivitas 5.2



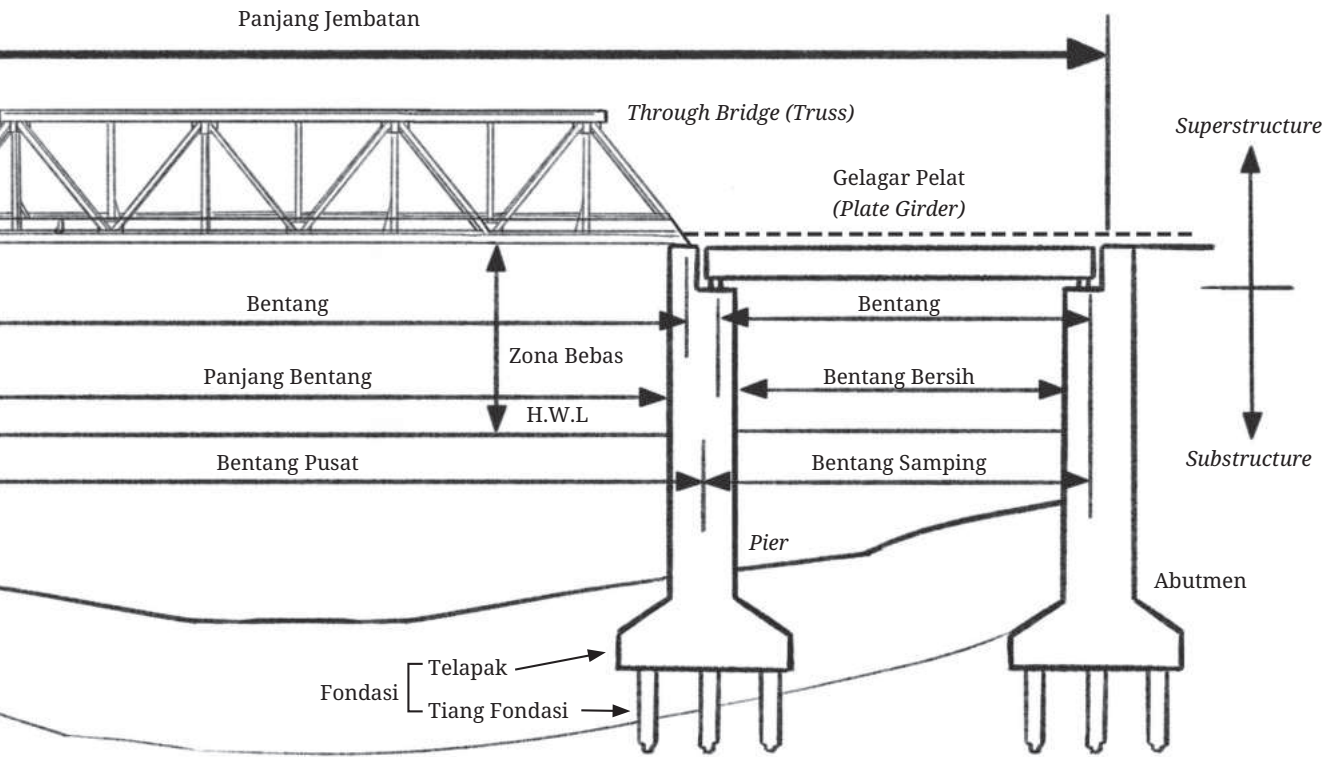
Mari Cari Tahu

Silakan tanyakan kepada Bapak/Ibu Guru atau kerabat kamu. Lakukan survei di sekitar lingkungan rumah tinggal atau sekolah untuk mengidentifikasi potensi material lokal yang dapat digunakan dalam konstruksi jembatan sederhana. Fokus pada material yang berwawasan lingkungan, seperti bambu, kayu lokal, atau material daur ulang. Kamu juga bisa mencari informasi melalui internet dan sumber lainnya.



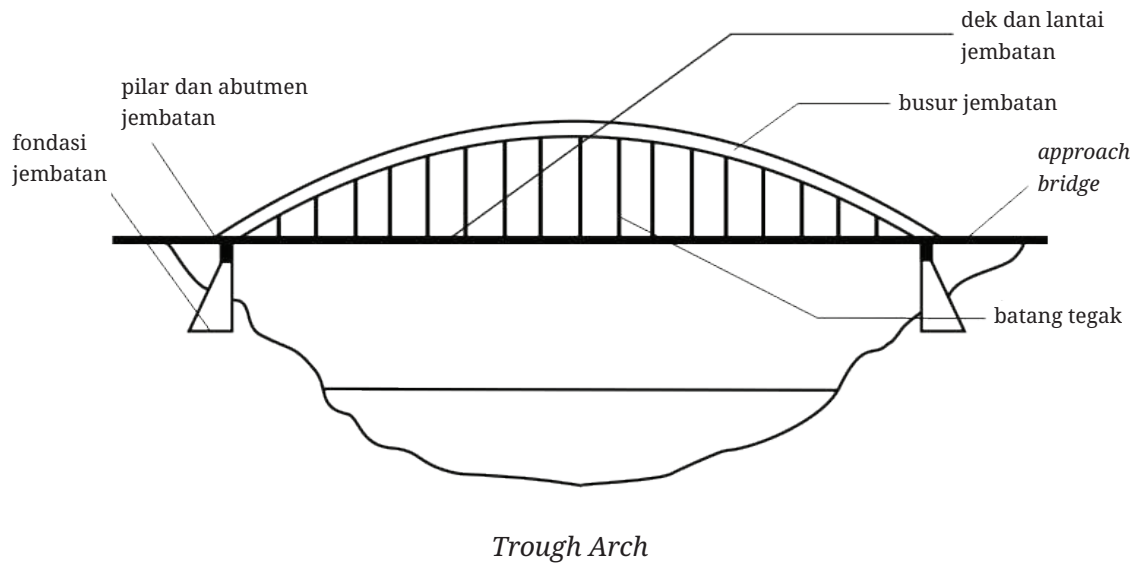
Mari Amati

Silakan kamu melakukan kunjungan pada jembatan rangka yang ada di dekat lokasi kamu. Lakukanlah identifikasi secara kritis dan dokumentasi terhadap struktur jembatan tersebut. Apakah jembatan di dekat lokasi kamu memiliki struktur seperti gambar berikut ini.



Gambar 5.2 Elemen Jembatan Rangka

Sumber: Chen & Duan (2000)



Gambar 5.3 Elemen Jembatan Plengkung

Sumber: Budio, dkk. (2016)

Dalam desain jembatan, terdapat beberapa elemen utama yang harus diperhatikan untuk memastikan kekuatan, stabilitas, dan keselamatan struktur jembatan. Berikut ini elemen-elemen utama tersebut:

1) Fondasi (*foundation*):

- a) Fondasi Dangkal: digunakan untuk tanah dengan daya dukung yang cukup kuat di dekat permukaan. Contohnya, fondasi plat atau fondasi cakar ayam.
- b) Fondasi Dalam: digunakan untuk kondisi tanah yang tidak cukup kuat di dekat permukaan. Contohnya, tiang pancang atau tiang bor.

2) Abutmen

Struktur yang menopang ujung jembatan dan menahan tekanan tanah di belakangnya. Abutmen juga berfungsi sebagai penahan beban vertikal dari jembatan dan kendaraan yang melintas.

3) Pilar (*pier*)

Struktur yang menopang bentang jembatan di antara dua abutmen. Pilar membantu mendistribusikan beban dari dek jembatan ke fondasi.

4) Dek Jembatan (*bridge deck*)

Permukaan horizontal di mana lalu lintas bergerak. Dek jembatan dapat terbuat dari beton, baja, atau bahan komposit, dan biasanya dilengkapi dengan lapisan aspal untuk permukaan jalan.

5) *Girders*/balok utama

Balok longitudinal yang mendukung dek jembatan dan mentransfer beban dari dek ke pilar atau abutmen. *Girders* dapat terbuat dari baja atau beton pratekan.





6) Penghubung (*connections*):

Elemen yang menghubungkan bagian-bagian jembatan seperti *girders* ke pilar atau abutmen. Penghubung harus dirancang untuk menahan beban dan gerakan yang terjadi.

7) *Bearing*

Elemen yang memungkinkan gerakan relatif antara dek jembatan dan pilar atau abutmen, seperti ekspansi dan kontraksi akibat perubahan suhu. *Bearing* dapat berupa karet atau baja.

8) Sistem Pengikat (*bracing system*)

Elemen horizontal dan diagonal yang membantu menjaga kestabilan lateral dan mencegah deformasi struktur jembatan. *Bracing* biasanya digunakan pada jembatan rangka (*truss bridges*).

9) Sambungan Ekspansi (*expansion joints*)

Elemen yang memungkinkan pergerakan dek jembatan akibat ekspansi dan kontraksi termal tanpa merusak struktur. Sambungan ini biasanya ditempatkan di ujung-ujung jembatan atau pada bentang panjang.

10) Sistem Drainase

Sistem yang dirancang untuk mengalirkan air hujan dari dek jembatan dan mencegah genangan air yang dapat merusak material jembatan. Sistem drainase mencakup saluran, pipa, dan lubang drainase.

11) Pelindung Korosi

Perlindungan terhadap korosi, terutama pada komponen baja, yang dapat mencakup pelapisan cat, galvanisasi, atau penggunaan material tahan karat.

12) Sistem Pengaman dan Pembatas

Elemen tambahan seperti pagar pembatas, pagar pengaman, dan trotoar untuk melindungi pengguna jembatan dan mencegah kecelakaan.

Memahami fungsi dan interaksi antara elemen-elemen ini sangat penting dalam perencanaan, desain, konstruksi, dan pemeliharaan jembatan. Pengetahuan mendalam tentang setiap elemen akan membantu insinyur sipil dalam membangun jembatan yang kuat, aman, dan efisien sesuai dengan standar dan peraturan yang berlaku. Setiap elemen memiliki peran penting dalam mendistribusikan beban, menahan tekanan lingkungan, dan memberikan kenyamanan serta keselamatan bagi pengguna jembatan.

2. Menggambar dan Dokumentasi Desain

Perancangan jembatan disesuaikan dengan peraturan yang terdapat pada beberapa standar peraturan, antara lain Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No. 07/SE/M/2015 tentang Pedoman Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan, Undang-Undang Republik Indonesia No. 38 tahun 2004 tentang Jalan, SNI 1729-2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, SNI 2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan, SNI 03-1724-1989 tentang Perencanaan Hidrologi dan Hidraulik untuk Bangunan Sungai, dan SNI 1725-2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan. Berdasarkan Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 07/SE/M/201, perencanaan jembatan harus berdasarkan prosedur yang memberikan kemungkinan-kemungkinan agar dapat mencapai keadaan batas selama umur jembatan.

Aktivitas 5.3



Mari Cari Tahu

Silakan kamu tanyakan kepada Bapak/Ibu Guru atau teman kamu. Carilah informasi tentang pokok-pokok perencanaan jembatan untuk mendapatkan struktur jembatan yang berfungsi paling tepat untuk dibangun di lingkungan kamu. Bagaimana memanfaatkan kondisi lingkungan untuk proyek perencanaan jembatan sederhana? Misalnya, bagaimana menggunakan material yang tersedia secara lokal atau memanfaatkan ruangan terbuka di sekolah untuk merancang jembatan.



Mari Amati

Amati gambar di bawah ini, apa saja langkah-langkah utama dalam proses perencanaan jembatan? Bagaimana setiap langkah berkontribusi terhadap keberhasilan proyek? Bagaimana dampak lingkungan dipertimbangkan dalam perencanaan jembatan? Lalu, coba simpulkan bagaimana cara mengilustrasikan hasil dari proses perencanaan jembatan menjadi sebuah gambar 3D? Aplikasi perangkat lunak seperti apakah yang digunakan dalam proses penggambaran?



Gambar 5.4 Simulasi Jembatan Rangka Atas

Sumber: Ismail (2020)

b. Menggambar rencana dasar dan detail elemen struktural

Perencanaan konstruksi jembatan merupakan proses yang kompleks dan memerlukan detail yang sangat presisi. Dalam dunia modern, perangkat lunak *Computer-Aided Design* (CAD) telah menjadi alat esensial yang digunakan oleh insinyur sipil dan arsitek untuk merancang dan menggambar konstruksi jembatan dengan akurasi tinggi. Perangkat lunak ini memungkinkan para profesional untuk membuat representasi visual yang rinci dari struktur jembatan, serta menganalisis berbagai aspek teknis sebelum implementasi di lapangan. *Computer-Aided Design* (CAD) adalah teknologi yang digunakan untuk mendesain dan mendokumentasikan desain teknis. CAD memungkinkan pembuatan gambar dua dimensi (2D) dan model tiga dimensi (3D) dari suatu objek, dalam hal ini, jembatan. Beberapa perangkat lunak CAD yang populer untuk perencanaan konstruksi jembatan meliputi AutoCAD, Revit, dan Civil 3D.

1) AutoCAD

AutoCAD adalah salah satu perangkat lunak CAD yang paling terkenal dan banyak digunakan dalam industri konstruksi dan rekayasa. Dengan AutoCAD, insinyur dapat membuat gambar teknis yang sangat rinci, mulai dari desain tata letak umum hingga detail konstruksi. AutoCAD juga mendukung berbagai format *file* yang memudahkan integrasi dengan perangkat lunak lain.

2) Revit

Revit adalah perangkat lunak *Building Information Modeling* (BIM) yang memungkinkan pengguna untuk mendesain jembatan dalam lingkungan 3D. Revit mendukung koordinasi yang lebih baik antara berbagai disiplin ilmu (struktur, arsitektur, dan MEP) serta memudahkan dalam membuat perubahan dan *update* pada desain.

3) Civil 3D

Civil 3D adalah perangkat lunak yang dirancang khusus untuk insinyur sipil yang bekerja pada proyek infrastruktur, termasuk jembatan. Civil 3D menyediakan alat untuk desain jalan, analisis medan, dan pemodelan jembatan yang detail, serta memungkinkan integrasi data survei dan topografi.



Manfaat penggunaan perangkat lunak CAD dalam perencanaan jembatan:

1. Presisi dan Akurasi

Perangkat lunak CAD memungkinkan pembuatan gambar dan model dengan presisi tinggi, yang sangat penting dalam memastikan semua komponen jembatan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

2. Visualisasi 3D

Kemampuan untuk membuat model 3D dari jembatan membantu dalam memvisualisasikan struktur secara keseluruhan sebelum konstruksi dimulai. Ini memungkinkan identifikasi dan perbaikan potensi masalah desain pada tahap awal.

3. Efisiensi dan Produktivitas

Penggunaan CAD mempercepat proses desain dan penggambaran sehingga memungkinkan insinyur untuk bekerja lebih efisien dan produktif. Perangkat lunak ini juga memudahkan dalam melakukan perubahan dan pembaruan pada desain.

4. Kolaborasi

CAD mendukung kolaborasi yang lebih baik antara tim yang berbeda. *File* digital dapat dengan mudah dibagikan dan diedit oleh berbagai pihak yang terlibat dalam proyek, termasuk insinyur struktur, arsitek, dan kontraktor.

5. Analisis Teknis

Banyak perangkat lunak CAD yang dilengkapi dengan alat analisis teknis yang memungkinkan simulasi beban dan stres pada jembatan. Ini membantu dalam memastikan desain dapat menahan beban yang akan diterima selama masa pakainya.

Penggunaan perangkat lunak CAD dalam perencanaan konstruksi jembatan telah menjadi standar industri yang membantu insinyur dan arsitek untuk mencapai tingkat presisi, efisiensi, dan kolaborasi yang tinggi. Dengan memanfaatkan teknologi ini, para profesional dapat memastikan jembatan yang mereka rancang tidak hanya kuat dan tahan lama, tetapi juga aman dan sesuai dengan kebutuhan spesifik proyek tersebut.

Menggambar rencana dasar dan detail elemen struktur jembatan sederhana menggunakan perangkat lunak CAD seperti AutoCAD melibatkan beberapa langkah sistematis. Berikut ini panduan langkah demi langkah untuk melakukannya:

Langkah 1: Persiapan Awal

1. Instalasi Perangkat Lunak:

Pastikan AutoCAD terinstal di komputer dan lakukan pembaruan jika diperlukan.

2. Pengaturan Awal:

Buka AutoCAD dan buat *file* baru.

Atur unit pengukuran yang sesuai (meter, millimeter, dan lain-lain) dengan menggunakan perintah UNITS.

Langkah 2: Pengumpulan Data dan Referensi

1. Data Survei:

Impor data topografi jika tersedia, menggunakan perintah seperti XREF untuk referensi eksternal.

2. Spesifikasi Teknis:

Kumpulkan semua spesifikasi teknis, standar desain, dan gambar referensi yang diperlukan.

Langkah 3: Membuat Rencana Dasar (*Plan View*)

1. Gambar Skema Jembatan:

Gunakan perintah LINE untuk menggambar garis dasar yang menunjukkan panjang dan lebar jembatan.

Gunakan OFFSET untuk membuat jalur lalu lintas, trotoar, dan tepi jalan.

2. Elemen Utama:

Tambahkan posisi abutmen dan pilar menggunakan perintah RECTANGLE atau POLYGON.

Gunakan HATCH untuk menunjukkan material yang berbeda (misalnya, beton, aspal).

Langkah 4: Menggambar Elevasi dan Penampang Melintang (*Elevation and Cross-Section*)

1. Elevasi Jembatan:

Gunakan perintah LINE, POLYLINE, dan ARC untuk menggambar tampak samping jembatan, termasuk profil elevasi, abutmen, dan pilar.

Gunakan DIMENSION untuk menambahkan ukuran dan detail dimensi.

2. Penampang Melintang:

Gambarkan penampang melintang yang menunjukkan detail seperti ketebalan dek, lebar jalur, dan elemen struktural lainnya.

Gunakan perintah LAYER untuk mengorganisasi elemen-elemen yang berbeda.

Langkah 5: Menggambar Detail Elemen Struktural

1. **Fondasi:**

Gunakan perintah RECTANGLE, POLYLINE, dan HATCH untuk menggambar detail fondasi, termasuk dimensi dan bahan.

2. **Abutmen dan Pilar:**

Tambahkan detail abutmen dan pilar, menggunakan perintah LINE dan POLYLINE untuk penulangan beton (*rebar*) dan dimensi.

3. **Dek Jembatan:**

Gambarkan penampang dek jembatan dengan detail penulangan dan lapisan aspal atau bahan permukaan lainnya.

Langkah 6: Menambahkan Detail Penghubung dan Sambungan

1. **Bearing:**

Gambarkan posisi dan jenis *bearing* yang digunakan di antara dek dan pilar atau abutmen.

2. **Sambungan Ekspansi:**

Tambahkan detail sambungan ekspansi untuk memungkinkan pergerakan termal dan mengurangi tegangan.

Langkah 7: Menyusun dan Menyelesaikan Gambar

1. Layer dan Anotasi:

Gunakan perintah LAYER untuk memisahkan elemen berbeda seperti beton, baja, dan penulangan.

Tambahkan anotasi dan dimensi menggunakan perintah TEXT dan DIMENSION.

2. Spesifikasi Material:

Sertakan tabel spesifikasi material dan rincian teknis lainnya menggunakan perintah TABLE.

Langkah 8: Verifikasi dan Validasi

1. Pemeriksaan Kualitas:

Periksa kembali semua gambar untuk memastikan akurasi dan kepatuhan terhadap spesifikasi desain.

2. Koordinasi dengan Tim:

Koordinasikan dengan anggota tim proyek lainnya untuk memastikan semua elemen telah diperhitungkan.

Langkah 9: Penyimpanan dan Backup


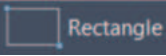
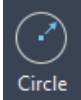


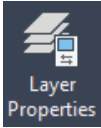

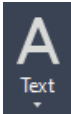
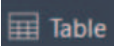
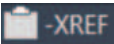
1. Simpan Gambar:

Gunakan perintah SAVE atau SAVE AS untuk menyimpan *file* AutoCAD dengan nama yang sesuai.

2. Backup:

Lakukan *backup* rutin untuk menghindari kehilangan data.

Contoh Perintah AutoCAD yang Berguna

No	Logo	Perintah	Fungsi
1		LINE	Menggambar garis
2		RECTANGLE	Menggambar persegi panjang
3		CIRCLE	Menggambar lingkaran
4		POLYLINE	Menggambar garis gabungan
5		HATCH	Mengisi area dengan pola atau warna
6		LAYER	Mengelola <i>layer</i>
7		DIMENSION	Menambahkan dimensi
8		TEXT	Menambahkan teks
9		TABLE	Membuat tabel
10		XREF	Menyisipkan referensi eksternal

Dengan mengikuti langkah-langkah ini dan menggunakan perintah AutoCAD yang sesuai, kamu dapat merencanakan dan menggambar rencana dasar dan detail elemen struktur jembatan sederhana secara efektif. Pastikan untuk selalu mematuhi standar desain dan spesifikasi teknis yang relevan selama proses ini.

Aktivitas 5.4



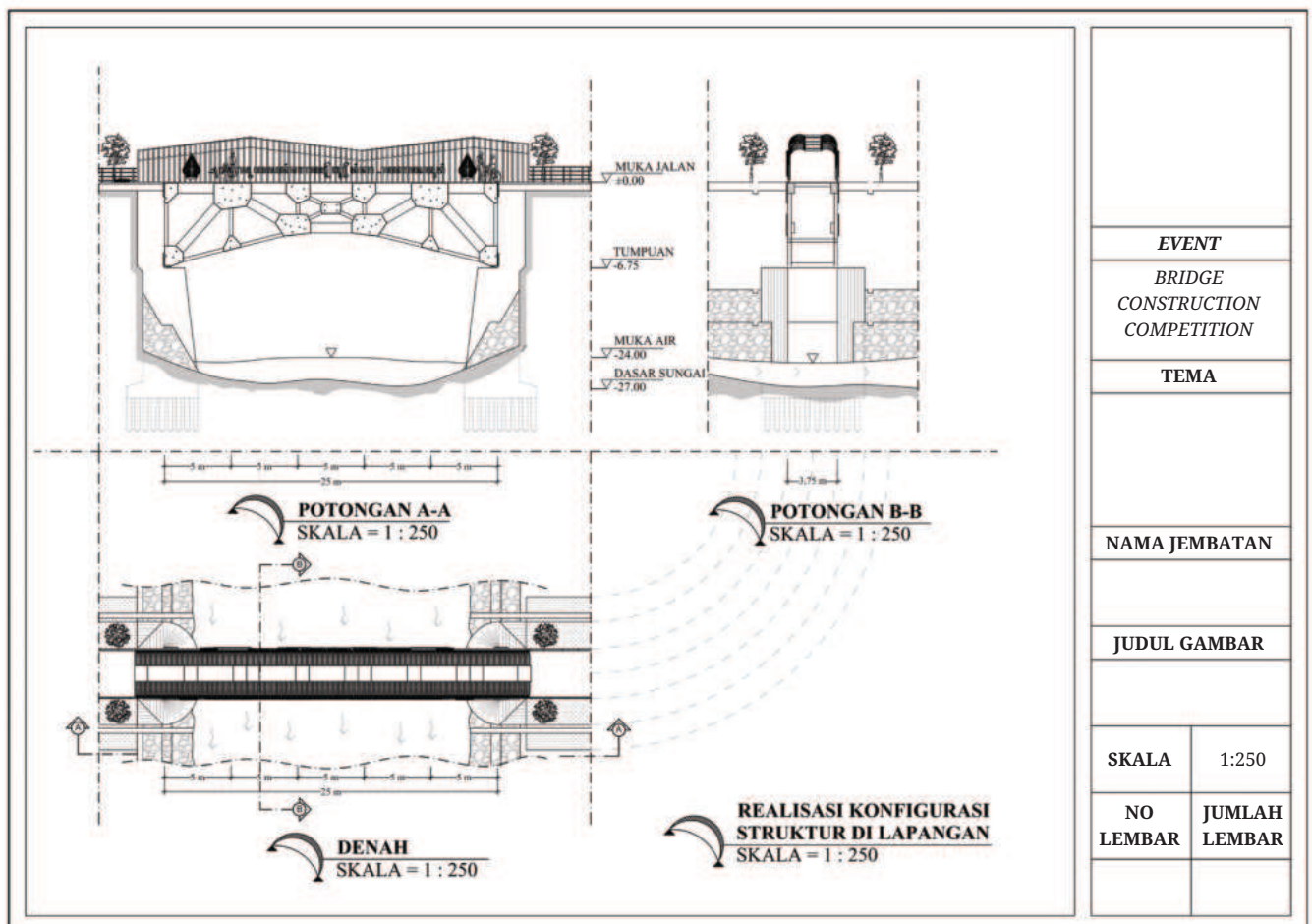
Mari Menyimak

Untuk membantu kamu memahami cara menggambar konstruksi jembatan sederhana dengan menggunakan AutoCAD, silakan simak tayangan video berikut:



Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJJJ-Video20>

Tanyakan dan diskusikan dengan Ibu/Bapak Guru jika ada yang perlu diperjelas.



Gambar 5.5 Contoh Gambar Tampak Jembatan

Sumber: Candra (2019)

Aktivitas 5.5



Mari Diskusi

Amatilah contoh gambar sebelumnya, dapatkah kamu mengidentifikasi gambar apakah itu? Bagaimana cara membuat gambar tersebut? Mengapa gambar seperti ini penting untuk disertakan dalam produk perencanaan jembatan? Apa yang akan terjadi jika perencana tidak menggambarkan hasil perencanaannya? Kamu juga bisa mencari informasi tersebut melalui internet dan sumber lainnya.

c. Menyusun spesifikasi teknis konstruksi

Kamu sudah mengetahui dan dapat melakukan identifikasi serta analisis tentang perencanaan dan menggambar konstruksi jembatan sederhana dengan aplikasi perangkat lunak. Selanjutnya, kamu akan diberikan arahan untuk penyusunan spesifikasi teknik konstruksi jembatan. Menyusun spesifikasi teknis konstruksi jembatan adalah langkah penting dalam memastikan proyek konstruksi berjalan sesuai rencana, aman, dan memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Berikut ini panduan untuk menyusun spesifikasi teknis konstruksi jembatan.

Pendahuluan

1) Tujuan dan Ruang Lingkup:

Jelaskan tujuan dokumen spesifikasi teknis ini dan lingkup pekerjaan yang dicakup, termasuk jenis jembatan dan lokasi proyek.

2) Referensi Standar:

Daftar semua standar nasional dan internasional yang akan diikuti (misalnya, SNI, AASHTO, ASTM, BS).

Deskripsi Proyek

1) Gambaran Umum:

Deskripsi singkat tentang jembatan, termasuk jenis (misalnya, jembatan balok, jembatan gantung), panjang, lebar, dan tinggi.

2) Lokasi dan Kondisi Situs:

Informasi tentang lokasi proyek, termasuk kondisi tanah, hidrologi, dan faktor lingkungan lainnya.

Persyaratan Material

1) Beton:

Jenis dan kelas beton yang akan digunakan (misalnya, K-350).

Persyaratan campuran beton, aditif, dan pengujian kualitas beton.

2) Baja:

Spesifikasi baja struktural, termasuk *grade* dan jenis (misalnya, baja tulangan, baja profil).

Persyaratan untuk pengelasan dan perlindungan korosi.

3) Material Lain:

Spesifikasi untuk material lainnya seperti agregat, aspal, bantalan elastomer, dan sambungan ekspansi.

Persyaratan Konstruksi

1) Pekerjaan Persiapan:

Langkah-langkah untuk persiapan lokasi, termasuk penggalian, penimbunan, dan pemadatan tanah.

2) Pemasangan Fondasi:

Metode pemasangan fondasi, termasuk tiang pancang atau *bore pile*.
Pengujian fondasi untuk memastikan daya dukung tanah.

3) Pembangunan Struktur Utama:

Instruksi detail untuk pengecoran beton, pemasangan baja, dan pengelasan.
Metode untuk pencegahan dan perawatan retak pada beton.

4) Pemasangan Dek Jembatan:

Metode pengecoran dek jembatan, termasuk penulangan dan perawatan beton.
Detail pemasangan sistem drainase dan lapisan aspal.

5) Penghubung dan Sambungan:

Instruksi untuk pemasangan bantalan elastomer, sambungan ekspansi, dan elemen penghubung lainnya.

Pengujian dan Kontrol Kualitas

1) Pengujian Material:

Jenis pengujian yang harus dilakukan untuk setiap material, termasuk beton, baja, dan aspal. Frekuensi pengujian dan standar penerimaan.

2) Pengujian Struktural:

Metode pengujian beban untuk memastikan kekuatan dan stabilitas struktur jembatan.

3) Dokumentasi dan Laporan:

Persyaratan untuk dokumentasi semua hasil pengujian dan laporan inspeksi.

Keselamatan dan Lingkungan

1) Keselamatan Kerja:

Prosedur keselamatan yang harus diikuti selama konstruksi, termasuk penggunaan alat pelindung diri (APD) dan pelatihan keselamatan.

2) Manajemen Lingkungan:

Tindakan untuk mengurangi dampak lingkungan, termasuk pengelolaan limbah, pengendalian erosi, dan perlindungan habitat lokal.

Jadwal dan Manajemen Proyek

1) Jadwal Konstruksi:

Rencana jadwal untuk setiap tahap konstruksi, termasuk tonggak utama dan batas waktu penyelesaian.

2) Manajemen Proyek:

Struktur organisasi proyek dan tanggung jawab masing-masing pihak.
Prosedur untuk perubahan dan persetujuan desain.

Spesifikasi Detail untuk Elemen Struktural

1) Fondasi:

Detail desain dan spesifikasi untuk fondasi, termasuk dimensi, penulangan, dan metode konstruksi.

2) Abutmen dan Pilar:

Instruksi detail untuk konstruksi abutmen dan pilar, termasuk penulangan dan perlindungan terhadap korosi.

3) Dek Jembatan:

Spesifikasi untuk pengecoran dek jembatan, termasuk penulangan, *finishing* permukaan, dan perlindungan terhadap keausan.

Referensi Gambar dan Lampiran

1) Gambar Kerja:

Semua gambar kerja yang relevan dengan spesifikasi teknis, termasuk denah, tampak, dan detail penampang.

2) Lampiran:

Dokumen pendukung lainnya, seperti sertifikat material, hasil pengujian laboratorium, dan laporan inspeksi.

Dengan mengikuti panduan ini, kamu dapat menyusun spesifikasi teknis yang komprehensif untuk konstruksi jembatan. Spesifikasi yang baik akan membantu memastikan proyek berjalan lancar, sesuai dengan standar, dan menghasilkan struktur yang aman dan tahan lama.

Aktivitas 5.6



Mari Diskusi

Buatlah kelompok sesuai jumlah tema diskusi di bawah. Setiap kelompok dipersilakan mencari informasi seputar spesifikasi teknis sebagai salah satu produk dalam proses perencanaan jembatan. Kamu harus mencoba mendalami, bagaimana cara menyusun spesifikasi teknis berdasarkan data hasil perencanaan berdasarkan kelompok masing-masing. Kamu juga bisa mencari informasi melalui internet dan sumber lainnya.

Kelompok	Subklasifikasi
Satu	Persyaratan Material
Dua	Persyaratan Konstruksi
Tiga	Pengujian dan Kontrol Kualitas
Empat	Keselamatan dan Lingkungan
Lima	Penjadwalan

B. Melaksanakan Pengawasan pada Pekerjaan Konstruksi Jembatan Sederhana

1. Prosedur Pengawasan Proses Konstruksi Jembatan

Pengawasan proses konstruksi jembatan adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk memastikan pekerjaan konstruksi dilakukan sesuai dengan rencana, spesifikasi teknis, standar, dan peraturan yang berlaku. Pengawasan ini mencakup berbagai aspek mulai dari persiapan hingga penyelesaian proyek, termasuk kualitas material, metode kerja, keselamatan, dan jadwal pelaksanaan. Tujuan utamanya adalah menjamin jembatan yang dibangun aman, fungsional, dan memiliki umur pakai yang panjang.

Pengawasan proses konstruksi jembatan adalah elemen penting yang memastikan setiap tahap konstruksi dilakukan sesuai dengan spesifikasi, standar keselamatan, dan peraturan yang berlaku. Di Indonesia, berbagai peraturan pemerintah dan standar nasional mengatur aspek-aspek penting dalam pengawasan konstruksi jembatan. Misalnya, Undang-Undang No. 2 Tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi mengatur penyelenggaraan jasa konstruksi, termasuk hak, kewajiban, dan tanggung jawab para pihak yang terlibat. Peraturan ini mengharuskan penyelenggaraan konstruksi dilakukan oleh tenaga ahli bersertifikat dan memenuhi standar teknis.



Aktivitas 5.7



Mari Cari Tahu

1. Silakan kamu tanyakan kepada Bapak/Ibu Guru atau temanmu. Carilah informasi tentang pengawasan yang merupakan elemen krusial dalam proyek konstruksi jembatan. Apa saja konsekuensi dari pengawasan yang tidak memadai? Kamu juga dapat mencari informasi dari sumber internet ataupun yang lainnya.
2. Berdasarkan gambar di bawah, mari menalar secara kritis, apa peran antara pengawas konstruksi dan tim proyek lainnya guna kelancaran pekerjaan? Bagaimana komunikasi yang efektif dapat mencegah kesalahpahaman dan masalah yang akan terjadi?



(a)



(b)

Gambar 5.6 Pekerjaan Konstruksi Jembatan Rangka

Sumber: Galeh (2024)

Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2020, yang merupakan peraturan pelaksanaan dari Undang-Undang No. 2 Tahun 2017, menyediakan pedoman teknis yang lebih rinci terkait pelaksanaan undang-undang tersebut. Peraturan ini memperjelas tanggung jawab kontraktor dan pengawas dalam memastikan keselamatan kerja dan kualitas konstruksi. Selain itu, Standar Nasional Indonesia (SNI) juga memainkan peran penting dalam pengawasan konstruksi jembatan. SNI 1725:2016 tentang Jembatan Jalan Raya memberikan standar desain dan konstruksi jembatan untuk jalan raya, sedangkan SNI 1729:2015 mengatur persyaratan desain dan konstruksi untuk struktur baja yang sangat penting untuk jembatan yang menggunakan baja sebagai material utama. Pengawas harus memastikan desain dan konstruksi jembatan sesuai dengan persyaratan teknis yang ditetapkan dalam standar-standar ini.

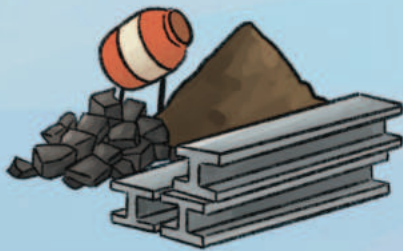
Pedoman Teknis No. 10/SE/M/2010 dari Kementerian PUPR memberikan panduan teknis untuk inspeksi dan pemeliharaan jembatan di Indonesia. Pengawas harus mengikuti panduan ini untuk melakukan inspeksi rutin, mendeteksi potensi masalah, dan memastikan jembatan dalam kondisi baik selama dan setelah konstruksi. Selain itu, pengawasan terhadap penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) sangat penting dalam proyek konstruksi. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 05/PRT/M/2014 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) mengatur tentang penerapan SMK3 dalam proyek konstruksi. Pengawas harus memastikan semua aspek K3 diterapkan dengan baik di lokasi konstruksi, termasuk penggunaan alat pelindung diri (APD), prosedur darurat, dan pelatihan keselamatan kerja.



Pengawas konstruksi memiliki tanggung jawab yang kompleks, termasuk memastikan kepatuhan terhadap peraturan dan standar yang berlaku, mengawasi pelaksanaan konstruksi agar sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah ditetapkan, serta mengawasi penerapan K3 di lokasi konstruksi. Selain itu, pengawas juga harus menyusun laporan pengawasan secara berkala yang mencakup temuan di lapangan, tindakan perbaikan yang dilakukan, dan kepatuhan terhadap jadwal proyek. Koordinasi dengan semua pihak yang terlibat, termasuk kontraktor, subkontraktor, dan pemilik proyek, juga merupakan bagian penting dari tugas pengawas untuk memastikan kelancaran pelaksanaan konstruksi dan pemecahan masalah secara cepat. Dengan memastikan kepatuhan terhadap peraturan-peraturan ini, pengawas dapat membantu memastikan jembatan dibangun dengan kualitas tinggi, aman, dan tahan lama sesuai dengan harapan dan kebutuhan masyarakat.

Komponen Utama Pengawasan Konstruksi Jembatan

1) Pengawasan Kualitas Material:



- Memastikan semua material yang digunakan (beton, baja, aspal, dan lain-lain) memenuhi spesifikasi teknis yang ditetapkan.
- Melakukan pengujian material di laboratorium atau di lapangan untuk memastikan kualitasnya sesuai dengan standar.

2) Pengawasan Metode Kerja:



- Memastikan metode kerja yang digunakan sesuai dengan prosedur dan teknik yang telah direncanakan.
- Mengawasi penerapan teknologi dan peralatan yang digunakan dalam proses konstruksi.



3) Pengawasan Proses dan Tahapan Konstruksi:

- Memantau setiap tahapan konstruksi mulai dari persiapan lahan, pemasangan fondasi, pembangunan struktur utama, hingga penyelesaian akhir.
- Memastikan setiap tahap konstruksi dilaksanakan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan dan mengidentifikasi serta mengatasi penyimpangan yang terjadi.



4) Pengawasan Keselamatan dan Kesehatan Kerja:

- Memastikan semua pekerja dan staf proyek mematuhi prosedur keselamatan kerja yang telah ditetapkan.
- Memeriksa ketersediaan dan penggunaan alat pelindung diri (APD) serta pelaksanaan pelatihan keselamatan.



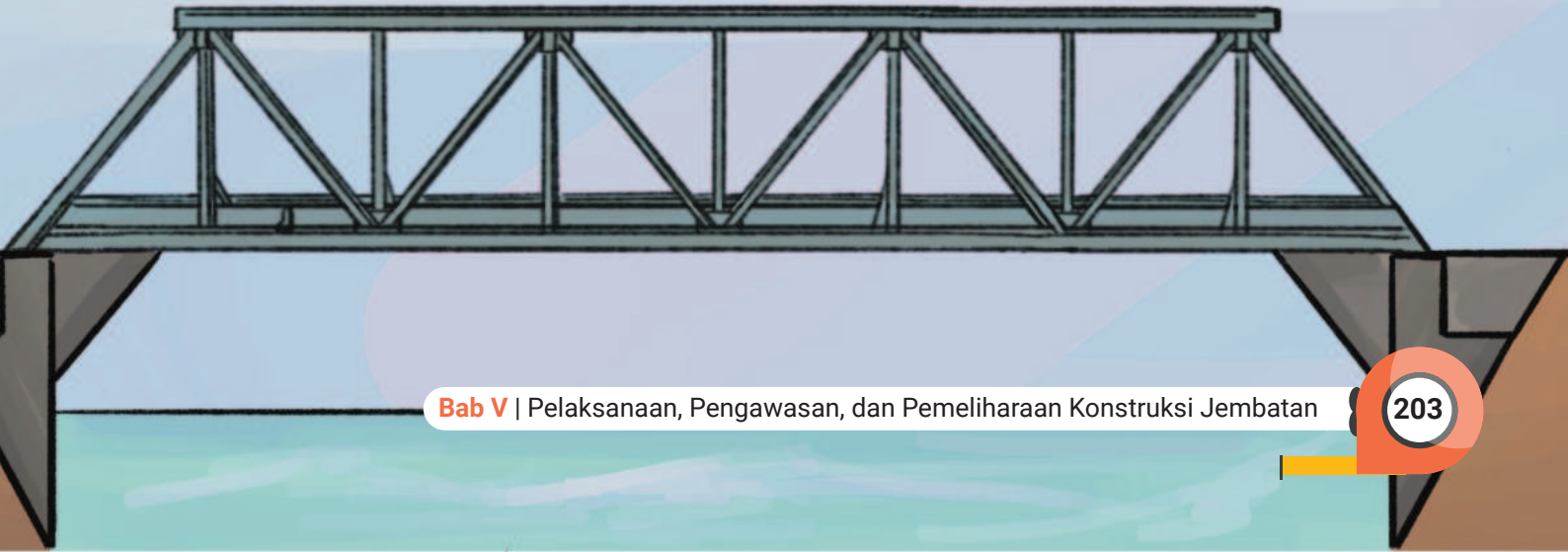
5) Pengawasan Lingkungan:

- Memantau dampak lingkungan dari kegiatan konstruksi dan memastikan semua tindakan mitigasi yang diperlukan dilaksanakan.
- Memastikan pengelolaan limbah konstruksi dilakukan dengan benar dan sesuai dengan peraturan lingkungan.



6) Pengawasan Dokumentasi dan Laporan:

- Membuat laporan rutin tentang kemajuan proyek, temuan pengawasan, dan tindakan korektif yang diambil.
- Mendokumentasikan semua aktivitas pengawasan, hasil pengujian, dan inspeksi lapangan.



Manfaat Pengawasan Konstruksi Jembatan



1) Menjamin Kualitas:

- Pengawasan yang ketat memastikan konstruksi jembatan memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan, mengurangi risiko kegagalan struktur di masa depan.



2) Mengurangi Risiko:

- Identifikasi dan penanganan masalah secara dini melalui pengawasan dapat mengurangi risiko kecelakaan dan masalah teknis lainnya.



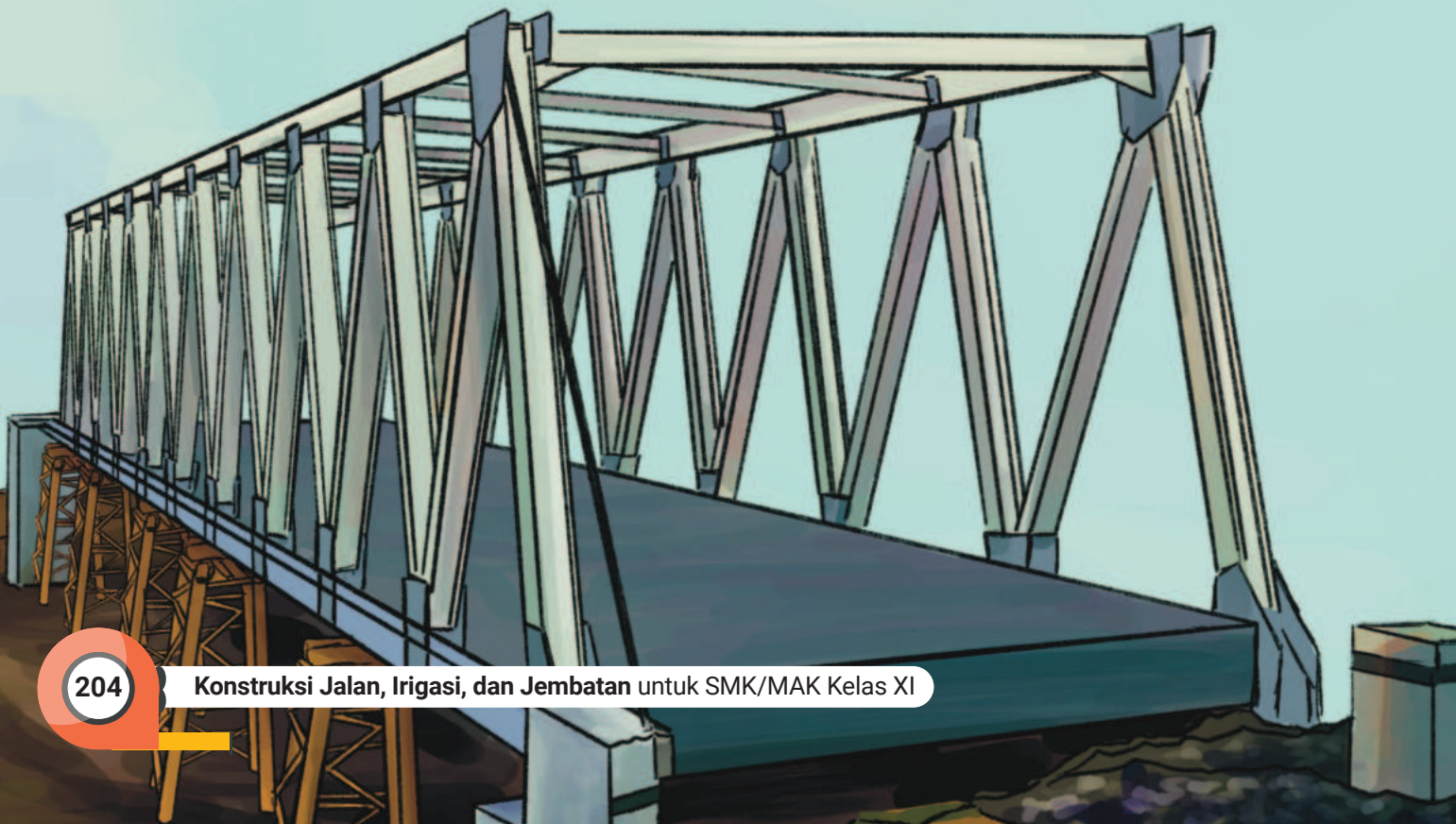
3) Efisiensi Waktu dan Biaya:

- Pengawasan yang baik membantu menghindari penundaan proyek dan biaya tambahan yang disebabkan oleh kesalahan atau ketidaksesuaian dengan spesifikasi.



4) Kepatuhan Terhadap Peraturan:

- Pengawasan memastikan proyek konstruksi mematuhi semua peraturan dan standar yang berlaku, termasuk peraturan keselamatan dan lingkungan.





Peran dan Tanggung Jawab Pengawas Konstruksi

1) Insinyur Pengawas:

- Memiliki tanggung jawab utama dalam pengawasan teknik dan kualitas konstruksi.
- Mengawasi pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan gambar kerja dan spesifikasi teknis.



2) Manajer Proyek:

- Memiliki tanggung jawab dalam manajemen keseluruhan proyek termasuk pengawasan, anggaran, dan jadwal.
- Berkoordinasi dengan semua pihak terkait untuk memastikan kelancaran pelaksanaan proyek.



3) Tim Pengawas Lapangan:

- Terdiri atas inspektur lapangan yang bertugas memantau kegiatan sehari-hari di lokasi proyek.
- Melakukan inspeksi rutin dan pengujian material serta metode kerja.

Pengawasan proses konstruksi jembatan adalah elemen kunci untuk memastikan proyek berjalan sesuai rencana dan hasil akhir memenuhi standar kualitas yang diharapkan. Ini adalah upaya kolaboratif yang melibatkan berbagai disiplin ilmu dan peran, yang semuanya berkontribusi pada kesuksesan proyek konstruksi jembatan.

a. Metode dan teknik pengawasan pada konstruksi jembatan

Pengawasan konstruksi jembatan adalah proses yang melibatkan pemantauan dan evaluasi pekerjaan konstruksi untuk memastikan proyek dilaksanakan sesuai dengan rencana, spesifikasi teknis, standar keselamatan, dan peraturan yang berlaku. Tujuan utama pengawasan adalah memastikan konstruksi jembatan memenuhi kualitas yang diharapkan, aman, dan selesai tepat waktu.

Aktivitas 5.8



Mari Cari Tahu

Silakan tanyakan kepada Bapak/Ibu Guru atau kerabatmu. Carilah informasi seputar kesulitan yang dihadapi pengawas lapangan pekerjaan konstruksi jembatan sederhana. Apa saja faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam memilih metode pengawasan konstruksi jembatan yang tepat? Kamu juga bisa mencari informasi melalui internet dan sumber lainnya.



Mari Diskusi

Coba sekarang kamu diskusikan dua berita di bawah ini. Bagaimanakah peran kegiatan pengawasan pelaksanaan konstruksi jembatan berkontribusi dalam berita yang ditayangkan? Bagaimana jika pelaksanaan konstruksi jembatan dilaksanakan tanpa adanya pengawasan yang ketat dan terjaga?



Gambar 5.7 Berita Pembangunan Jembatan

Sumber: Said (2024)



Gambar 5.8 Berita Proyek Jembatan Ambruk

Sumber: Muslim (2024)

Pengawasan konstruksi jembatan memerlukan berbagai metode dan teknik untuk memastikan semua aspek pekerjaan konstruksi dilaksanakan sesuai dengan spesifikasi teknis, standar keselamatan, dan jadwal proyek. Berikut ini beberapa metode dan teknik yang umum digunakan dalam pekerjaan pengawasan konstruksi jembatan.

1) Inspeksi Lapangan Rutin

Inspeksi Harian: melakukan inspeksi harian untuk memantau kemajuan pekerjaan dan memastikan kesesuaian dengan rencana dan spesifikasi teknis.

Inspeksi Mingguan/Bulanan: inspeksi yang lebih mendalam dilakukan secara periodik untuk menilai perkembangan proyek secara keseluruhan.

2) Pengujian Material dan Kualitas

Pengujian Beton: mengambil sampel beton secara periodik dan melakukan pengujian kuat tekan dan *slump test* untuk memastikan kualitas beton sesuai spesifikasi.

Pengujian Baja: memeriksa sertifikat material baja, melakukan uji tarik dan uji ketahanan korosi pada baja tulangan.

Pengujian Agregat dan Aspal: menguji kualitas agregat dan aspal yang digunakan untuk memastikan kepatuhan terhadap standar yang ditetapkan.

3) Pemantauan Metode Kerja

Observasi Langsung: mengamati metode dan teknik yang digunakan di lapangan untuk memastikan sesuai dengan prosedur yang telah disetujui.

Review Metode Kerja: meninjau dan menyetujui metode kerja sebelum pelaksanaan, termasuk prosedur pemasangan, pengecoran, dan pengelasan.

4) Dokumentasi dan Pelaporan

Laporan Harian: membuat laporan harian yang mencakup kegiatan yang dilakukan, cuaca, kemajuan pekerjaan, dan masalah yang ditemukan.

Laporan Inspeksi: menghasilkan laporan inspeksi yang mendokumentasikan hasil pengujian material, inspeksi lapangan, dan tindakan korektif yang diperlukan.

5) Pengujian Non-Destruktif (NDT)

Ultrasonic Testing (UT): menggunakan gelombang ultrasonik untuk mendeteksi cacat internal pada beton atau baja tanpa merusak struktur.

Radiographic Testing (RT): menggunakan sinar-X atau gamma untuk mendeteksi retakan atau ketidaksempurnaan dalam material.

6) Teknologi dan Peralatan Modern

Drone dan Fotogrametri: menggunakan *drone* untuk pemantauan visual, pengukuran, dan pembuatan peta 3D lokasi konstruksi.

Laser Scanning: menggunakan pemindaian laser untuk memperoleh data tiga dimensi yang akurat dari struktur jembatan.

Building Information Modeling (BIM): menggunakan BIM untuk memodelkan, merencanakan, dan mengelola proyek konstruksi secara digital.

7) Kontrol Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Inspeksi Keselamatan: melakukan inspeksi keselamatan rutin untuk memastikan semua pekerja mematuhi prosedur keselamatan dan menggunakan alat pelindung diri (APD).

Pelatihan Keselamatan: memberikan pelatihan keselamatan secara periodik kepada semua pekerja dan staf proyek.

8) Pemantauan Lingkungan

Pemantauan Kualitas Udara dan Air: melakukan pengujian kualitas udara dan air di sekitar lokasi proyek untuk memastikan tidak ada pencemaran yang disebabkan oleh kegiatan konstruksi.

Manajemen Limbah: memastikan pengelolaan limbah konstruksi sesuai dengan peraturan lingkungan yang berlaku.

9) Pengendalian Jadwal dan Biaya

Penjadwalan Proyek: menggunakan perangkat lunak penjadwalan seperti Microsoft Project atau Primavera untuk mengelola dan memantau jadwal proyek.

Pengendalian Biaya: melakukan *review* anggaran dan kontrol biaya secara berkala untuk memastikan proyek berjalan sesuai anggaran.

10) Tindakan Korektif dan Pencegahan

Identifikasi Masalah: segera mengidentifikasi dan mendokumentasikan setiap masalah atau penyimpangan yang terjadi di lapangan.

Implementasi Solusi: mengembangkan dan mengimplementasikan solusi untuk masalah yang ditemukan, termasuk perubahan desain atau metode kerja jika diperlukan.

Dengan menggunakan kombinasi metode dan teknik ini, pengawas konstruksi dapat memastikan proyek jembatan dilaksanakan dengan kualitas yang tinggi, aman, serta sesuai dengan jadwal dan anggaran yang telah ditetapkan. Pengawasan yang efektif sangat penting untuk keberhasilan proyek konstruksi jembatan dan untuk menjamin jembatan yang dibangun memenuhi semua persyaratan teknis dan standar keselamatan.

Proses pengawasan pekerjaan jembatan terdiri atas beberapa tahap utama, yakni persiapan, konstruksi, dan *finishing*. Setiap tahap memerlukan pengawasan yang cermat untuk memastikan pekerjaan dilakukan sesuai dengan spesifikasi teknis, standar keselamatan, dan jadwal proyek.

Aktivitas 5.9



Mari Cari Tahu

Silakan tanyakan kepada Bapak/Ibu Guru atau kerabatmu. Carilah informasi seputar prosedur dalam pengawasan pekerjaan konstruksi jembatan sederhana. Bagaimana teknologi seperti *drone*, sensor, atau perangkat lunak manajemen proyek dapat diterapkan dalam meningkatkan efisiensi pengawasan konstruksi jembatan? Kamu juga bisa mencari informasi melalui internet dan sumber lainnya.

b. Pengawasan tahap persiapan, konstruksi, dan finishing

Berikut ini prosedur pengawasan untuk setiap tahap:

1) Pengawasan Tahap Persiapan

a) Review Dokumen Proyek

Pemeriksaan Gambar dan Spesifikasi: tinjau gambar desain, spesifikasi teknis, dan dokumen kontrak untuk memahami persyaratan proyek.

Konfirmasi Perizinan: pastikan semua izin dan persetujuan dari otoritas terkait telah diperoleh.

b) Persiapan Lokasi

Inspeksi Awal Lokasi: lakukan inspeksi awal untuk menilai kondisi situs, aksesibilitas, dan kebutuhan pembersihan.

Pemindahan Utilitas: koordinasikan pemindahan atau penyesuaian utilitas yang ada di lokasi konstruksi (jika diperlukan).

c) Persiapan Material dan Peralatan

Pemeriksaan Material: pastikan semua material yang akan digunakan memenuhi spesifikasi teknis yang ditetapkan. Lakukan pengujian material awal jika diperlukan.

Pemeriksaan Peralatan: pastikan semua peralatan dan mesin yang akan digunakan dalam kondisi baik dan sesuai untuk pekerjaan yang akan dilakukan.

d) Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Rencana Keselamatan: tinjau dan setuju rencana keselamatan dan kesehatan kerja untuk lokasi proyek.

Pelatihan Keselamatan: pastikan semua pekerja menerima pelatihan keselamatan yang diperlukan.

2) Pengawasan Tahap Konstruksi

a) Fondasi dan Substruktur

Pemasangan Fondasi: awasi pemasangan fondasi, termasuk pengeboran tiang pancang atau *bore pile*, dan pastikan metode kerja sesuai dengan prosedur yang disetujui.

Pengujian Fondasi: lakukan pengujian beban pada fondasi untuk memastikan daya dukung yang memadai.

b) Konstruksi Pilar dan Abutmen

Inspeksi Penguatan: periksa penulangan baja (*rebar*) sebelum pengecoran beton untuk memastikan kesesuaian dengan desain.

Pengecoran Beton: awasi proses pengecoran beton, pastikan beton dicampur dan dituang sesuai spesifikasi, dan lakukan pengujian *slump* serta sampel silinder untuk uji kuat tekan.

c) Pemasangan Struktur Atas (Superstruktur)

Ereksi Baja atau Balok Beton: awasi pemasangan balok baja atau balok beton pratekan, pastikan elemen-elemen dipasang dengan benar dan aman.

Pengelasan dan Penyambungan: awasi proses pengelasan dan sambungan elemen struktural untuk memastikan kekuatan dan kualitas sambungan.

d) Pengecoran Dek Jembatan

Inspeksi *Formwork* dan Penulangan: periksa *formwork* dan penulangan sebelum pengecoran dek jembatan.

Pengecoran dan Perawatan Beton: awasi proses pengecoran, pastikan beton dicampur dan ditempatkan dengan benar, dan lakukan perawatan beton (*curing*) sesuai prosedur.

e) Pemasangan Komponen Tambahan

Sambungan Ekspansi dan *Bearing*: awasi pemasangan sambungan ekspansi dan bantalan elastomer untuk memastikan fleksibilitas struktur.

Sistem Drainase: pastikan sistem drainase dipasang dengan benar untuk menghindari penumpukan air di dek jembatan.

3) Pengawasan Tahap *Finishing*

a) Pengerjaan Akhir Permukaan

Pelapisan Aspal atau Beton: awasi penerapan lapisan aspal atau beton pada dek jembatan untuk memastikan permukaan yang rata dan tahan lama.

Markah Jalan: pastikan pemasangan markah jalan sesuai dengan standar dan desain yang disetujui.

b) Pemasangan Perlengkapan Jembatan

Pagar Pengaman dan Rel: awasi pemasangan pagar pengaman dan rel untuk memastikan keselamatan pengguna jembatan.

Lampu dan Peralatan Lain: pastikan pemasangan lampu jalan dan peralatan lain sesuai dengan rencana.

c) Pengujian dan Inspeksi Akhir

Pengujian Beban: lakukan pengujian beban akhir untuk memastikan jembatan mampu menahan beban sesuai desain.

Inspeksi Keselamatan: lakukan inspeksi keselamatan menyeluruh untuk memastikan tidak ada bahaya yang tersisa.

Pemeriksaan Dokumen: verifikasi semua dokumentasi proyek, termasuk laporan pengujian, inspeksi, dan perubahan yang telah disetujui.

d) Penyerahan Proyek

Penyusunan Dokumen Penyerahan: siapkan dokumen penyerahan proyek yang mencakup semua detail pekerjaan yang telah diselesaikan, hasil pengujian, dan inspeksi.

Final Walkthrough: lakukan pemeriksaan akhir bersama dengan pihak pemilik proyek untuk memastikan semua pekerjaan telah diselesaikan sesuai spesifikasi.

2. Keselamatan Kerja di Lapangan

a. Prosedur keselamatan kerja pada proyek konstruksi

Keselamatan kerja di lapangan pada pekerjaan konstruksi jembatan memiliki urgensi yang sangat tinggi, mengingat kompleksitas dan risiko yang terlibat dalam proyek-proyek tersebut. Pekerjaan konstruksi jembatan seringkali melibatkan aktivitas di ketinggian, penggunaan alat berat, serta paparan terhadap kondisi cuaca yang berubah-ubah dan material berbahaya. Semua faktor ini meningkatkan potensi terjadinya kecelakaan kerja yang dapat menyebabkan cedera serius atau bahkan kematian.

Dalam konteks ini, penerapan standar keselamatan kerja yang ketat menjadi sangat penting. Setiap tahap dari proyek konstruksi, mulai dari perencanaan hingga pelaksanaan dan pemeliharaan, harus dilaksanakan dengan memperhatikan protokol keselamatan yang ketat. Penggunaan alat pelindung diri (APD) seperti helm, sepatu pelindung, dan *harness* untuk pekerja di ketinggian adalah wajib. Selain itu, alat dan peralatan harus diperiksa secara rutin untuk memastikan kondisi yang aman dan layak pakai.

Selain perlindungan fisik, pelatihan keselamatan bagi pekerja juga menjadi aspek yang krusial. Pekerja harus memahami prosedur darurat, cara penggunaan APD dengan benar, dan teknik bekerja yang aman untuk mengurangi risiko kecelakaan. Pengawas di lapangan bertanggung jawab memastikan semua prosedur keselamatan dipatuhi dan lingkungan kerja bebas dari bahaya yang tidak perlu.



Aktivitas 5.10



Mari Cari Tahu

Silakan tanyakan kepada Bapak/Ibu Guru atau kerabatmu. Carilah informasi seputar keselamatan kerja di lapangan memengaruhi keberhasilan pengawasan konstruksi jembatan. Apa saja standar keselamatan kerja yang harus dipatuhi oleh pengawas konstruksi jembatan? Bagaimana pengawas konstruksi jembatan dapat memastikan lingkungan kerja yang aman bagi tim konstruksi? Kamu juga bisa mencari informasi melalui internet dan sumber lainnya.

Pentingnya keselamatan kerja di lapangan juga berkaitan dengan kepatuhan terhadap peraturan dan standar yang ditetapkan oleh pemerintah. Undang-Undang No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 05/PRT/M/2014 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) memberikan kerangka kerja yang harus diikuti untuk memastikan keselamatan dan kesehatan para pekerja. Kepatuhan terhadap peraturan ini tidak hanya mencegah insiden dan kecelakaan, tetapi juga memastikan proyek berjalan sesuai dengan standar hukum dan etika yang berlaku.

Selain dari aspek hukum dan moral, fokus pada keselamatan kerja juga berdampak langsung pada efisiensi dan produktivitas proyek. Kecelakaan kerja dapat menyebabkan penundaan yang signifikan, kerusakan alat, dan biaya tambahan yang tidak terduga. Dengan menerapkan praktik keselamatan kerja yang baik, risiko ini dapat diminimalkan, memungkinkan proyek untuk diselesaikan tepat waktu dan sesuai anggaran.



Secara keseluruhan, urgensi keselamatan kerja di lapangan pada pekerjaan konstruksi jembatan tidak bisa diabaikan. Melalui penerapan protokol keselamatan yang ketat, pelatihan yang adekuat, dan kepatuhan terhadap peraturan yang berlaku, kita dapat melindungi pekerja, memastikan kualitas dan keberlanjutan proyek, serta memenuhi tanggung jawab sosial dan hukum yang diemban oleh semua pihak yang terlibat.

Prosedur keselamatan kerja pada proyek konstruksi jembatan dirancang untuk mengidentifikasi, mengelola, dan mengurangi risiko yang mungkin dihadapi oleh pekerja, masyarakat sekitar, dan lingkungan. Prosedur ini meliputi berbagai langkah mulai dari perencanaan hingga penutupan proyek. Berikut ini langkah-langkah rinci prosedur keselamatan kerja pada proyek konstruksi jembatan.

1) Perencanaan dan Persiapan

a) Identifikasi Risiko dan Penilaian Bahaya

Identifikasi Bahaya: mengidentifikasi semua potensi bahaya yang mungkin timbul selama konstruksi jembatan, seperti pekerjaan di ketinggian, penggunaan alat berat, dan paparan bahan kimia.

Penilaian Risiko: menilai tingkat risiko dari setiap bahaya yang telah diidentifikasi untuk menentukan prioritas tindakan pencegahan.

b) Pengembangan Rencana Keselamatan

Rencana Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3): menyusun rencana K3 yang mencakup prosedur keselamatan, tanggung jawab, dan langkah-langkah mitigasi risiko.

Rencana Tanggap Darurat: mengembangkan rencana tanggap darurat untuk menangani insiden seperti kebakaran, kecelakaan, atau bencana alam.

c) Pelatihan dan Pendidikan

Pelatihan K3: memberikan pelatihan keselamatan kepada semua pekerja, termasuk pelatihan spesifik seperti penggunaan alat pelindung diri (APD), keselamatan kerja di ketinggian, dan penanganan bahan berbahaya.

Briefing Harian: mengadakan sesi *briefing* keselamatan harian untuk mengingatkan pekerja tentang prosedur keselamatan dan potensi bahaya yang ada di lapangan.



2) Implementasi di Lapangan

a) Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)

Distribusi APD: memastikan semua pekerja mendapatkan dan menggunakan APD yang sesuai seperti helm, sepatu keselamatan, sabuk pengaman, kacamata pelindung, sarung tangan, dan masker.

Pemantauan Penggunaan: mengawasi dan memastikan kepatuhan pekerja dalam menggunakan APD selama bekerja.

b) Penempatan dan Pemeliharaan Peralatan

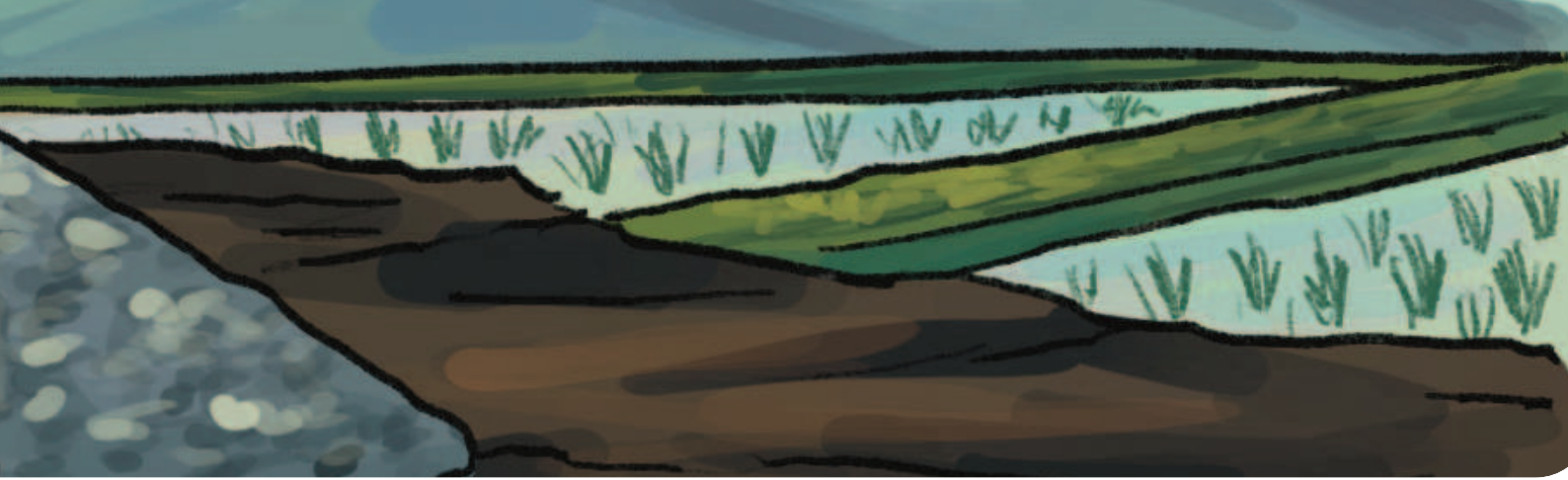
Pemeriksaan Peralatan: melakukan inspeksi rutin terhadap semua alat berat dan peralatan kerja untuk memastikan kondisinya baik dan aman digunakan.

Pemeliharaan berkala: menyediakan jadwal pemeliharaan berkala untuk semua peralatan dan memastikan peralatan yang rusak segera diperbaiki atau diganti.

c) Pengelolaan Lokasi Kerja

Penataan Lokasi: mengatur tata letak lokasi kerja untuk menghindari konflik antara pekerja dan alat berat, serta memastikan jalur evakuasi yang jelas dan bebas hambatan.

Pembatasan Akses: membatasi akses ke area konstruksi hanya untuk personel yang berwenang dan memasang tanda peringatan serta pagar pembatas di sekitar lokasi kerja.



3) Pengawasan dan Inspeksi

a) Inspeksi Rutin

Inspeksi Harian: melakukan inspeksi keselamatan harian untuk memeriksa kepatuhan terhadap prosedur keselamatan dan mengidentifikasi potensi bahaya baru.

Laporan Inspeksi: mendokumentasikan hasil inspeksi dan tindakan perbaikan yang diperlukan.

b) Pemantauan Keselamatan

Pengawas K3: menunjuk petugas K3 atau pengawas keselamatan yang bertanggung jawab untuk memantau pelaksanaan prosedur keselamatan dan memberikan arahan di lapangan.

Pelaporan Insiden: mengembangkan sistem pelaporan insiden yang efektif untuk memastikan semua kecelakaan atau kejadian tidak aman segera dilaporkan dan ditangani.

4) Tindakan Korektif dan Pencegahan

a) Penanganan Insiden

Tanggapan Cepat: menyediakan peralatan pertolongan pertama dan tim tanggap darurat yang siap menangani insiden dengan cepat.

Investigasi Insiden: melakukan investigasi menyeluruh terhadap setiap insiden untuk menentukan penyebab dan langkah-langkah pencegahan agar kejadian serupa tidak terulang.



b) Tindakan Perbaikan

Implementasi Solusi: melaksanakan tindakan perbaikan yang diperlukan berdasarkan hasil investigasi insiden atau temuan inspeksi.

Evaluasi Berkala: mengevaluasi efektivitas tindakan perbaikan dan prosedur keselamatan secara berkala untuk memastikan perbaikan terus-menerus.

5) Penutupan Proyek dan Evaluasi

a) Inspeksi Akhir

Inspeksi Menyeluruh: melakukan inspeksi keselamatan akhir untuk memastikan semua pekerjaan telah diselesaikan sesuai standar keselamatan.

Dokumentasi Penutupan: mendokumentasikan semua tindakan keselamatan yang telah dilakukan dan hasil akhir dari inspeksi keselamatan.

b) Evaluasi Keselamatan Proyek

Review Keselamatan: mengadakan *review* keselamatan pascaproyek untuk menilai keseluruhan pelaksanaan prosedur keselamatan dan mengidentifikasi area perbaikan untuk proyek mendatang.

Pembelajaran dan Pelatihan Ulang: menggunakan hasil evaluasi untuk mengembangkan materi pelatihan ulang dan memperbarui prosedur keselamatan jika diperlukan.

Aktivitas 5.11



Mari Diskusi

Buatlah kelompok sesuai tema diskusi di bawah. Setiap kelompok pada 4 kelompok pertama (maksimal beranggotakan 4 orang) dipersilakan mengidentifikasi, lalu membuat rancangan keamanan Sistem Manajemen Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan (SMK3-L) yang terkait dengan konstruksi jembatan. Kamu juga bisa mencari informasi melalui internet dan sumber lainnya.

Setiap kelompok pada 4 kelompok terakhir (maksimal beranggotakan 4 orang) dipersilakan mengidentifikasi dan membuat rancangan implementasi pelaksanaan pengawasan konstruksi menggunakan metode-metode yang sudah dijelaskan pada materi sebelumnya. Kamu juga bisa mencari informasi melalui internet dan sumber lainnya.

Kelompok	Subklasifikasi
Satu	Struktur Bawah Jembatan Rangka
Dua	Rangka Jembatan Rangka Atas
Tiga	Rangka Jembatan Rangka Bawah
Empat	Pekerjaan Gelagar dan Lantai Jembatan
Lima	Pengujian Material dan Kualitas
Enam	Pemantauan Metode Kerja
Tujuh	Kontrol Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)
Delapan	Pengendalian Jadwal dan Biaya

C. Melaksanakan Pekerjaan Pemeliharaan pada Pekerjaan Konstruksi Jembatan Sederhana

1. Pemeliharaan Struktur dan Komponen Khusus

Pemeliharaan pada konstruksi jembatan merujuk pada serangkaian kegiatan yang dilakukan secara berkala untuk mempertahankan kondisi fisik, fungsionalitas, dan keamanan jembatan. Tujuan utama dari pemeliharaan ini adalah memperpanjang umur ekonomi jembatan, memastikan keamanan pengguna jembatan, serta mengurangi risiko kerusakan atau kegagalan struktural yang dapat mengganggu operasional dan keamanan. Pemeliharaan jembatan diatur oleh berbagai peraturan dan regulasi yang dikeluarkan oleh otoritas terkait, seperti Departemen Pekerjaan Umum atau Badan Pengelola Jalan Tol, yang mengatur standar teknis, prosedur pengawasan, dan metode pemeliharaan yang harus dipatuhi oleh pemilik jembatan dan kontraktor yang bertanggung jawab.

Pemeliharaan jembatan mencakup berbagai kegiatan mulai dari pemeriksaan rutin, perawatan preventif, hingga perbaikan yang lebih mendalam. Pemeriksaan rutin dilakukan secara berkala untuk memeriksa kondisi struktural jembatan, seperti pemeriksaan visual terhadap keretakan atau korosi pada struktur baja dan beton. Perawatan preventif meliputi tindakan pencegahan seperti pengecatan ulang struktur baja untuk melindungi dari korosi atau penutupan sambungan ekspansi untuk mencegah masalah struktural akibat perubahan suhu. Sementara itu, perbaikan mendalam termasuk penggantian komponen struktural yang rusak atau usang, sesuai dengan standar teknis yang telah ditetapkan.

Menurut regulasi yang berlaku, pemeliharaan jembatan harus dilakukan secara teratur sesuai dengan jadwal yang ditentukan, dengan mengikuti prosedur pengawasan yang ketat. Ini termasuk pembuatan laporan pemeliharaan yang rinci dan dokumentasi setiap kegiatan pemeliharaan yang dilakukan. Dokumentasi ini tidak hanya penting untuk memantau kondisi jembatan dari waktu ke waktu, tetapi juga sebagai bukti kepatuhan terhadap regulasi dan standar keselamatan yang berlaku.

Penerapan pemeliharaan jembatan yang efektif tidak hanya memastikan keamanan dan kualitas infrastruktur jembatan, tetapi juga mengurangi biaya jangka panjang yang mungkin dikeluarkan untuk perbaikan atau penggantian struktural besar. Dengan mematuhi peraturan yang ada, pemilik jembatan dan pihak terkait dapat meningkatkan umur ekonomi jembatan, serta meminimalkan gangguan atau risiko keselamatan bagi pengguna jalan dan infrastruktur lainnya. Oleh karena itu, pemeliharaan jembatan bukan hanya sebuah kewajiban, melainkan juga investasi dalam infrastruktur yang berkelanjutan dan aman bagi masyarakat umum.

Aktivitas 5.12



Mari Cari Tahu

Silakan tanyakan kepada Bapak/Ibu Guru atau kerabatmu. Carilah informasi tentang urgensi pemeliharaan rutin pada konstruksi jembatan untuk menjaga keamanan dan umur ekonomi infrastruktur. Apa saja jenis-jenis kegiatan pemeliharaan yang biasa dilakukan pada konstruksi jembatan, dan bagaimana kegiatan tersebut berkontribusi terhadap pemeliharaan keseluruhan? Kamu juga bisa mencari informasi melalui internet dan sumber lainnya.



Mari Diskusi

Amati gambar di bawah ini, diskusikan kedua gambar tersebut. Bagaimana penggunaan teknologi dan inovasi dalam pemeliharaan jembatan dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses? Silakan uraikan jawaban kalian!



Gambar 5.9 Pemeliharaan Jembatan

Sumber: PUPR (2020)



Gambar 5.10 Pemeliharaan Jembatan

Sumber: Jasamarga (2024)



Pekerjaan pemeliharaan pada konstruksi jembatan sederhana mengacu pada serangkaian tindakan dan kegiatan yang dilakukan secara berkala untuk mempertahankan kondisi jembatan agar tetap aman, berfungsi dengan baik, dan memenuhi standar keselamatan. Berikut ini beberapa hal yang termasuk dalam pengertian pekerjaan pemeliharaan pada konstruksi jembatan sederhana.

- 1) **Inspeksi Rutin:** melakukan pemeriksaan secara berkala terhadap kondisi struktural, komponen, dan sistem pendukung jembatan untuk mengidentifikasi potensi masalah atau kerusakan. Inspeksi ini dapat mencakup pemeriksaan visual, pengukuran, dan pengujian struktur.
- 2) **Perawatan Preventif:** melakukan perawatan rutin untuk mencegah terjadinya kerusakan atau keausan lebih lanjut. Ini termasuk perawatan terhadap permukaan jalan, sistem drainase, lapisan pelindung, dan perlengkapan keselamatan seperti pagar pembatas.
- 3) **Perbaikan dan Renovasi:** melakukan perbaikan jika ditemukan kerusakan atau keausan yang memengaruhi keamanan atau kinerja jembatan. Ini bisa mencakup penggantian komponen yang rusak, perbaikan struktural, atau peningkatan desain untuk meningkatkan ketahanan jembatan.
- 4) **Pemeliharaan Lanskap dan Lingkungan:** memastikan lingkungan sekitar jembatan tetap terjaga dengan baik. Ini termasuk pengelolaan vegetasi, pengendalian erosi, dan menjaga kebersihan area sekitar untuk menghindari kerusakan struktural akibat faktor lingkungan.

- 5) **Manajemen Risiko:** mengidentifikasi dan mengelola risiko potensial yang dapat memengaruhi jembatan dan penggunaannya, seperti perubahan cuaca ekstrem, beban lalu lintas yang berat, atau gangguan manusia.
- 6) **Pemantauan dan Evaluasi:** memantau kinerja jembatan secara terus-menerus untuk mengevaluasi efektivitas tindakan pemeliharaan yang telah dilakukan. Evaluasi ini penting untuk menentukan apakah strategi pemeliharaan perlu ditingkatkan atau disesuaikan.

Tujuan utama dari pekerjaan pemeliharaan pada konstruksi jembatan sederhana adalah memperpanjang umur pakai jembatan, mengurangi biaya perawatan jangka panjang, dan menjaga keamanan pengguna jalan. Dengan melakukan pemeliharaan secara teratur dan tepat waktu, diharapkan jembatan dapat tetap berfungsi optimal dan memberikan manfaat maksimal bagi masyarakat yang menggunakannya.

a. Pemeliharaan preventif dan perbaikan kerusakan minor

Pekerjaan pemeliharaan pada konstruksi jembatan sederhana adalah serangkaian tindakan yang dilakukan untuk memastikan jembatan tetap dalam kondisi yang baik dan dapat berfungsi sesuai dengan tujuan awalnya. Pemeliharaan ini mencakup berbagai aktivitas mulai dari inspeksi rutin hingga perbaikan dan penggantian bagian-bagian yang rusak atau aus.

Dalam konteks ini, pemeliharaan preventif dan perbaikan kerusakan minor memainkan peran yang sangat penting. Pemeliharaan preventif melibatkan tindakan proaktif yang bertujuan mencegah kerusakan besar di masa depan dengan mengidentifikasi dan mengatasi masalah kecil sebelum menjadi serius. Sementara itu, perbaikan kerusakan minor meliputi tindakan-tindakan yang diambil untuk memperbaiki kerusakan kecil yang ditemukan selama inspeksi rutin. Kedua jenis pemeliharaan ini, dengan prosedur masing-masing, bekerja bersama-sama untuk memastikan jembatan tetap aman dan layak pakai.



Pemeliharaan preventif pada konstruksi jembatan sederhana adalah serangkaian tindakan proaktif yang bertujuan menjaga kondisi jembatan agar tetap optimal dan mencegah terjadinya kerusakan yang lebih serius di masa depan. Pemeliharaan ini melibatkan inspeksi rutin, pembersihan, pelumasan bagian yang bergerak, dan penerapan perlindungan terhadap korosi. Misalnya, inspeksi rutin dilakukan untuk memeriksa kondisi struktur, termasuk sambungan dan penopang, guna memastikan tidak ada tanda-tanda kerusakan atau keausan. Selain itu, pemeliharaan preventif juga mencakup pengecatan ulang untuk melindungi permukaan dari korosi, terutama pada jembatan yang terbuat dari baja.

Perbaikan kerusakan minor adalah tindakan yang diambil untuk memperbaiki kerusakan kecil yang ditemukan selama inspeksi atau penggunaan sehari-hari. Kerusakan minor bisa berupa retakan kecil pada permukaan beton, baut yang longgar, atau komponen yang aus. Prosedur perbaikan kerusakan minor biasanya melibatkan pembersihan area yang rusak, aplikasi material perbaikan seperti epoksi untuk retakan, dan pengencangan atau penggantian baut yang longgar. Tujuannya adalah mengatasi masalah kecil tersebut sebelum berkembang menjadi masalah yang lebih besar dan lebih mahal untuk diperbaiki.

Dalam melakukan pemeliharaan preventif dan perbaikan kerusakan minor, terdapat peraturan dan standar yang harus dipatuhi untuk memastikan keselamatan dan keandalan jembatan. Di Indonesia, Undang-Undang No. 2 Tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi serta Standar Nasional Indonesia (SNI) memberikan kerangka kerja yang harus diikuti. Misalnya, SNI 1725:2016 tentang Jembatan Jalan Raya memberikan pedoman teknis yang harus diikuti dalam pemeliharaan jembatan, termasuk frekuensi inspeksi dan metode perbaikan. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 10/PRT/M/2010 tentang Pedoman Pelaksanaan Inspeksi dan Pemeliharaan Jembatan mengatur pemeliharaan harus dilakukan oleh tenaga ahli yang berkompeten dan memiliki sertifikasi yang relevan. Pengawasan ketat dan dokumentasi yang lengkap dari setiap aktivitas pemeliharaan juga diwajibkan untuk memastikan semua tindakan yang diambil sesuai dengan standar yang berlaku dan dapat ditelusuri jika diperlukan.

Aktivitas 5.13



Mari Cari Tahu

Silakan tanyakan kepada Bapak/Ibu Guru atau kerabatmu. Carilah informasi tentang urgensi pemeliharaan preventif pada konstruksi jembatan untuk mempertahankan kondisi optimal jembatan. Bagaimana identifikasi dini dan perbaikan kerusakan minor pada jembatan dapat menghindari kegagalan struktural yang lebih serius di masa depan? Kamu juga bisa mencari informasi melalui internet dan sumber lainnya.

1) Pemeliharaan preventif pada konstruksi jembatan

Pemeliharaan preventif adalah serangkaian tindakan yang dilakukan secara berkala dan terencana untuk mencegah terjadinya kerusakan atau kegagalan pada suatu struktur atau sistem, dalam hal ini adalah jembatan. Tujuan utamanya adalah mempertahankan kondisi optimal dari jembatan dan mencegah kerusakan yang lebih serius di masa depan. Berikut ini prosedur pemeliharaan preventif.

a) Perencanaan Jadwal Pemeliharaan:

- Identifikasi komponen-komponen kritis jembatan yang memerlukan pemeliharaan preventif, seperti struktur utama, sistem drainase, lapisan pelindung, dan perlengkapan keselamatan.
- Tentukan frekuensi dan jadwal pemeliharaan berdasarkan kondisi jembatan, faktor lingkungan, dan tingkat penggunaan.

b) Inspeksi Berkala:

- Lakukan inspeksi rutin dan berkala terhadap seluruh bagian jembatan untuk mengevaluasi kondisi fisiknya.
- Gunakan daftar periksa (*checklist*) atau panduan inspeksi untuk memastikan semua komponen penting telah diperiksa.

c) Perawatan Rutin:

- Lakukan perawatan rutin seperti membersihkan permukaan jalan dari kotoran dan debu, memeriksa serta membersihkan sistem drainase untuk mencegah genangan air, dan memastikan fungsi perlengkapan keselamatan seperti pagar pembatas.

d) Pelumasan dan Penggantian Oli:

- Jika diperlukan, lakukan pelumasan pada bagian-bagian yang bergerak, seperti engsel dan sambungan, untuk mencegah gesekan yang berlebihan.
- Ganti oli pada sistem-sistem tertentu seperti mekanisme hidrolis atau *gearbox* sesuai dengan rekomendasi produsen.

e) Monitoring Kinerja:

- Pantau kinerja jembatan secara terus-menerus dengan membandingkan data hasil inspeksi dari waktu ke waktu.
- Buat catatan mengenai tindakan pemeliharaan yang telah dilakukan serta efektivitasnya dalam mempertahankan kondisi jembatan.

2) Perbaiki kerusakan minor

Perbaiki kerusakan minor adalah tindakan perbaikan yang dilakukan untuk mengatasi kerusakan kecil atau masalah operasional yang dapat memengaruhi fungsi atau keselamatan jembatan. Kerusakan minor umumnya tidak memerlukan perbaikan yang rumit atau penggantian komponen besar. Prosedur perbaikan kerusakan minor sebagai berikut.

a) Identifikasi Kerusakan:

- Lakukan inspeksi terhadap jembatan secara teratur untuk mengidentifikasi kerusakan minor, seperti retak kecil, cat yang mengelupas, atau pelat besi yang longgar.

b) Evaluasi dan Prioritasi:

- Evaluasi tingkat urgensi dan pentingnya perbaikan. Tentukan apakah perbaikan dapat ditangani segera atau dapat ditunda hingga jadwal pemeliharaan berikutnya.

- c) Persiapan dan Perencanaan:
- Siapkan peralatan dan material yang diperlukan untuk perbaikan.
 - Buat rencana perbaikan yang mencakup langkah-langkah spesifik dan tata cara pelaksanaannya.
- d) Pelaksanaan Perbaikan:
- Lakukan perbaikan sesuai dengan rencana yang telah disusun.
 - Pastikan pekerja menggunakan APD yang sesuai dan mengikuti prosedur keselamatan kerja yang ditetapkan.
- e) Pengujian dan Verifikasi:
- Setelah perbaikan selesai dilakukan, lakukan pengujian untuk memastikan jembatan berfungsi dengan baik dan kerusakan telah diperbaiki secara efektif.
- f) Dokumentasi:
- Catat semua detail perbaikan yang telah dilakukan, termasuk tanggal, jenis kerusakan, tindakan perbaikan, dan hasil pengujian.
 - Dokumentasi ini penting untuk pemantauan kinerja jembatan serta referensi di masa depan.



b. Pemeliharaan sambungan ekspansi pada konstruksi jembatan

Pemeliharaan sambungan ekspansi pada konstruksi jembatan merujuk pada serangkaian kegiatan untuk memastikan sambungan tetap berfungsi dengan baik dan efektif dalam mengakomodasi perubahan suhu serta gerakan struktural jembatan. Sambungan ekspansi pada jembatan sangat penting karena mereka memungkinkan bagi struktur untuk meregang atau berkontraksi sebagai respons terhadap perubahan suhu yang ekstrem, yang dapat menyebabkan tekanan yang signifikan jika tidak dikelola dengan baik. Hal ini krusial untuk mencegah retak atau kerusakan struktural yang dapat terjadi akibat pemuaian atau penyusutan material struktural jembatan.

Aktivitas 5.14

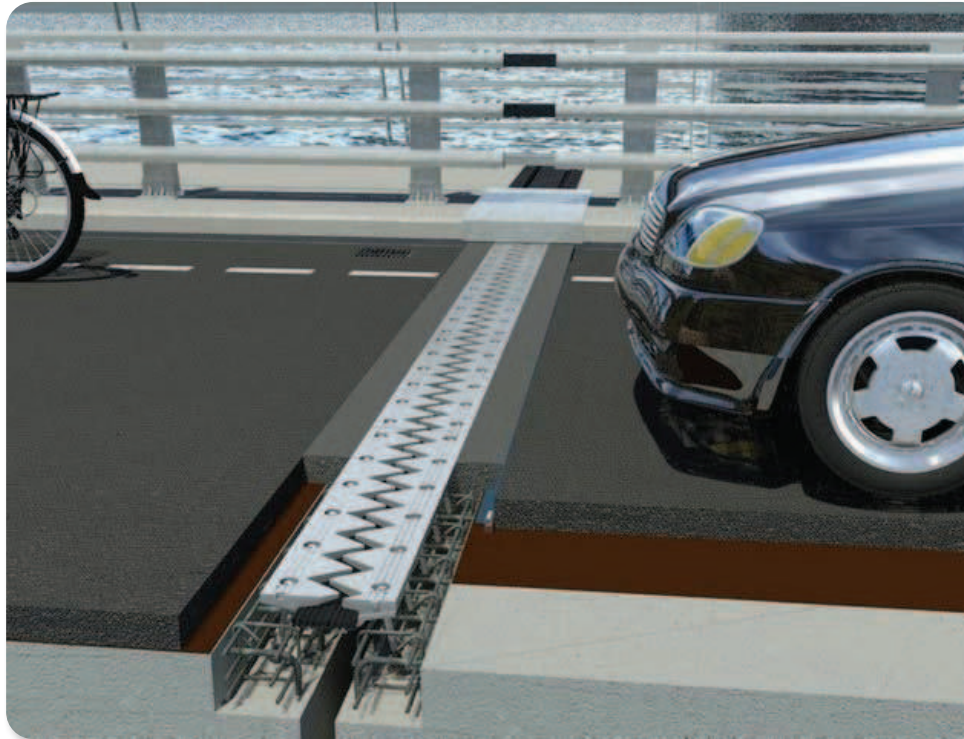


Mari Cari Tahu

Silakan tanyakan kepada Bapak/Ibu Guru atau kerabatmu. Carilah informasi tentang urgensi pemeliharaan sambungan ekspansi pada konstruksi jembatan. Bagaimana proses identifikasi dan diagnosis masalah pada sambungan ekspansi dilakukan? Kamu juga bisa mencari informasi melalui internet dan sumber lainnya.

Sambungan ekspansi pada jembatan adalah bagian dari struktur yang dirancang untuk mengakomodasi perubahan panjang akibat suhu yang berubah-ubah. Fungsi utama dari sambungan ekspansi adalah mencegah terjadinya tegangan yang tidak diinginkan yang bisa merusak struktur jembatan. Sambungan ini dapat berbentuk sambungan bergerak, sambungan geser, atau sambungan elastis, bergantung pada desain dan karakteristik jembatan.

Peraturan dan regulasi yang mengatur pemeliharaan sambungan ekspansi jembatan sering kali mengacu pada standar teknis yang ketat, seperti yang ditetapkan oleh badan regulasi konstruksi atau otoritas jembatan setempat. Misalnya, dalam praktiknya, pemeliharaan sambungan ekspansi melibatkan pemeriksaan rutin untuk memastikan sambungan tidak terkunci atau terkikis oleh debu, kotoran, atau korosi. Pemeliharaan ini juga dapat mencakup pelumasan secara berkala menggunakan pelumas yang sesuai, serta penggantian segel atau komponen elastomerik yang aus.



Gambar 5.11 Sambungan Ekspansi pada Jembatan

Sumber: Clare (2016)

Pemeliharaan sambungan ekspansi seringkali didasarkan pada analisis teknis dan perhitungan yang teliti untuk memastikan sambungan tersebut dapat beroperasi dalam batas yang aman dan efisien. Dokumentasi dan pelaporan yang tepat juga merupakan bagian penting dari pemeliharaan ini karena membantu dalam pemantauan kondisi sambungan dari waktu ke waktu serta memastikan semua tindakan yang diperlukan telah dilakukan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Secara keseluruhan, pemeliharaan sambungan ekspansi pada konstruksi jembatan tidak hanya penting untuk menjaga keamanan dan kinerja struktural jembatan, tetapi juga untuk memenuhi standar teknis dan keselamatan yang diberlakukan oleh otoritas terkait. Dengan mematuhi peraturan dan mengimplementasikan praktik terbaik dalam pemeliharaan sambungan ekspansi, dapat dipastikan jembatan tetap dapat berfungsi dengan optimal dan aman bagi penggunaannya dalam jangka panjang. Pemeliharaan sambungan ekspansi dilakukan untuk memastikan sambungan tersebut tetap berfungsi dengan baik, bebas dari korosi, tidak mengalami keausan yang signifikan, dan dapat bergerak sesuai dengan kebutuhan tanpa hambatan. Prosedur pemeliharaan sambungan ekspansi sebagai berikut.

1) Inspeksi Rutin:

- Lakukan inspeksi rutin terhadap sambungan ekspansi untuk memeriksa kondisi fisiknya. Inspeksi ini dapat dilakukan secara visual atau dengan menggunakan alat bantu seperti kamera atau peralatan pengukur.

2) Pembersihan dan Perawatan:

- Bersihkan sambungan ekspansi dari kotoran, debu, atau material lain yang dapat mengganggu pergerakan atau korosi.
- Gunakan alat atau bahan pembersih yang sesuai untuk membersihkan permukaan sambungan.

3) Pelumasan:

- Aplikasikan pelumas atau *grease* pada bagian-bagian yang bergerak dari sambungan ekspansi untuk memfasilitasi pergerakan yang lancar.
- Pastikan untuk menggunakan pelumas yang sesuai dengan material sambungan dan lingkungan kerja.

4) Penggantian *Sealant* atau Bantalan:

- Jika sambungan ekspansi menggunakan *sealant* atau bantalan elastomer, periksa kondisinya secara berkala.
- Ganti *sealant* atau bantalan yang sudah aus atau rusak untuk memastikan keefektifannya dalam menahan air dan mencegah korosi.

5) Pengujian Fungsional:

- Setelah pemeliharaan selesai dilakukan, lakukan pengujian fungsional untuk memastikan sambungan ekspansi masih dapat bergerak dengan baik sesuai dengan desainnya.
- Uji kemampuan sambungan ekspansi untuk menyerap perubahan dimensi akibat suhu atau beban.

6) Dokumentasi:

- Catat semua kegiatan pemeliharaan yang telah dilakukan, termasuk hasil inspeksi, perawatan yang dilakukan, penggantian material, dan hasil pengujian fungsional.
- Dokumentasi ini penting untuk referensi di masa depan dan untuk memantau kondisi sambungan ekspansi dari waktu ke waktu.

Pemeliharaan sambungan ekspansi pada konstruksi jembatan merupakan langkah krusial untuk menjaga integritas struktural dan kinerja jembatan dalam jangka panjang. Dengan menerapkan prosedur pemeliharaan yang tepat, diharapkan sambungan ekspansi dapat terus berfungsi optimal dan mengurangi risiko kerusakan yang dapat memengaruhi keselamatan dan keandalan jembatan.

2. Prosedur Keamanan dan Keselamatan Saat Pemeliharaan pada Pekerjaan Konstruksi Jembatan

Prosedur keselamatan saat melakukan pemeliharaan pekerjaan konstruksi jembatan sangat penting untuk memastikan para pekerja dapat bekerja dengan aman dan mengurangi risiko kecelakaan. Prosedur keselamatan dalam pemeliharaan pekerjaan konstruksi jembatan adalah langkah-langkah yang diterapkan untuk memastikan semua kegiatan pemeliharaan dilakukan dengan cara yang aman, mengurangi risiko kecelakaan, dan melindungi kesehatan serta keselamatan pekerja. Prosedur ini melibatkan berbagai aspek, mulai dari persiapan hingga pelaksanaan dan evaluasi setelah pekerjaan selesai.

Aktivitas 5.15



Mari Cari Tahu

Bagaimana upaya umum untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja dalam pelaksanaan pemeliharaan jembatan sederhana? Seperti upaya untuk meminimalkan risiko, dengan memastikan pekerjaan dilakukan di bawah pengawasan yang ketat dan tidak melakukan pekerjaan tersebut dalam cuaca buruk. Kamu juga bisa mencari informasi melalui internet dan sumber lainnya.

Sebelum memulai pemeliharaan, langkah pertama adalah melakukan penilaian risiko untuk mengidentifikasi potensi bahaya di lokasi kerja. Penilaian ini mencakup evaluasi kondisi struktural jembatan, lingkungan sekitar, serta peralatan dan bahan yang akan digunakan. Berdasarkan penilaian ini, rencana keselamatan kerja disusun, mencakup prosedur darurat, alur evakuasi, dan tanggung jawab masing-masing anggota tim.

Pekerja harus mendapatkan pelatihan keselamatan yang memadai, mencakup penggunaan peralatan, prosedur darurat, dan teknik kerja aman. Alat Pelindung Diri (APD) seperti helm, sepatu pelindung, sarung tangan, kacamata keselamatan, dan *harness* (untuk bekerja di ketinggian) wajib digunakan selama bekerja. Pengawas harus memastikan APD dalam kondisi baik dan digunakan dengan benar oleh semua pekerja. Selama proses pemeliharaan, langkah-langkah keselamatan harus diterapkan secara ketat. Area kerja harus ditandai dan dibatasi dengan jelas untuk mencegah akses yang tidak sah. Alat dan peralatan kerja harus diperiksa secara rutin untuk memastikan tidak ada kerusakan yang dapat menimbulkan bahaya. Pekerja harus selalu mematuhi prosedur kerja yang telah ditetapkan dan menghindari tindakan yang dapat menimbulkan risiko kecelakaan.

Pengawas lapangan bertanggung jawab untuk memantau kepatuhan terhadap prosedur keselamatan. Inspeksi rutin dilakukan untuk memastikan semua pekerja mematuhi aturan keselamatan dan lingkungan kerja bebas dari potensi bahaya. Setiap insiden atau kondisi tidak aman harus segera dilaporkan dan ditangani sesuai dengan prosedur darurat. Dokumentasi yang lengkap dari semua kegiatan pemeliharaan dan insiden keselamatan sangat penting untuk evaluasi dan perbaikan berkelanjutan. Pekerjaan pemeliharaan konstruksi jembatan melibatkan berbagai risiko kecelakaan yang perlu diperhatikan dan dikelola dengan baik untuk menjaga keselamatan para pekerja. Berikut ini beberapa risiko kecelakaan yang umum terkait dengan pekerjaan pemeliharaan konstruksi jembatan.

1) Ketinggian

Pekerjaan di ketinggian merupakan risiko utama dalam pemeliharaan jembatan, terutama saat melakukan pekerjaan di atas struktur jembatan seperti penggantian komponen di atas kolom atau perbaikan di bagian atas jembatan.

Pencegahan: Penggunaan sistem pengaman pribadi seperti *harness*, tali pengaman, dan platform kerja yang aman. Pemberian pelatihan dan sertifikasi kepada pekerja untuk pekerjaan di ketinggian juga sangat penting.

2) Kecelakaan Lalu lintas

Jembatan sering kali berada di atas atau di sekitar jalan raya sehingga risiko kecelakaan lalu lintas seperti tabrakan kendaraan dapat membahayakan pekerja yang sedang melakukan pemeliharaan.

Pencegahan: pengaturan lalu lintas yang tepat dengan penggunaan rambu lalu lintas, peralatan pengarah lalu lintas, dan penyediaan zona kerja yang aman.

3) Kecelakaan Akibat Alat dan Peralatan

Pemeliharaan jembatan melibatkan penggunaan berbagai alat dan peralatan berat, seperti derek, mesin bor, atau alat las yang bisa menyebabkan kecelakaan jika tidak digunakan dengan benar.

Pencegahan: pelatihan yang memadai untuk pengoperasian alat dan peralatan, perawatan rutin alat dan peralatan untuk memastikan keandalannya, serta penggunaan alat pelindung diri (APD) yang sesuai.

4) Kecelakaan karena Struktur Jembatan yang Lemah

Pemeliharaan jembatan dapat melibatkan perbaikan atau penggantian struktur yang sudah lemah atau rusak, seperti beton yang retak atau baja yang mengalami korosi.

Pencegahan: inspeksi rutin untuk mendeteksi potensi bahaya sebelum melakukan pekerjaan pemeliharaan, serta menggunakan teknik dan material yang sesuai dengan standar untuk memperbaiki atau mengganti struktur yang rusak.

5) Kecelakaan karena Kondisi Lingkungan

Faktor lingkungan seperti cuaca buruk (misalnya hujan atau angin kencang), kondisi tanah yang tidak stabil, atau gangguan dari hewan liar dapat menyebabkan kecelakaan selama pekerjaan pemeliharaan jembatan.

Pencegahan: monitoring kondisi cuaca, pengelolaan tanah di sekitar area kerja, dan penggunaan peralatan pengaman tambahan jika diperlukan.

6) Kecelakaan karena Kekurangan Pelatihan dan Pengawasan

Ketidakmampuan pekerja dalam mengenali bahaya atau tidak adanya pengawasan yang memadai dapat menyebabkan kecelakaan serius selama pekerjaan pemeliharaan jembatan.

Pencegahan: penyediaan pelatihan yang komprehensif untuk pekerja, pengawasan yang terus-menerus dari ahli keselamatan kerja, serta promosi budaya keselamatan di tempat kerja.

7) Kecelakaan Akibat Bahan Kimia dan Material Berbahaya

Pekerjaan pemeliharaan jembatan juga dapat melibatkan penggunaan bahan kimia atau material berbahaya yang dapat menyebabkan bahaya bagi kesehatan pekerja jika tidak ditangani dengan benar.

Pencegahan: penyediaan informasi keselamatan yang jelas mengenai bahan kimia dan material berbahaya, penggunaan APD yang sesuai, dan penggunaan prosedur kerja yang aman.

Aktivitas 5.16



Mari Diskusi

Buatlah kelompok sesuai tema diskusi di bawah. Setiap kelompok pada 4 kelompok pertama (maksimal beranggotakan 4 orang). Kamu juga bisa mencari informasi melalui internet dan sumber lainnya.

Kelompok	Tema	Tugas
Satu	Pentingnya Pemeliharaan Preventif dalam Memperpanjang Umur Eksploitasi Jembatan	<ul style="list-style-type: none">Diskusikan strategi pemeliharaan preventif yang efektif untuk mempertahankan kondisi jembatan.Bandungkan manfaat pemeliharaan preventif dengan biaya jangka panjang terhadap pemeliharaan reaktif.

Kelompok	Tema	Tugas
Dua	Penerapan Teknologi Canggih dalam Pemeliharaan Jembatan	<ul style="list-style-type: none"> • Bahas teknologi terbaru yang digunakan dalam pemantauan dan pemeliharaan jembatan. • Evaluasi keuntungan penggunaan sensor, IoT, dan analitik data dalam deteksi dini masalah pada jembatan.
Tiga	Prosedur Keselamatan dan Pengawasan dalam Pekerjaan Pemeliharaan Jembatan	<ul style="list-style-type: none"> • Fokus pada pentingnya prosedur keselamatan yang ketat dan pengawasan dalam pekerjaan pemeliharaan jembatan. • Bagikan pengalaman atau studi kasus terkait kecelakaan kerja yang dapat dicegah dengan penerapan prosedur keselamatan yang tepat.
Empat	Pemeliharaan Sambungan Ekspansi dalam Konstruksi Jembatan	<ul style="list-style-type: none"> • Diskusikan tantangan dalam pemeliharaan sambungan ekspansi jembatan dan teknik yang efektif untuk mengatasi masalah yang mungkin timbul. • Tinjau kembali studi kasus di mana masalah pada sambungan ekspansi memengaruhi kinerja jembatan secara keseluruhan.
Lima	Pemeliharaan Struktural dan Penanganan Kerusakan Minor	<ul style="list-style-type: none"> • Jelaskan perbedaan antara pemeliharaan struktural dan perbaikan kerusakan minor pada jembatan. • Diskusikan prosedur pemeliharaan untuk memastikan integritas struktural jembatan tetap terjaga.

Kelompok	Tema	Tugas
Enam	Manajemen Risiko dalam Pemeliharaan Jembatan	<ul style="list-style-type: none"> • Identifikasi risiko utama yang terkait dengan pekerjaan pemeliharaan jembatan. • Diskusikan strategi mitigasi risiko dan tindakan pencegahan yang diperlukan untuk mengelola risiko secara efektif.
Tujuh	Kesiapan Respons Terhadap Bencana dan Pemeliharaan Jembatan	<ul style="list-style-type: none"> • Bahas peran pemeliharaan jembatan dalam kesiapan respons terhadap bencana alam atau kejadian darurat lainnya. • Evaluasi langkah-langkah persiapan dan pemulihan yang diambil untuk mempercepat pemulihan jembatan pascabencana.
Delapan	Kualitas Material dan Keberlanjutan dalam Pemeliharaan Jembatan	<ul style="list-style-type: none"> • Tinjau kembali penggunaan material berkualitas tinggi dalam pemeliharaan jembatan dan dampaknya terhadap keberlanjutan lingkungan. • Diskusikan tantangan dan solusi dalam memastikan keberlanjutan ekologis dalam pemeliharaan jembatan.

Uji Kompetensi

Buatlah kelompok dan kerjakan tugas di bawah ini sesuai dengan instruksi yang diberikan!

1. Peserta didik dengan nomor presensi 1 sampai dengan 10:

- a. Buatlah contoh perencanaan desain/gambar konstruksi jembatan sederhana menggunakan aplikasi komputer yang disampaikan pada bab ini.
- b. Desain jembatan sederhana dapat mengacu pada konstruksi jembatan yang ada di daerah kalian tinggal atau sumber lain.
- c. Uraikan tahapannya, lalu paparkan gagasan kalian bersama Ibu/Bapak Guru.

2. Peserta didik dengan nomor presensi 11 sampai dengan 20:

- a. Buatlah contoh pelaksanaan pengawasan pada pekerjaan konstruksi jembatan sederhana sesuai dengan tahapan-tahapan dan penerapan SMK3-L.
- b. Contoh pelaksanaan pengawasan dapat mengacu pada konstruksi jembatan sederhana di area kalian tinggal atau sumber lain.
- c. Uraikan tahapannya, lalu paparkan gagasan kalian bersama Ibu/Bapak Guru.

3. Peserta didik dengan nomor presensi 21 sampai seterusnya:

- a. Buatlah contoh pelaksanaan pemeliharaan pada pekerjaan konstruksi jembatan sederhana.
- b. Contoh pelaksanaan pemeliharaan dapat mengacu pada konstruksi jembatan yang ada di daerah kalian tinggal atau sumber lain.
- c. Uraikan tahapannya, lalu paparkan gagasan kalian bersama Ibu/Bapak Guru.

Pengayaan

Untuk menambah wawasan kalian tentang materi pelaksanaan, pengawasan, dan pemeliharaan konstruksi jembatan, simak informasi pelengkap mengenai bagian-bagian jembatan yang dapat dilihat pada pranala berikut.

Bagian-bagian Jembatan

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Video21>



Refleksi

Kalian sudah mempelajari materi pelaksanaan, pengawasan, dan pemeliharaan konstruksi jembatan. Selain itu, kalian sudah memahami penggunaan perangkat lunak untuk mendesain atau merencanakan gambar konstruksi jembatan sederhana. Dari materi yang sudah dijelaskan, hal apa yang masih dirasa paling sulit untuk dikuasai/dipahami? Diskusikan kesulitan tersebut dengan teman maupun guru kalian.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI

REPUBLIK INDONESIA, 2024

Konstruksi Jalan, Irigasi, dan Jembatan

untuk SMK/MAK Kelas XI

Penulis: Arum Fajar V dan Galeh Nur Indriatno P.

ISBN: 978-634-00-0196-9

Bab VI

Estimasi Biaya Pekerjaan Konstruksi Jalan, Irigasi, dan Jembatan

Menurut kalian, bagaimana menghitung biaya dari sebuah pekerjaan konstruksi jalan, irigasi, dan jembatan?



Pada materi di kelas X yang lalu kalian telah belajar tentang materi dasar konstruksi bangunan, yang mempelajari spesifikasi dan karakteristik macam-macam bahan bangunan dan berbagai jenis pekerjaan konstruksi. Pada bab kali ini kalian akan lebih memperdalam materi tentang perhitungan estimasi biaya konstruksi yang diaplikasikan langsung pada pekerjaan jalan, irigasi, dan jembatan. Perhitungan estimasi biaya konstruksi jalan, irigasi, dan jembatan melibatkan berbagai tahapan yang memerlukan perhatian terhadap detail dan ketelitian.

Secara menyeluruh pada bab ini, akan membahas spesifikasi dan karakteristik berbagai jenis bahan dan tenaga, jenis pekerjaan, perhitungan volume pekerjaan, perhitungan HSP (Harga Satuan Pekerjaan), penyusunan TS (*Time Schedule*), dan kurva S pada pekerjaan konstruksi jalan, irigasi, dan jembatan.

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu menerapkan pekerjaan estimasi biaya, penyusunan volume dan harga satuan pekerjaan bangunan, menyusun estimasi biaya, penerapan *network planning*, *time schedule*, dan kurva S pada pekerjaan konstruksi jalan, irigasi, dan jembatan.

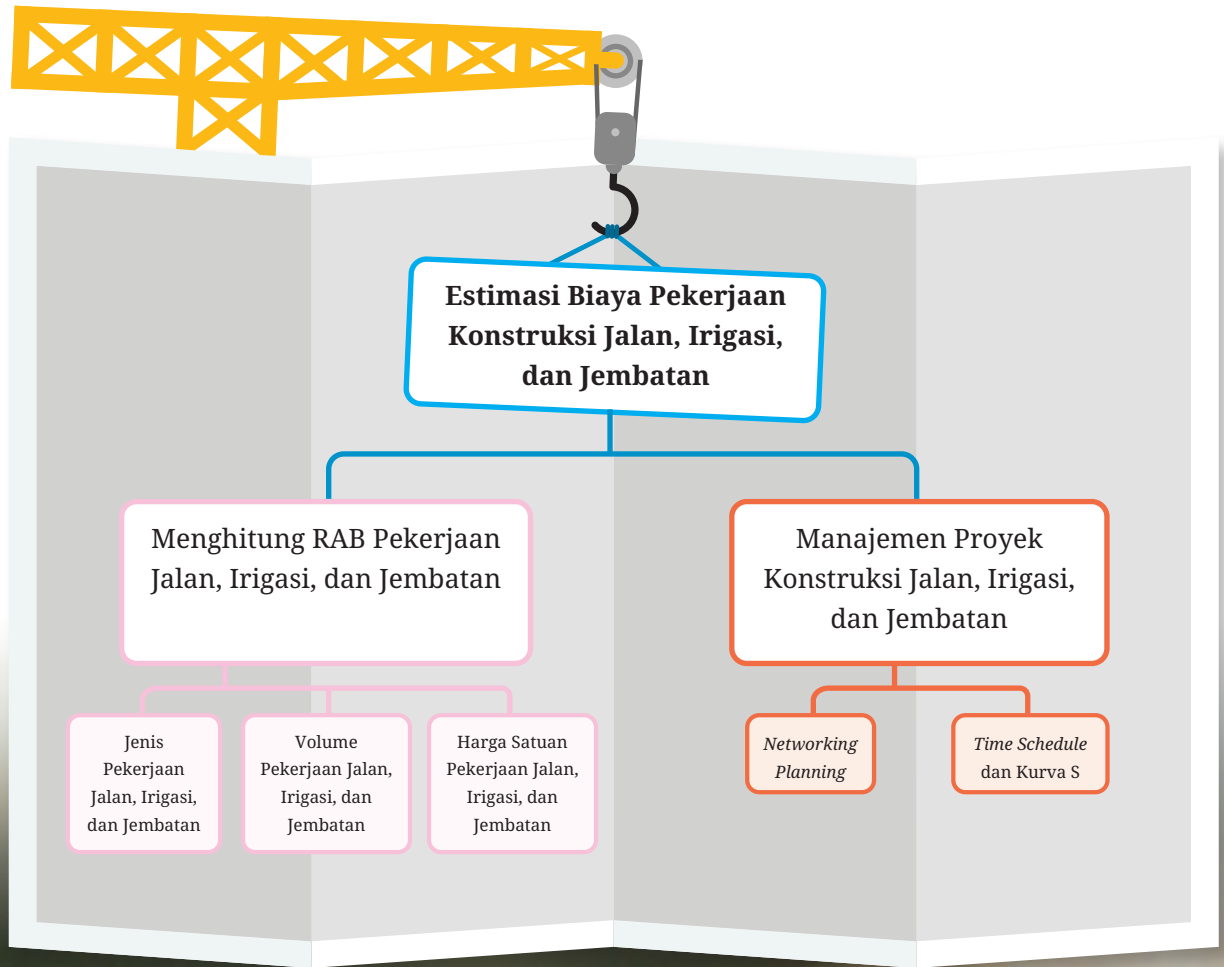
Kata Kunci

- volume
- estimasi
- biaya
- *network planning*
- *time schedule*

Sumber: Unsplash.com/ Jakob Žerdzicki



Peta Konsep



Apersepsi

Seorang profesional yang bertugas menghitung dan mengestimasi biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek konstruksi biasa disebut dengan Estimator. Peran utama seorang estimator meliputi pengumpulan data, analisis informasi, dan penyusunan perhitungan detail yang akan menjadi dasar anggaran proyek. Dalam menjalankan tugasnya, estimator bekerja sama dengan arsitek, insinyur, kontraktor, dan pihak terkait lainnya untuk memastikan perkiraan/estimasi biaya yang dibuat akurat dan realistis.

Seorang estimator harus memiliki pemahaman mendalam tentang berbagai aspek proyek konstruksi, termasuk bahan bangunan, tenaga kerja, peralatan, dan metode konstruksi. Mereka harus mampu membaca dan memahami gambar teknis serta spesifikasi proyek, dan menggunakan perangkat lunak estimasi untuk membantu perhitungan. Selain itu, estimator juga perlu mempertimbangkan faktor eksternal seperti kondisi pasar, lokasi proyek, dan potensi risiko yang dapat memengaruhi biaya.

Kemampuan analitis, ketelitian, serta pemahaman mendalam tentang proses konstruksi dan faktor ekonomi merupakan kunci sukses seorang estimator pekerjaan konstruksi. Estimasi biaya yang akurat memungkinkan proyek direncanakan dan dilaksanakan lebih efisien, mengurangi risiko biaya berlebih, dan menjamin keberhasilan proyek secara keseluruhan. Apakah kamu tertarik menjadi estimator profesional seperti itu? Bagaimanakah langkah yang kamu lakukan untuk mewujudkannya?



Gambar 6.1 Estimator Konstruksi

Sumber: Freepik



Gambar 6.2 Estimator Konstruksi

Sumber: Freepik

Aktivitas 6.1



Mari Berpikir Kreatif

Menurut kalian, bagaimanakah beban pekerjaan sebagai estimator itu? Sebagai estimator, apa kemampuan yang paling mendasar harus dimiliki? Bagaimana cara kalian membekali diri sebelum menjadi estimator?

A. Menghitung Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Jalan, Irigasi, dan Jembatan

Menghitung anggaran biaya konstruksi merupakan bagian penting dalam perencanaan proyek untuk memastikan semua pengeluaran terkait pembangunan diperkirakan dengan akurat. Proses ini melibatkan beberapa tahapan kunci yang bertujuan memberikan gambaran menyeluruh tentang total biaya yang diperlukan sehingga proyek dapat dijalankan sesuai dengan anggaran yang ditetapkan.

Langkah-langkah dalam menghitung anggaran biaya konstruksi meliputi identifikasi kebutuhan proyek, penyusunan daftar pekerjaan (*Bill of Quantities*), perkiraan harga satuan, perhitungan biaya pekerjaan, penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB), penambahan biaya tambahan, dan perhitungan total anggaran biaya.

Menghitung estimasi biaya untuk proyek konstruksi jalan, irigasi, dan jembatan memerlukan pengetahuan yang mendalam mengenai berbagai aspek teknis dan ekonomi. Berikut ini ringkasan materi yang mencakup perhitungan estimasi biaya untuk setiap jenis proyek konstruksi tersebut.

1. Jenis-jenis Pekerjaan pada Konstruksi Jalan, Irigasi, dan Jembatan

Perlu kamu ketahui, pekerjaan pada konstruksi jalan, irigasi dan jembatan memiliki spesifikasi masing-masing. Simak materi berikut yang menjelaskan spesifikasi jenis pekerjaan jalan, irigasi, dan jembatan.

a. Jenis-jenis Pekerjaan jalan

Pekerjaan jalan melibatkan beragam aktivitas yang bertujuan membangun, memperbaiki, atau merawat jalan sehingga dapat digunakan dengan aman dan efisien oleh para pengguna. Proyek konstruksi jalan untuk proses pekerjaan dimulai dengan tahapan awal seperti studi kelayakan, desain, pembersihan lahan, dan pengukuran.

1) Pekerjaan Persiapan

Pembersihan area dari vegetasi dan hambatan persiapan proyek jalan mencakup penghilangan semua jenis tumbuhan, semak, dan objek yang dapat mengganggu proses konstruksi.



Gambar 6.3 Pekerjaan Pembersihan Area

Sumber: Dokumentasi Kementerian PUPR



Gambar 6.4 Pekerjaan Persiapan Jalan

Sumber: Kabiro Aceh

2) Pekerjaan Tanah

Penggalian untuk mencapai elevasi yang diinginkan adalah langkah dalam persiapan pekerjaan jalan. Proses setelah pengukuran dan penentuan batas jalan selesai dengan akurat.



Gambar 6.5 Pekerjaan Penggalian Tanah (Ruas jalan Nanga Erak-Nangan Raun) Kec. Putussibau Selatan

Sumber: Dinas PUPR (2022)

3) Konstruksi Lapisan Fondasi

Proses ini diawali dengan batu kali disebar secara merata di atas permukaan tanah yang telah dipadatkan.



Gambar 6.6 Pekerjaan Konstruksi Lapisan Fondasi (Ruas jalan Nanga Erak-Nangan Raun) Kec. Putussibau Selatan

Sumber: Dinas PUPR (2022)

4) Konstruksi Lapisan Permukaan

Pengaplikasian lapisan aspal atau lapisan beton sebagai permukaan jalan merupakan tahap akhir pembangunan jalan.



Gambar 6.7 Pekerjaan Konstruksi Lapisan Permukaan (Jalan Beton)

Sumber: Irawan (2023)



Gambar 6.8 Pekerjaan Konstruksi Lapisan Permukaan (Jalan Aspal)

Sumber: Admin DPU (2022)

5) Pekerjaan Drainase dan Infrastruktur Tambahan

Pemasangan saluran drainase dimulai setelah struktur jalan utama, termasuk lapisan aspal atau beton, hampir selesai.



Gambar 6.9 Pekerjaan Drainase Jalan

Sumber: Tim Analisa (2021)

6) Pemasangan Gorong-gorong di Bawah Jalan

Proses pemasangan pipa atau saluran di bawah jalan bertujuan mengalirkan air, mencegah terjadinya genangan, dan memastikan aliran air tetap lancar.



Gambar 6.10 Pekerjaan Gorong-gorong Ruas Rake-Sanjaya Kab. Wonosobo

Sumber: Dok. PUPR Kab. Wonosobo

7) Pemasangan Markah Jalan dan Rambu-rambu Lalu Lintas

Proses pemasangan tanda dan simbol pada jalan serta rambu-rambu jalan bertujuan mengatur dan mengarahkan lalu lintas, demi memastikan keselamatan dan kelancaran berkendara.



Gambar 6.11 Markah Jalan dan Rambu Lalu Lintas

Sumber: wavebreakmedia_micro di freepik (2024)

Aktivitas 6.2



Mari Cari Tahu

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3–5 orang. Diskusikan tahapan pekerjaan jalan yang dilakukan! Analisislah pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan dan isilah tabel seperti contoh berikut.

Tahapan Pekerjaan Jalan	Kegiatan yang Dilakukan
Pekerjaan Persiapan	
Pekerjaan Tanah	
Konstruksi Lapisan Fondasi	
Konstruksi Lapisan Permukaan	
Pekerjaan Drainase dan Infrastruktur Tambahan	

b. Jenis-jenis Pekerjaan Irigasi

Pekerjaan irigasi terdiri atas berbagai aktivitas penting yang bertujuan menjamin distribusi air yang efisien dan teratur ke lahan pertanian, guna mendukung produktivitas pertanian yang optimal. Kegiatan ini mencakup pembangunan saluran irigasi, yang dirancang untuk mengalirkan air dari sumber utama ke area pertanian. Berikut ini jenis tahapan pekerjaan irigasi.

- 1) Pekerjaan Pendahuluan, meliputi studi kelayakan pekerjaan, desain irigasi, pembersihan lahan dan pematokan.
- 2) Saluran Irigasi, meliputi pekerjaan penggalian saluran dan pemasangan lapisan antibocor (geotekstil atau liner).



Gambar 6.12 Pekerjaan Pembersihan Lahan Irigasi

Sumber: Dok. Admin PUPR Kab. Kebumen (2020)



Gambar 6.13 Saluran Irigasi

Sumber: Dok. PUPR Yogyakarta

- 3) Infrastruktur Pendukung, meliputi pemasangan pintu air dan sistem pengendalian aliran serta pembuatan jembatan kecil atau gorong-gorong di atas saluran yang diperlukan.



Gambar 6.14 Saluran irigasi

Sumber: Dok. PUPR Kulon Progo, Yogyakarta (2023)

Aktivitas 6.3

Mari Lakukan

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3–5 orang. Lakukan kunjungan dan survei di daerah sekitar tempat tinggalmu untuk melihat, mendata, dan mendokumentasikan jenis-jenis pekerjaan irigasi sesuai bangunan irigasi yang kalian kunjungi. Presentasikan di depan kelas sesuai arahan guru.

c. Jenis-jenis Pekerjaan Jembatan

Pekerjaan pada jembatan mencakup berbagai aktivitas yang bertujuan membangun, memperbaiki, atau merawat struktur jembatan agar tetap kuat dan aman bagi lalu lintas kendaraan serta pejalan kaki.

- 1) Pekerjaan Pendahuluan, meliputi kelayakan pekerjaan, desain jembatan, pembersihan lahan, dan pematokan.



Gambar 6.15 Pematokan Jembatan Pandansimo

Sumber: Dok. Raya (2024)

- 2) Pekerjaan Fondasi, meliputi pekerjaan penggalian untuk fondasi dan pemasangan tiang pancang atau *bore pile*.



Gambar 6.16 Pemasangan *Bore Pile* Jembatan Pandansimo

Sumber: Dok. Raya (2024)

- 3) Pekerjaan Struktur Bawah, meliputi pekerjaan pembangunan abutmen dan *pier*.
- 4) Pekerjaan Struktur Atas, meliputi pekerjaan pembangunan rangka jembatan (*girder*, dek (*deck*), dan lain-lain) dan pekerjaan pengaspalan atau pelapisan beton pada dek jembatan.



Gambar 6.17 Abutmen Jembatan

Sumber: Dok. Wahyu Adji/JPRK (2024)

Gambar 6.18 Girder Jembatan

Sumber: Dok. Arum (2024)

- 5) Fasilitas Tambahan, meliputi pekerjaan pemasangan *railing* dan trotoar serta penerangan dan sistem drainase.



Gambar 6.19 Railing Jembatan

Sumber: Dok. Arum (2024)

Aktivitas 6.4



Mari Lakukan

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3–5 orang. Lakukan survei di daerah sekitar tempat tinggalmu untuk melihat, mendata, dan mendokumentasikan jenis-jenis pekerjaan jembatan sesuai jembatan yang kalian kunjungi. Presentasikan di depan kelas sesuai arahan guru.

2. Volume Pekerjaan Jalan, Irigasi, dan Jembatan

Setiap bisnis atau proyek perlu memiliki volume pekerjaan yang terdefinisi dengan baik karena besaran volume ini akan memengaruhi estimasi biaya akhir. Volume pekerjaan mengacu pada seberapa luas jangkauan bisnis atau usaha yang akan dijalankan.

a. Volume Pekerjaan Jalan

Volume pekerjaan jalan mengacu pada jumlah dan besaran aktivitas yang harus dilakukan dalam proses pembangunan, perbaikan, atau pemeliharaan jalan. Hal ini meliputi berbagai elemen seperti panjang dan lebar jalan yang harus dikerjakan, jumlah material yang dibutuhkan, serta waktu dan tenaga kerja yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. Jenis-jenis konstruksi jalan dapat diklasifikasikan berdasarkan material, metode pelaksanaan, dan fungsi jalan tersebut.

- 1) Jalan Beraspal (*Asphalt Pavement*), konstruksi ini melibatkan penggunaan campuran aspal dan agregat sebagai lapisan permukaan. Jalan beraspal sering diterapkan pada jalan raya, jalan perkotaan, dan jalan tol. Aspal unggul dalam hal fleksibilitas, ketahanan terhadap beban, serta kemampuan bertahan dalam berbagai kondisi cuaca.
- 2) Jalan Beton (*Concrete Pavement*), konstruksi beton menggunakan kombinasi semen, air, pasir, dan agregat untuk menciptakan lapisan permukaan jalan. Jalan beton dikenal lebih tahan lama dibandingkan jalan beraspal, terutama dalam menghadapi beban berat dan kondisi cuaca ekstrem. Namun, konstruksi ini umumnya lebih mahal dan membutuhkan waktu lebih lama untuk diselesaikan.



Gambar 6.20 Jalan Aspal

Sumber: Dok. Arum (2024)



Gambar 6.21 Jalan Beton

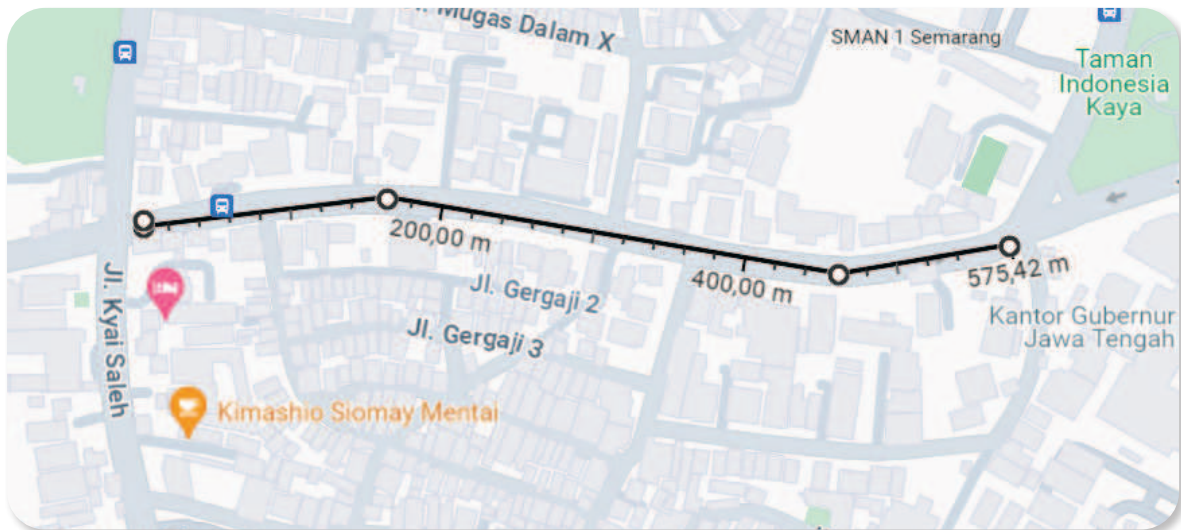
Sumber: Dok. Irawan (2023)

Pada materi ini akan mengambil studi kasus dari Pekerjaan Preservasi Peningkatan Aspal Baru Jalan Menteri Supeno Kota Semarang STA 0+000 Sampai STA 0+575.

Panjang jalan 575 m

Lebar jalan 7 m

Tebal lapisan aspal 0,035 m



Gambar 6.22 Peta Jalan Menteri Supeno

Sumber: Arum (2024)

Volume Pekerjaan Preservasi Peningkatan Aspal Baru Jalan Menteri Supeno Kota Semarang STA 0+000 Sampai STA 0+575:

Divisi 1. Umum

- Mobilisasi, uraian pekerjaan tahap awal yang melibatkan persiapan dan pemindahan sumber daya ke lokasi proyek, mulai dari sewa tanah, peralatan, direksi *keet*, fasilitas laboratorium, manajemen dan keselamatan lalu lintas, demobilisasi, dan lain-lain.
- Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas, uraian pekerjaan di proyek jalan melibatkan berbagai tugas yang bertujuan memastikan kelancaran lalu lintas serta keamanan pekerja dan pengguna jalan.

- Pengamanan Lingkungan Hidup, uraian pekerjaan di proyek jalan mencakup berbagai kegiatan yang bertujuan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan selama pelaksanaan proyek.
- Keselamatan dan Kesehatan Kerja, uraian pekerjaan di proyek jalan melibatkan berbagai kegiatan yang bertujuan melindungi pekerja dari risiko kecelakaan dan penyakit yang berkaitan dengan pekerjaan.
- Pengujian Tanah, uraian pekerjaan di proyek jalan melibatkan berbagai kegiatan yang bertujuan memahami sifat dan karakteristik tanah di lokasi proyek. Informasi ini penting untuk merancang fondasi jalan yang aman dan stabil.

Divisi 2. Pekerjaan Tanah dan Geosintetik

- Galian Biasa:

Satuan pekerjaannya Lumsum (Ls), di proyek jalan melibatkan pekerjaan penggalian tanah yang tidak memerlukan teknik khusus atau alat berat yang canggih.

- Penyiapan Badan Jalan (satuan m²)

$$p \times l = 575 \times 7$$

$$= 4.025 \text{ m}^2$$

- Pembersihan dan Pengupasan Lahan (satuan m²)

$$p \times l = 575 \times 7$$

$$= 4.025 \text{ m}^2$$

Divisi 3. Pekerjaan Perkerasan Berbutir

- Lapis Fondasi Agregat Kelas A (satuan m³)

$$p \times l \times t = 575 \times 7 \times 0,19$$

$$= 764,75 \text{ m}^3$$

Divisi 4. Perkerasan Aspal

- Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi (satuan liter)

Volume Aspal Cair/Emulsi = Luas Area \times Dosis

Luas Area (m²) = Panjang \times Lebar

Dosis (liter/m²): merupakan jumlah aspal cair atau emulsi yang dibutuhkan per meter persegi. Nilai ini biasanya ditentukan berdasarkan spesifikasi teknis proyek atau standar yang berlaku.

- Laston Lapis Aus Asbuton (AC-WC Asb):

$$p \times l \times t \times B_j \text{ AC-WC} = 575 \times 7 \times 0,035 \times 2,27$$

$$= 319,78625 \text{ ton}$$

- Laston Lapis Antara Asbuton (AC-BC Asb):

$$p \times l \times t \times B_j \text{ AC-WC} = p \times l \times t \times B_j \text{ AC-WC}$$

$$= 362,25 \text{ ton}$$

- Laston Lapis Fondasi Asbuton (AC-Base Asb):

$$p \times l \times t \times B_j \text{ AC-WC} = 575 \times 7 \times 0,10 \times 2,25$$

$$= 905,625 \text{ ton}$$

Tabel 6.1. Tabel Volume Pekerjaan Jalan Menteri Supeno

No Mata Pembayaran	Uraian Pekerjaan	Satuan	Rumus	Volume / Kuantitas
DIVISI 2. PEKERJAAN TANAH DAN GEOSINTETIK				
2.1.(1)	Galian Biasa	Ls	-	1
2.2.(1)	Penyiapan Badan Jalan	m ²	$p \times l$	
			575×7	4.025

No Mata Pembayaran	Uraian Pekerjaan	Satuan	Rumus	Volume / Kuantitas
--------------------	------------------	--------	-------	--------------------

DIVISI 3. PERKERASAN BERBUTIR

3.1.(1)	Lapis Fondasi Agregat Kelas A	m ³	$p \times l \times t$	
			$575 \times 7 \times 0,19$	764,75

DIVISI 4. PERKERASAN ASPAL

4.1 (1)	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi	liter	-	1
4.2.(1)	Laston Lapis Aus Asbuton (AC-WC Asb)	ton	$p \times l \times t \times B_j \text{ AC-WC}$	
			$575 \times 7 \times 0,035 \times 2,27$	319,78625
4.3.(1)	Laston Lapis Antara Asbuton (AC-BC Asb)	ton	$p \times l \times t \times B_j \text{ AC-WC}$	
			$575 \times 7 \times 0,04 \times 2,25$	362,25
4.3.(1)	Laston Lapis Fondasi Asbuton (AC-Base Asb)	ton	$p \times l \times t \times B_j \text{ AC-WC}$	
			$575 \times 7 \times 0,10 \times 2,25$	905,625

Sumber: Muhammad Krisna Wahyu Pratama (2022)

Aktivitas 6.5



Mari Latihan!

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3–5 peserta orang. Lakukan survei di daerah sekitar tempat tinggalmu untuk melihat, mendata, dan mendokumentasikan jenis-jenis pekerjaan jalan sesuai jalan yang kalian kunjungi. Presentasikan di depan kelas sesuai arahan guru.

b. Volume Pekerjaan Irigasi

Volume pekerjaan irigasi merupakan jumlah keseluruhan pekerjaan yang harus diselesaikan dalam proyek irigasi, seperti penggalian saluran, pembangunan bendungan, atau instalasi pipa air. Biasanya, volume ini diukur dalam satuan kubik (m^3) untuk pekerjaan tanah, atau dalam satuan panjang (meter) untuk pipa dan saluran. Penghitungan volume pekerjaan irigasi sangat penting untuk memperkirakan biaya, waktu pengerjaan, dan sumber daya yang dibutuhkan dalam proyek tersebut.

Pada materi ini akan mengambil studi kasus dari Pekerjaan Saluran Irigasi dan Bangunan Bagi Sadap di Wilayah Kota Semarang, lokasi di Mugassari, Kec. Semarang Selatan, Kota Semarang, Jawa Tengah.



Gambar 6.23 Tangkapan Layar Tampilan *Google Earth* Wilayah Kota Semarang

Sumber: Dok. Arum (2024)

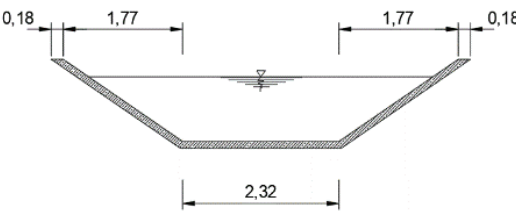
Volume Pekerjaan pada Pekerjaan Saluran Irigasi dan Bangunan Bagi Sadap di Mugassari, Kec. Semarang Selatan, Kota Semarang, Jawa Tengah.

Tabel 6.2. Tabel Volume Pekerjaan Irigasi di Mugassari, Semarang Selatan

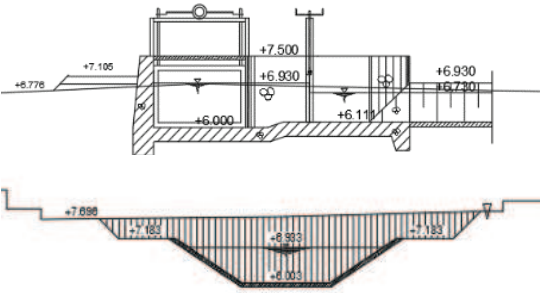
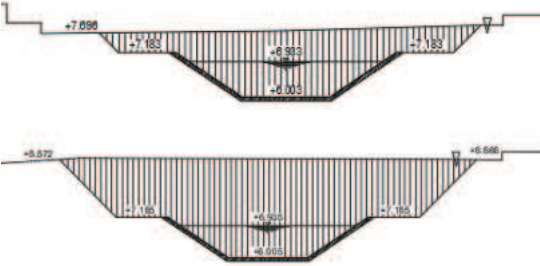
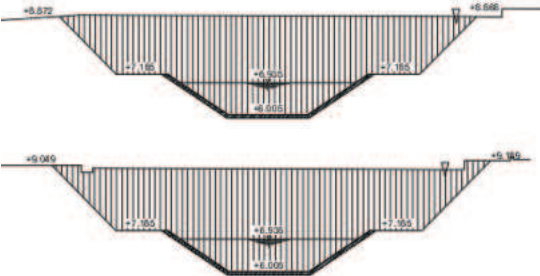
I. Pekerjaan Persiapan

No	Gambar Penampang	Perhitungan	Volume
1	Kebutuhan Mobilisasi dan Demobilisasi	Volume = $1,00 \times 1,00$ = 1,00	1,00 LS
2	Pekerjaan SMK3	Volume = $1,00 \times 1,00$ = 1,00	1,00 LS
3	Direksi Keet, Los Kerja, dan Gudang	Volume = $1,00 \times 1,00$ = 1,00	1,00 LS

II. A. Saluran Sekunder G21

No	Gambar Penampang	Perhitungan	Volume
1	Pembersihan dan <i>Stripping/Kosrekan</i>	Luas = $2 \times$ Panjang Saluran G21 = 2×125 m = 250 m ²	250 m²
2	<i>Uitzet</i> Trase Saluran	Panjang Saluran G21 = 125 m'	125 m'
3	Profil Melintang Galian Tanah 	Volume = Lebar Saluran \times Jumlah = $6,3 \times (125 \text{ m} : 25 \text{ m})$ = $31,5$ m'	31,5 m'

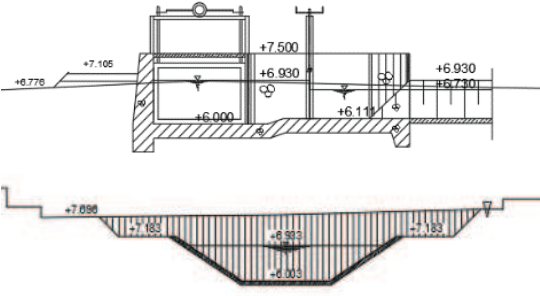
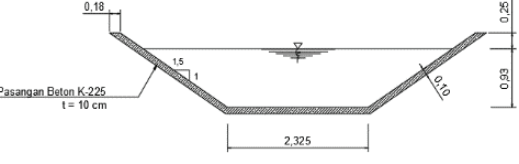
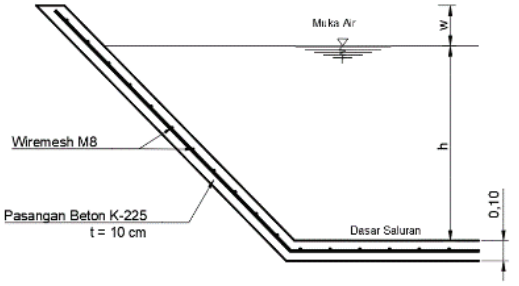
II. A. Saluran Sekunder G21

No	Gambar Penampang	Perhitungan	Volume
4	<p>Galian Tanah Biasa Manual Sedalam > 1 s/d 2 m</p> 	<p>Keterangan: Luas 1 = 6,949 m² Luas 2 = 11,288 m²</p> <p>Volume = (Luas 1 + Luas 2)/2 × panjang = (6,949 + 11,288)/2 × 25 m = 227,963 m³</p>	227,963 m ³
5	<p>Galian Tanah Biasa 0-2,64 m (Mekanis)</p> 	<p>Keterangan: Luas 1 = 11,288 m² Luas 2 = 23,567 m²</p> <p>Volume = (Luas 1 + Luas 2)/2 × panjang = (11,288 + 23,567)/2 × 22 m = 383,405 m³</p>	383,405 m ³
		<p>Keterangan: Luas 1 = 23,567 m² Luas 2 = 24,518 m²</p> <p>Volume = (Luas 1 + Luas 2)/2 × panjang = (23,567 + 24,518)/2 × 3 m = 72,128 m³</p>	72,128 m ³

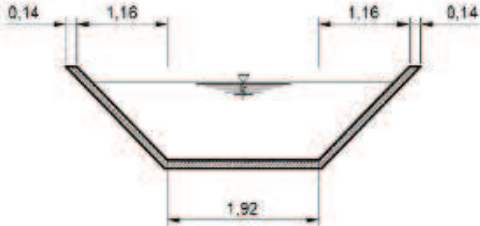
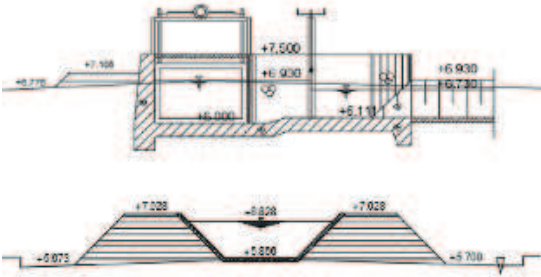
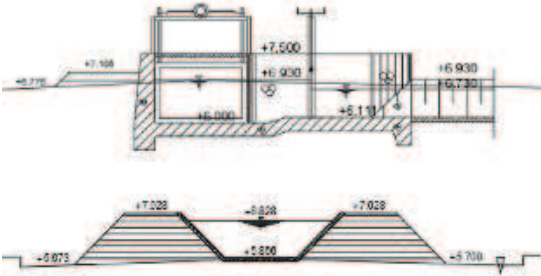
II. A. Saluran Sekunder G21

No	Gambar Penampang	Perhitungan	Volume
		<p>Keterangan: Luas 1 = 24,518 m² Luas 2 = 23,15 m²</p> <p>Volume = (Luas 1 + Luas 2)/2 × panjang = (24,518 + 23,15)/2 × 25 m = 595,850 m³</p>	595,850 m³
		<p>Keterangan: Luas 1 = 23,15 m² Luas 2 = 25,77 m²</p> <p>Volume = (Luas 1 + Luas 2)/2 × panjang = (23,15+25,77)/2 × 25 m = 611,50 m³</p>	611,50 m³
		<p>Keterangan: Luas 1 = 25,77 m² Luas 2 = 30,247 m²</p> <p>Volume = (Luas 1 + Luas 2)/2 × panjang = (25,77 + 30,247)/2 × 25 m = 700,213 m³</p>	700,213 m³
Volume Total			2363,095 m³

II. A. Saluran Sekunder G21

No	Gambar Penampang	Perhitungan	Volume
6	<p>Timbunan Tanah atau Urugan Tanah kembali</p> 	<p>Keterangan: Luas 1 = 0,471 m² Luas 2 = 0 m²</p> <p>Volume = (Luas 1 + Luas 2)/2 × panjang = (0,471 + 0)/2 × 25 m = 5,888 m³</p>	5,888 m ³
7	Pemadatan Tanah (Manual)	Volume Pemadatan = Volume Timbunan	5,888 m ³
8	<p>Pekerjaan Pasangan Beton K-225</p> 	<p>Volume = Luas Pasangan × Panjang Saluran G21 = 0,679 × 125 m = 84,863 m³</p>	84,863 m ³
9	<p>Pekerjaan Pasangan Beton K-225</p> 	<p>Volume = Luas Wiremesh × Berat per m² = 822,50 × 5,54 kg = 4556,65 kg</p>	4556,65 kg

II. B. Saluran Sekunder G22

No	Gambar Penampang	Perhitungan	Volume
1	Pembersihan dan <i>Stripping/Kosrekan</i>	$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \times \text{Panjang} \\ &\text{Saluran G22} \\ &= 2 \times 125 \text{ m} \\ &= 250 \text{ m}^2 \end{aligned}$	250 m²
2	<i>Uitzet</i> Trase Saluran	$\begin{aligned} \text{Panjang Saluran G22} \\ &= 125 \text{ m}' \end{aligned}$	125 m'
3	Profil Melintang Galian Tanah 	$\begin{aligned} \text{Volume} \\ &= \text{Lebar Saluran} \times \\ &\text{Jumlah} \\ &= 4,6 \text{ m} \times (125 \text{ m} : 25 \text{ m}) \\ &= 23 \text{ m}' \end{aligned}$	23 m'
4	Galian Tanah Biasa Sedalam ≤ 1 m (Manual) 	<p>Keterangan: $\text{Luas 1} = 6,949 \text{ m}^2$ $\text{Luas 2} = 0 \text{ m}^2$</p> $\begin{aligned} \text{Volume} \\ &= (\text{Luas 1} + \text{Luas 2})/2 \times \\ &\text{panjang} \\ &= (6,949 + 0)/2 \times 25 \text{ m} \\ &= 86,863 \text{ m}^3 \end{aligned}$	86,863 m³
5	Timbunan Tanah atau Urugan Tanah kembali 	<p>Keterangan: $\text{Luas 1} = 0,471 \text{ m}^2$ $\text{Luas 2} = 6,726 \text{ m}^2$</p> $\begin{aligned} \text{Volume} \\ &= (\text{Luas 1} + \text{Luas 2})/2 \times \\ &\text{panjang} \\ &= (0,471 + 6,726)/2 \times 25 \text{ m} \\ &= 89,963 \text{ m}^3 \end{aligned}$	89,963 m³

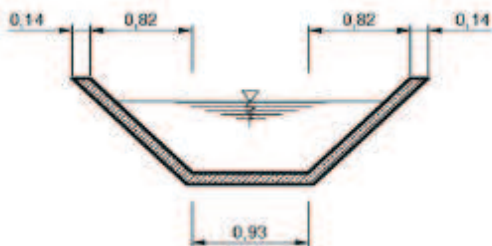
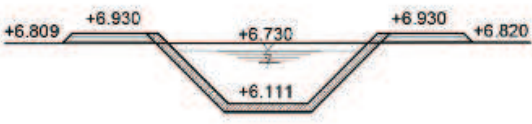

II. B. Saluran Sekunder G22

No	Gambar Penampang	Perhitungan	Volume
		<p>Keterangan: Luas 1 = 6,726 m² Luas 2 = 13,535 m²</p> <p>Volume = (Luas 1 + Luas 2)/2 × panjang = (6,726 + 13,535)/2 × 25 m = 253,263 m³</p>	253,263 m³
		<p>Keterangan : Luas 1 = 13,535 m² Luas 2 = 15,752 m²</p> <p>Volume = (Luas 1 + Luas 2)/2 × panjang = (13,535 + 15,752)/2 × 25 m = 366,088 m³</p>	366,088 m³
		<p>Keterangan : Luas 1 = 15,752 m² Luas 2 = 16,086 m²</p> <p>Volume = (Luas 1 + Luas 2)/2 × panjang = (15,752 + 16,086)/2 × 25 m = 397,975 m³</p>	397,975 m³

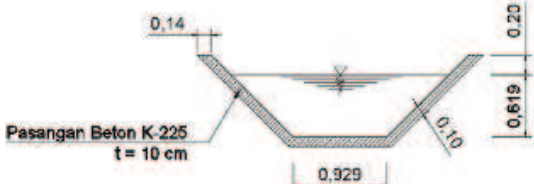
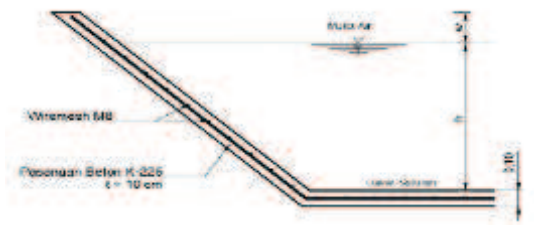
II. B. Saluran Sekunder G22

No	Gambar Penampang	Perhitungan	Volume
		<p>Keterangan :</p> <p>Luas 1 = 16,086 m²</p> <p>Luas 2 = 16,255 m²</p> <p>Volume</p> $= (\text{Luas 1} + \text{Luas 2})/2 \times \text{panjang}$ $= (16,086 + 16,255)/2 \times 25 \text{ m}$ $= 404,263 \text{ m}^3$	404,263 m³
Volume Total			1511,55 m³
6	Pemadatan Tanah (Mekanis)	Volume Pemadatan = Volume Timbunan	1511,55 m³
7	Pekerjaan Pasangan Beton K-225	<p>Volume</p> $= \text{Luas Pasangan} \times \text{Panjang Saluran G22}$ $= 0,539 \times 125 \text{ m}$ $= 67,43 \text{ m}^3$	67,43 m³
8	Pembesian dengan Jaring Kawat (Wiremesh m8)	<p>Volume</p> $= \text{Luas Wiremesh} \times \text{Berat per m}^2$ $= 650,0 \times 5,54 \text{ kg}$ $= 3601,00 \text{ kg}$	3601,00 kg

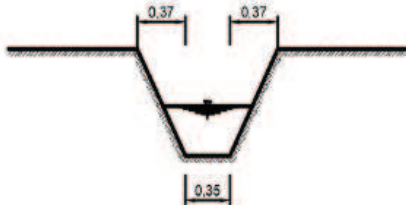
II. C. Saluran Sekunder Tp

No	Gambar Penampang	Perhitungan	Volume
1	Pembersihan dan <i>Stripping/Kosrekan</i>	$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \times \text{Panjang} \\ &\text{Saluran TP} \\ &= 2 \times 50 \text{ m} \\ &= 100 \text{ m}^2 \end{aligned}$	100 m²
2	<i>Uitzet</i> Trase Saluran	$\begin{aligned} \text{Panjang Saluran G22} \\ &= 50 \text{ m}' \end{aligned}$	50 m'
3	Profil Melintang Galian Tanah 	$\begin{aligned} \text{Volume} \\ &= \text{Lebar Saluran} \times \\ &\text{Jumlah} \\ &= 3 \text{ m} \times (50 \text{ m} : 25 \text{ m}) \\ &= 6 \text{ m}' \end{aligned}$	6 m'
4	Galian Tanah Biasa Sedalam ≤ 1 m (Manual) 	<p>Keterangan: $\text{Luas} = 1,460 \text{ m}^2$</p> $\begin{aligned} \text{Volume} \\ &= \text{Luas} \times \text{panjang} \\ &= 1,460 \times 50 \text{ m} \\ &= 72,990 \text{ m}^3 \end{aligned}$	72,990 m³
5	Timbunan Tanah atau Urugan Tanah kembali 	<p>Keterangan: $\text{Luas} = 0,225 \text{ m}^2$</p> $\begin{aligned} \text{Volume} \\ &= \text{Luas} \times \text{panjang} \\ &= 0,225 \times 50 \text{ m} \\ &= 11,25 \text{ m}^3 \end{aligned}$	11,25 m³
6	Pemadatan Tanah (Mekanis)	$\begin{aligned} \text{Volume Pemadatan} &= \\ \text{Volume Timbunan} \end{aligned}$	11,25 m³

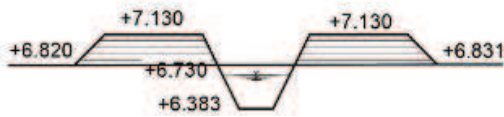
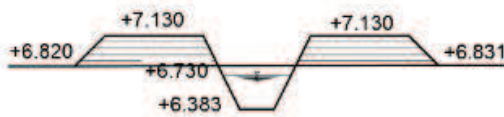
II. C. Saluran Sekunder Tp

No	Gambar Penampang	Perhitungan	Volume
7	<p>Pekerjaan Pasangan Beton K-225</p> 	<p>Volume</p> $= \text{Luas Pasangan} \times \text{Panjang Saluran Tp}$ $= 0,343 \times 50 \text{ m}$ $= 17,15 \text{ m}^3$	17,15 m ³
8	<p>Pembesian dengan Jaring Kawat (<i>Wiremesh</i> m8)</p> 	<p>Volume</p> $= \text{Luas Wiremesh} \times \text{Berat per m}^2$ $= 108,35 \times 5,54 \text{ kg}$ $= 600,26 \text{ kg}$	600,26 kg

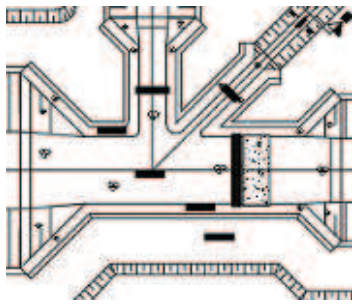
II. D. Saluran Tersier G21 ki

No	Gambar Penampang	Perhitungan	Volume
1	<p>Pembersihan dan <i>Stripping/Kosrekan</i></p>	<p>Luas = 2 × Panjang Saluran Tersier</p> $= 2 \times 50 \text{ m}$ $= 100 \text{ m}^2$	100 m ²
2	<p><i>Uitzet</i> Trase Saluran</p>	<p>Panjang Saluran Tersier</p> $= 50 \text{ m}'$	50 m'
3	<p>Profil Melintang Galian Tanah</p> 	<p>Volume</p> $= \text{Lebar Saluran} \times \text{Jumlah}$ $= 1,1 \text{ m} \times (50 \text{ m} : 25 \text{ m})$ $= 2,2 \text{ m}'$	2,2 m'

II. D. Saluran Tersier G21 ki

No	Gambar Penampang	Perhitungan	Volume
4	<p>Galian Tanah Biasa Sedalam ≤ 1 m (Manual)</p> 	<p>Keterangan: Luas = $0,251 \text{ m}^2$</p> <p>Volume = Luas \times panjang = $0,251 \times 50 \text{ m}$ = $12,55 \text{ m}^3$</p>	$12,55 \text{ m}^3$
5	<p>Timbunan Tanah atau Urugan Tanah kembali</p> 	<p>Keterangan: Luas = $0,7481 \text{ m}^2$</p> <p>Volume = Luas \times panjang = $0,7481 \times 50 \text{ m}$ = $37,405 \text{ m}^3$</p>	$37,405 \text{ m}^3$
6	Pemadatan Tanah (Mekanis)	Volume Pemadatan = Volume Timbunan	$37,405 \text{ m}^3$

II. E. Bangunan Bagi Sadap

No	Gambar Penampang	Perhitungan	Volume
1	Pembersihan dan <i>Stripping/Kosrekan</i>	Luas Bangunan = $74,7592 \text{ m}^2$	$74,7592 \text{ m}^2$
2	<p><i>Bouwplank</i></p> 	Keliling Bangunan = $53,439 \text{ m}'$	$53,439 \text{ m}'$

II. E. Bangunan Bagi Sadap

No	Gambar Penampang	Perhitungan	Volume
3	Galian Tanah Biasa Manual Sedalam >1 s/d 2 m	Volume Galian = 25,743 m ³	25,743 m ³
4	Timbunan Tanah atau Urugan Tanah Kembali	Keterangan: Luas = 0,471 m ² Volume = Luas × panjang = 0,471 × 10,33 m = 2,432 m ³	2,432 m ³
5	Pemadatan Tanah (Manual)	Volume Pemadatan = Volume Timbunan	2,432 m ³
6	Pasangan Batu dengan Mortar tipe N (1 PC : 4 PP)	Volume Bangunan = 98,66 m ³	98,66 m ³
7	Plesteran tebal 1 cm dengan Mortar tipe S (1 PC : 3 PP)	Luas Permukaan Bangunan = 69,695 m ²	69,695 m ²
8	Pekerjaan Acian	Volume Plesteran = Volume Acian	69,695 m ²
9	Pemasangan Pintu Sorong Baja Stang Ganda	Keterangan: b = 2 h = 1,3	1,00 set
10	Pemasangan Pintu Sorong Baja Stang Tunggal	Keterangan: b = 0,8 h = 1,0	1,00 set
11	Pemasangan Pintu Sorong Baja Stang Tunggal	Keterangan: b = 0,4 h = 0,8	1,00 set
12	Marmer Nomenklatur	1 buah	1,00 set
13	Papan O&P	1 buah	1,00 set

Sumber: Ade Ayu Risky Nafiah (2022)

c. Volume Pekerjaan Jembatan

Volume pekerjaan jembatan mengacu pada jumlah total pekerjaan yang perlu diselesaikan dalam proyek konstruksi jembatan. Ini meliputi berbagai aktivitas seperti pengecoran beton, pemasangan balok, pembangunan fondasi, dan konstruksi elemen lainnya. Volume pekerjaan biasanya diukur dalam satuan kubik (m^3) untuk beton dan tanah, serta dalam meter untuk bagian-bagian struktural. Penghitungan volume ini sangat penting untuk memperkirakan kebutuhan material, biaya, serta waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek.

Pada materi ini akan mengambil studi kasus dari pekerjaan Perencanaan Pembangunan Jembatan Beton Bentang 15 Meter di Sungai Kuningan Kecamatan Semarang Utara.

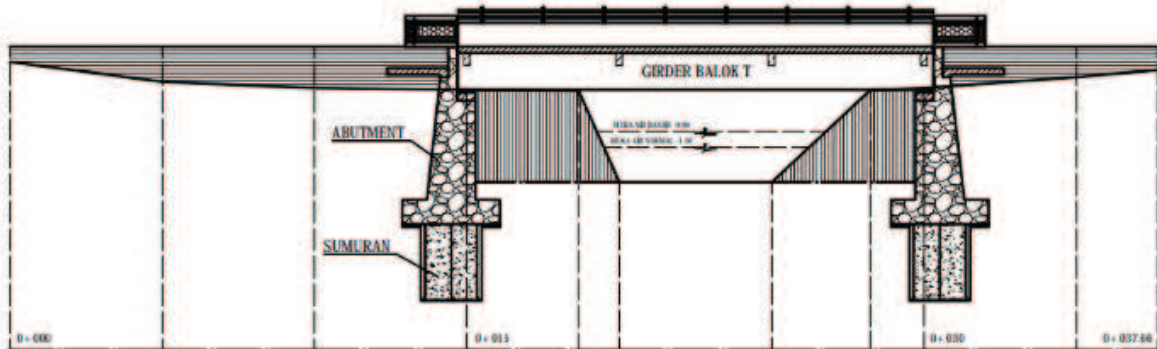


Gambar 6.24 Tangkapan Layar Tampilan *Google Earth* Rencana Jembatan Sungai Kuningan, Semarang

Sumber: Dok. Arum (2024)

Volume Pekerjaan pada Pekerjaan Perencanaan Pembangunan Jembatan Beton Bentang 15 Meter di Sungai Kuningan Kecamatan Semarang Utara

Pekerjaan Tanah



Gambar 6.25 Penampang Jembatan

Sumber: Dok. Muhammad Hafizh Athaillah (2022)



Untuk memahami aktivitas dan perhitungan volume pada pekerjaan jembatan Sungai Kuningan, Semarang, kalian dapat melihatnya pada tautan berikut.

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJJBab6>



Aktivitas 6.6



Mari Latihan!

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3–5 orang. Lakukan survei di daerah sekitar tempat tinggalmu untuk melihat, mendata, dan mendokumentasikan jenis-jenis pekerjaan jembatan sesuai jembatan yang kalian kunjungi. Presentasikan di depan kelas sesuai arahan guru.

3. Harga Satuan Pekerjaan Jalan, Irigasi, dan Jembatan

Harga satuan pekerjaan merupakan elemen krusial dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek konstruksi, seperti proyek jalan, irigasi, dan jembatan. Harga satuan ini merujuk pada biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan satu unit dari pekerjaan tertentu, dan dihitung dengan mempertimbangkan berbagai faktor, termasuk jenis pekerjaan, material yang digunakan, dan tenaga kerja.

Penggunaan bahan atau material dalam berbagai jenis pekerjaan konstruksi tidak selalu sama antarjenis proyek. Terdapat berbagai macam bahan atau material yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi, masing-masing dengan ketentuan atau persyaratan tertentu yang harus dipenuhi agar dapat digunakan. Ketentuan ini biasanya dicantumkan dalam dokumen spesifikasi bahan untuk pekerjaan konstruksi.

a. Harga Satuan Pekerjaan Jalan

Dalam proyek jalan, harga satuan pekerjaan meliputi berbagai aktivitas seperti pemotongan tanah, perataan, dan pengaspalan, dengan masing-masing jenis pekerjaan memiliki harga satuan yang berbeda. Sebagai contoh, harga satuan untuk pemotongan tanah biasanya dihitung berdasarkan volume tanah yang dipindahkan, diukur dalam meter kubik. Sementara itu, harga satuan untuk pengaspalan dihitung berdasarkan luas area yang diaspal, diukur dalam meter persegi, dan ketebalan lapisan aspal.

Harga satuan pekerjaan jalan juga dipengaruhi oleh jenis material yang digunakan. Dalam pekerjaan pengaspalan, harga satuan akan bervariasi bergantung pada jenis aspal yang digunakan (seperti aspal panas atau dingin) serta kualitas campurannya. Selain itu, harga satuan juga mencakup biaya tambahan seperti tenaga kerja, peralatan, dan transportasi material.



Berikut ini disajikan contoh penerapan harga satuan pekerjaan jalan pada pekerjaan preservasi peningkatan aspal baru di Jalan Menteri Supeno, Kota Semarang.

Jalan Menteri Supeno Kota Semarang STA 0+000 Sampai STA 0+575:

Tabel 6.3. Tabel Harga Satuan Pekerjaan Preservasi Peningkatan Aspal Baru

I. Harga Satuan Upah

No	Uraian	Kode	Satuan	Harga yang Digunakan (Rp)	Harga Satuan (Rp)	Keterangan
1	Pekerja	(L01)	Jam	24.996,34	174.974,36	Sesuai dengan peraturan dan ketentuan yang berlaku atau Perpres yang berlaku. Contoh: Pergub DKI No. 6 Tahun 2019
2	Tukang	(L02)	Jam	25.827,27	180.790,86	
3	Mandor	(L03)	Jam	30.066,21	210.463,50	
4	Operator	(L04)	Jam	30.066,21	210.463,50	
5	Pembantu Operator	(L05)	Jam	25.803,30	180.623,08	
6	Sopir/Driver	(L06)	Jam	30.066,21	210.463,50	
7	Pembantu Sopir/Driver	(L07)	Jam	25.803,30	180.623,08	
8	Mekanik	(L08)	Jam	28.271,29	197.899,00	
9	Pembantu Mekanik	(L09)	Jam	25.803,30	180.623,08	
10	Kepala Tukang	(L10)	Jam	28.271,29	197.899,00	
11	Tenaga Ahli Muda S1 (1 Tahun)	(L11)	Jam	114.523,81	801.666,67	20.041.666,67

I. Harga Satuan Upah

No	Uraian	Kode	Satuan	Harga yang Digunakan (Rp)	Harga Satuan (Rp)	Keterangan
12	Tenaga Ahli Muda S1 (5 Tahun)	(L12)	Jam	151.666,67	1.061.666,67	26.541.666,67
13	Cad/Cam Operator	(L16)	Jam	64.071,43	448.500,00	11.212.500,00
14	Software Programmer/ Implementer	(L17)	Jam	75.214,29	526.500,00	13.162.500,00
15	Hardware Technician	(L18)	Jam	64.071,43	448.500,00	11.212.500,00
16	Fasilitator	(L19)	Jam	64.071,43	448.500,00	11.212.500,00
17	Senior Assistant Professional Staff	(L20)	Jam	81.714,29	572.000,00	14.300.000,00
18	Assistant Professional Staff	(L21)	Jam	77.071,43	539.500,00	13.487.500,00
19	Special Technician/ Inspector	(L22)	Jam	75.214,29	526.500,00	13.162.500,00
20	Technician	(L23)	Jam	64.071,43	448.500,00	11.212.500,00
21	Inspector	(L24)	Jam	64.071,43	448.500,00	11.212.500,00
22	Surveyor	(L25)	Jam	57.571,43	403.000,00	10.075.000,00

II. Harga Satuan Bahan

No	Uraian	Kode	Satuan	Harga yang Digunakan (Rp)	Harga Satuan (Rp)
1	Aspal	M10	kg	58,7100	6.774,19
2	Semen/PC	M10	kg		1.340,00
3	Agregat Pecah Mesin 0–5 mm	M91	m ³	0,4068	305.993,56
4	Agregat Pecah Mesin 6–10 & 10–20 mm	M92	m ³	0,4068	305.993,56

II. Harga Satuan Bahan

No	Uraian	Kode	Satuan	Harga yang Digunakan (Rp)	Harga Satuan (Rp)
5	Agregat Pecah Mesin 20–30 mm	M93	m ³		205.977,42
6	Aspal Emulsi CSS-1 atau SS-1	M31a	liter		10.500,00
7	Asbuton B 5/20	M161	kg	25,7500	950,00

III. Harga Satuan Alat

No	Uraian	Harga yang Digunakan (Rp)	Harga	Sumber Data
1	<i>Asphalt Finisher</i>	600.000.000	600.000.000	Inkuiri.com
2	<i>Compressor 4000–6500 L\M</i>	19.800.000	19.800.000	HK 2018
3	<i>Dump Truck 3–4 m³</i>	360.000.000	360.000.000	
4	<i>Excavator 80–140 HP</i>	1.100.000.000	1.100.000.000	
5	<i>Generator Set</i>	207.000.000	207.000.000	Perkins. 1006 TAG
6	<i>Motor Grader >100 HP</i>	1.145.500.000	1.145.500.000	Alibaba
7	<i>Wheel Loader 1.0–1.6 m³</i>	1.700.000.000	1.700.000.000	United Tractor 2018
8	<i>Tandem Roller 6–8 T</i>	1.698.750.000	1.698.750.000	HK 2018
9	<i>Vibratory Roller 5–8 T</i>	644.300.000	644.300.000	civil tekno.id
10	<i>Asphalt Distributor</i>	395.000.000	395.000.000	
11	AMP (Emulsi, Asbuton)	5.500.000.000	5.500.000.000	United Tractor 2018

Analisis Harga Satuan Pekerjaan Jalan:

- Pekerjaan Galian Biasa**

Item Pembayaran No. : 2.1.(1)	Perkiraan Vol. Pek. :	1,00
Jenis Pekerjaan : Galian Biasa	Total Harga (Rp.) :	12.158,37
Satuan Pembayaran : M ³	% thd. Biaya Proyek :	0,00

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
A. Tenaga						
1	Pekerja	(L01)	Jam	0,0077	24.996,34	191,90
2	Mandor	(L03)	Jam	0,0038	30.066,21	115,41
Jumlah Harga Tenaga					307,31	
B. Bahan						
Jumlah Harga Bahan					0,00	
C. Peralatan						
1	Excavator	(E10)	Jam	0,0038	444.964,26	1.708,01
2	Dump Truck	(E09)	Jam	0,0333	271.024,70	9.037,75
3	Alat Bantu		Ls	1,0000	0,00	0,00
Jumlah Harga Peralatan					10.745,76	
D. Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C)					11.053,07	
E. Overhead & Profit		10,0	% × D		1.105,31	
F. Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					12.158,37	

- **Pekerjaan Lapis Fondasi Agregat Kelas A**

Item Pembayaran No. : 3.1.(1)	Perkiraan Vol. Pek. : 299.309
Jenis Pekerjaan : Lapis Fondasi Agregat Kelas A	Total Harga (Rp.) : 997,0% thd. Biaya Proyek : 0,00
Satuan Pembayaran : M ³	

No	Komponen		Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A. Tenaga						
1	Pekerja	(L01)	Jam	0,0834	24.996,34	2.085,60
2	Mandor	(L03)	Jam	0,0104	30.066,21	313,58
Jumlah Harga Tenaga						307,31
B. Bahan						
	Agregat A	M26	M ³	1,2890	223.769,41	288.431,05
Jumlah Harga Bahan						288.431,05
C. Peralatan						
1	Wheel Loader	(E15)	Jam	0,0087	486.854,58	4.235,69
2	Dump Truck	(E09)	Jam	0,1360	420.917,24	57.251,4
3	Motor Grader	(E13)	Jam	0,0010	455.614,02	459,07
4	Vibratory Roller	(E19a)	Jam	0,0104	290.145,73	3.026,0
5	Alat Bantu		Ls	1,0000	0,00	0,00
Jumlah Harga Peralatan						64.972
D. Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C)						355.802,55
E. Overhead & Profit			35.580,25	% × D		35.580,25
F. Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					391.382,80	391.382,80

- **Pekerjaan Lapis Fondasi**

Item Pembayaran No. : 2.1.(1)	Perkiraan Vol. Pek. :	1,00
Jenis Pekerjaan : Galian Biasa	Total Harga (Rp.) :	12.158,37
Satuan Pembayaran : M ³	thd. Biaya Proyek :	0,00

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
A. Tenaga						
1	Pekerja	(L01)	Jam	0,2008	24.996,34	5.019,34
2	Mandor	(L03)	Jam	0,0201	30.066,21	603,74
Jumlah Harga Tenaga					5.623,08	
B. Bahan						
1	Agr Pch Mesin 5-10 & 10-15	(M92)	M ³	0,3234	305.993,56	98.968,05
2	Agr Pch Mesin 0-5	(M91)	M ³	0,4068	305.993,56	124.476,79
3	Semen	(M12)	Kg	0,0000	1.340,00	0,00
4	Aspal	(M10)	Kg	58,7100	6.774,19	397.712,90
5	Asbuton B 5/20	(M161)	Kg	25,7500	950,00	24.462,50
Jumlah Harga Bahan					645.620,24	
C. Peralatan						
1	Wheel Loader	(E15)	Jam	0,0054	486.854,58	2.613,96
2	AMP	E01b	Jam	0,0201	9.382.313,91	188.399,88
3	Genset	E12	Jam	0,0201	370.071,25	7.431,15
4	Dump Truck	E09	Jam	0,0491	420.917,24	20.674,79

No	Komponen		Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
5	<i>Asp. Finisher</i>	E02	Jam	0,0143	329.908,30	4.723,05
6	<i>Tandem Roller</i>	E17a	Jam	0,0146	468.218,25	6.825,92
7	<i>P. Tyre Roller</i>	E18	Jam	0,0096	501.929,65	4.823,31
8	Alat Bantu		Ls	1,0000	0,00	0,00
Jumlah Harga Peralatan						235.492,05
D. Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C)						886.735,38
E. Overhead & Profit			10,0	% × D		88.673,54
F. Harga Satuan Pekerjaan (D+E)						975.408,92

b. Harga Satuan Pekerjaan Irigasi

Dalam proyek irigasi, harga satuan pekerjaan umumnya mencakup berbagai aktivitas seperti pemasangan saluran, pembuatan parit, dan instalasi sistem drainase. Setiap jenis pekerjaan memiliki harga satuan yang ditentukan berdasarkan dimensi dan tingkat kompleksitasnya. Sebagai contoh, harga satuan untuk pembuatan saluran irigasi dihitung berdasarkan panjang dan kedalaman saluran, sedangkan harga satuan untuk pemasangan pipa ditentukan berdasarkan panjang pipa yang dipasang.

Harga satuan pekerjaan irigasi juga dipengaruhi oleh jenis material yang digunakan, seperti pipa PVC atau beton, serta metode pemasangan. Biaya untuk tenaga kerja, peralatan, dan transportasi turut diperhitungkan dalam harga satuan. Untuk pekerjaan yang melibatkan sistem pengendalian air, harga satuan mungkin juga mencakup biaya tambahan untuk peralatan khusus dan teknologi yang diperlukan.

Berikut ini disajikan contoh harga satuan pekerjaan saluran irigasi dan bangunan bagi di Mugassari, Semarang.

Tabel 6.4. Tabel Harga Satuan Pekerjaan Pekerjaan Saluran Irigasi dan Bangunan Bagi Sadap di Mugassari, Kec. Semarang Selatan, Kota Semarang, Jawa Tengah

I. Harga Satuan Upah

No	Kode	Satuan	Jenis Tenaga Kerja	Harga Satuan (Rp)
Upah Tenaga Kerja				
1	L.01	OH	Pekerja	100.000,00
2	L.02	OH	Tukang	125.000,00
3	L.03	OH	Kepala Tukang	35.000,00
4	L.04	OH	Mandor	125.000,00
5	L.05	OH	Operator	240.000,00
6	L.06	OH	Pembantu Operator	115.000,00
7	L.07	OH	Juru Ukur	180.000,00
8	L.08	OH	Pembantu Juru Ukur	130.000,00
9	L.09	OH	Sopir	150.000,00
10	L.10	OH	Kenek/Kernet	105.000,00
11	L.11	OH	Ahli Hidrologi	380.000,00
12	L.12	OH	<i>Drafter CAD</i>	105.000,00

II. Harga Satuan Bahan

No	Kode	Satuan	Jenis Tenaga Kerja	Harga Satuan (Rp)
A. Kelompok Air, Tanah, Batu, dan Semen				
1	M.06.a	m ³	Batu/Batu kali/Batu Belah	278.287,00
2	M.12	m ³	Kerikil/Koral/Agregat Beton	323.750,00
3	M.14.a	m ³	Pasir Beton	349.800,00
4	M.14.b	m ³	Pasir Pasang	335.300,00
5	M.15	kg	Portland Cement	1.398,00
6	L.06	OH	Pembantu Operator	115.000,00

II. Harga Satuan Bahan

No	Kode	Satuan	Jenis Tenaga Kerja	Harga Satuan (Rp)
B. Kelompok Kayu				
1	M.37	m ³	Kaso 4×6×4,00 cm	3.067.500,00
2	M.35	m ³	Papan 2×20×4,00 cm	4.100.000,00
C. Kelompok Logam				
1	M.56.e	kg	Baja <i>Wiremesh</i> M8 ukuran 2,1 × 5,4 m	15.500,00
2	M.67	kg	Kawat Ikat/Bendrat	15.000,00
3	M.71.b	kg	Paku 5 cm & 7 cm	15.000,00
D. Lain-lain				
1	Ls.01	bh	Papan O&P	3.000.000,00
2	Ls.02	bh	Marmer Nomenklatur	750.000,00

III. Harga Satuan Alat

No	Kode	Satuan	Jenis Tenaga Kerja	Harga Satuan (Rp)
A. Kelompok Air, Tanah, Batu, dan Semen				
1	E.50	hari	<i>Waterpass</i>	100.000,00
2	E.41	hari	Teodolit	150.000,00
3	E.11.b	jam	<i>Excavator</i> 0,90 m ³	562.993,62
4	E.05	jam	<i>Bulldozer</i>	165.000,00
5	E.49	jam	<i>Water Tank Truck</i>	200.000,00
6	E.31	hari	<i>Roller Vibro</i>	240.000,00
7	E.29.b	hari	<i>Molen</i> 0,3 m ³	588.581,00
8	E.53	jam	<i>Stamper</i>	37.500,00

c. Harga Satuan Pekerjaan Jembatan

Dalam proyek jembatan, harga satuan pekerjaan mencakup berbagai komponen struktur seperti fondasi, balok, kolom, dan dek. Untuk pekerjaan fondasi, harga satuan umumnya dihitung berdasarkan volume beton yang digunakan dan jenis fondasi yang diterapkan (seperti tiang pancang atau plat dasar). Adapun harga satuan untuk struktur utama jembatan, seperti balok dan kolom, dihitung berdasarkan dimensi dan material yang digunakan, baik beton bertulang maupun baja.

Selain itu, harga satuan pekerjaan jembatan juga meliputi biaya tambahan seperti tenaga kerja, peralatan, dan material pendukung. Jika pekerjaan melibatkan pengawasan kualitas dan uji coba struktur, harga satuan mungkin juga mencakup biaya tambahan untuk pengujian dan sertifikasi.

Berikut ini contoh penerapan harga satuan pada pekerjaan perencanaan pembangunan jembatan beton bentang di Sungai Kuningan, Semarang.



Tabel 6.5. Tabel Harga Satuan Pekerjaan Perencanaan Pembangunan Jembatan Beton Bentang 15 Meter di Sungai Kuningan Kecamatan Semarang Utara

I. Harga Satuan Sewa Alat

Kode	Jenis Alat	Harga Alat (Rp)	Biaya Sewa/Jam (Rp)	Keterangan
E01	<i>Asphalt Mixing Plant</i>	3.500.000.000,00	3.844.017,00	Alat Baru
E02	<i>Aspal Finisher</i>	400.000.000,00	149.313,00	Alat Baru
E03	<i>Aspal Sprayer</i>	300.019.600,00	78.321,00	Alat Baru
E04	<i>Bulldozer</i>	575.000.000,00	301.719,00	Alat Baru
E05	<i>Compressor</i>	40.000.000,00	114.645,00	Alat Baru
E06	<i>Concrete Mixer</i>	6.000.000,00	28.860,00	Alat Baru

I. Harga Satuan Sewa Alat

Kode	Jenis Alat	Harga Alat (Rp)	Biaya Sewa/Jam (Rp)	Keterangan
E07	<i>Crawler Crane</i>	140.000.000,00	426.845,00	Alat Baru
E08	<i>Dump Truck</i>	200.000.000,00	136.780,00	Alat Baru
E09	<i>Generator Set</i>	50.000.000,00	231.734,00	Alat Baru
E10	<i>Excavator</i>	570.000.000,00	228.049,00	Alat Baru
E11	<i>Motor Grader</i>	1.000.000.000,00	374.507,00	Alat Baru
E12	<i>Stone Crusher</i>	800.000.000,00	446.662,00	Alat Baru
E13	<i>Water Tanker</i>	210.000.000,00	175.220,00	Alat Baru
E14	<i>Concrete Vibrator</i>	1.150.000,00	21.932,00	Alat Baru
E15	<i>Whell Loader</i>	750.000.000,00	296.814,00	Alat Baru
E16	<i>Vibro Roller</i>	350.000.000,00	174.926,00	Alat Baru
E17	<i>Tandem Roller</i>	475.000.000,00	231.922,00	Alat Baru
E18	<i>Pneumatic Tire Roller</i>	530.000.000,00	273.940,00	Alat Baru
E19	<i>Concrete Batching Plant</i>	3.600.000.000,00	1.180.195,00	Alat Baru
E20	<i>Mixer Truck</i>	530.000.000,00	255.790,00	Alat Baru

II. Harga Satuan Bahan

Kode	Uraian	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jarak Quarry
M01	Pasir	m ³	197.742,00	1.00
M02	Batu Kali	m ³	215.642,00	1.00
M03	Batu Belah	m ³	221.242,00	1.00
M04	Gravel	m ³	172.000,00	1.00
M05	Sirtu	m ³	124.100,00	1.00
M06	Pasir Urug	m ³	233.142,00	1.00
M26	Tanah	m ³	78.750,00	1.00

III. Harga Satuan Upah

Kode	Tenaga	Satuan	Harga/7 jam (Rp)	Harga/Jam
L01	Pekerja	OH	40.000,00	5.714,00
L02	Tukang	OH	50.000,00	7.143,00
L03	Mandor	OH	55.000,00	7.857,00
L04	Operator Alat Berat	OH	65.000,00	9.286,00

Aktivitas 6.7



Mari Lakukan

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3–5 orang. Carilah daftar harga satuan berdasarkan data lapangan yang terbaru. Lakukan observasi mengenai harga satuan yang terbaru di toko material terdekat dari tempat tinggalmu, lakukan survei harga untuk pekerjaan jalan, pekerjaan irigasi dan pekerjaan jembatan. Buatlah presentasi hasil observasi dan paparkan di depan kelas sesuai arahan guru.

B. Manajemen Proyek Konstruksi Jalan, Irigasi, dan Jembatan

1. Network Planning

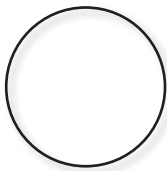
Network planning atau perencanaan jaringan, merupakan sebuah proses strategis yang meliputi perancangan, pengembangan, dan pengelolaan infrastruktur jaringan guna memenuhi kebutuhan komunikasi dan data suatu organisasi atau sistem. Proses ini melibatkan berbagai aspek teknis dan operasional, termasuk pemilihan teknologi yang sesuai, perhitungan kapasitas jaringan, penentuan lokasi perangkat keras (seperti server, ruter (*router*), dan *switch*), serta pengaturan rute dan alur komunikasi data.

Beberapa komponen utama dalam *network planning* meliputi:

- **Analisis Kebutuhan:** langkah pertama adalah memahami kebutuhan organisasi dalam hal komunikasi data, seperti volume lalu lintas, kecepatan transmisi, jenis layanan yang diperlukan, dan tingkat keandalan yang diharapkan.
- **Desain Jaringan:** berdasarkan analisis kebutuhan, jaringan dirancang untuk mendukung fungsi-fungsi yang diperlukan. Ini mencakup topologi jaringan, jenis media transmisi, serta protokol yang akan digunakan.
- **Pemilihan Teknologi:** memilih teknologi yang sesuai dengan kebutuhan dan anggaran, seperti teknologi kabel (serat optik/*fiber optic*, *Ethernet*), nirkabel (Wi-Fi, 5G), atau kombinasi dari keduanya.
- **Perhitungan Kapasitas:** menentukan kapasitas jaringan yang diperlukan untuk menangani lalu lintas data saat ini dan di masa depan. Ini termasuk perencanaan untuk pertumbuhan lalu lintas data.
- **Pengaturan Lokasi dan Pengadaan Perangkat:** memilih lokasi untuk perangkat jaringan, seperti server, ruter/*router*, dan *switch*, serta pengadaan perangkat keras dan lunak yang dibutuhkan.
- **Pengelolaan Rute dan Lalu Lintas Data:** mengatur rute data melalui jaringan agar efisien dan andal, serta mengelola lalu lintas untuk menghindari kemacetan atau *bottleneck*.
- **Keamanan Jaringan:** merancang langkah-langkah keamanan untuk melindungi data dari ancaman siber, termasuk *firewall*, enkripsi, dan sistem deteksi intrusi.

- **Pengujian dan Implementasi:** menguji desain jaringan untuk memastikan semua elemen berfungsi sebagaimana mestinya sebelum implementasi penuh.
- **Pemeliharaan dan Monitoring:** setelah jaringan diimplementasikan, diperlukan pemeliharaan rutin dan monitoring untuk memastikan jaringan tetap optimal dan aman.

Pada diagram *network planning*, simbol-simbol yang digunakan umumnya merepresentasikan aktivitas, peristiwa, dan keterkaitan antartugas dalam suatu proyek. Berikut ini beberapa simbol yang sering digunakan dalam *network planning* (seperti dalam diagram PERT atau CPM):



Gambar simbol Node

Node (Bulat atau Persegi)

Biasanya mewakili suatu kegiatan atau kejadian. Node ini dapat berisi informasi tentang durasi, sumber daya, atau nomor kegiatan.

Garis Putus-putus (*Dummy Activity*) ----->

Digunakan untuk menunjukkan hubungan logis tanpa aktivitas yang sebenarnya. Dalam PERT, *dummy activities* sering kali digunakan untuk menghindari kesalahan dalam jaringan logika.

Earliest Start Time (EST)/Earliest Finish Time (EFT)

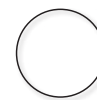
Informasi tambahan yang menunjukkan kapan suatu kegiatan dapat dimulai atau selesai paling awal dalam diagram.

Critical Path

Garis atau jalur terpanjang yang menunjukkan urutan kegiatan yang menentukan waktu penyelesaian proyek.

Panah (*Arrow*) →

Menunjukkan urutan atau hubungan antarkegiatan, sering kali disebut sebagai *dependencies*. Arah panah menunjukkan urutan waktu, dengan kegiatan yang bergantung pada kegiatan sebelumnya.



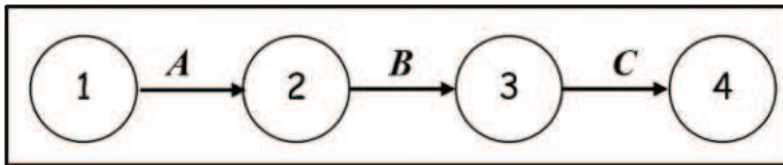
Event (Lingkaran kecil)

Digunakan dalam PERT untuk menunjukkan kejadian atau pencapaian penting dalam proyek, biasanya sebagai permulaan atau akhir dari satu atau lebih kegiatan.

Sebelum membuat diagram *network*, ada beberapa hal penting yang perlu diperhatikan:

- **Identifikasi Aktivitas:** pastikan setiap aktivitas atau tugas dalam proyek sudah terdefinisi dengan jelas, termasuk durasi dan sumber daya yang dibutuhkan.
- **Urutan Aktivitas:** tentukan urutan serta hubungan ketergantungan antaraktivitas. Beberapa aktivitas mungkin baru bisa dimulai setelah aktivitas lainnya selesai.
- **Estimasi Durasi:** setiap aktivitas perlu memiliki perkiraan durasi yang tepat untuk mengukur keseluruhan waktu proyek.
- **Ketergantungan Antaraktivitas (*Dependencies*):** identifikasi hubungan logis antaraktivitas, seperti aktivitas yang harus selesai lebih dulu (*precedence*) dan yang bisa dimulai setelahnya (*succession*).
- **Jalur Kritis (*Critical Path*):** temukan jalur kritis yang menentukan waktu penyelesaian proyek.
- **Penggunaan Simbol yang Konsisten:** pastikan simbol dan notasi yang digunakan tetap konsisten sehingga diagram mudah dimengerti oleh semua pihak yang terlibat.

Contoh 1 Diagram Network Planning:

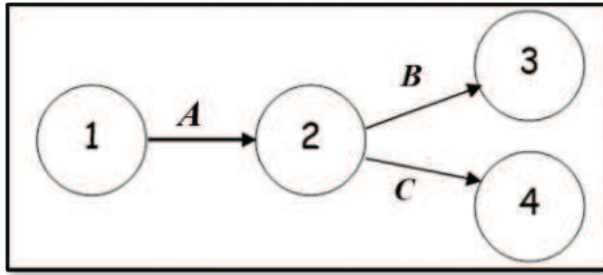


Gambar 6.26 Network Planning

Sumber: Dok. Arum (2024)

Sesuai gambar di atas, aktivitas C baru dapat dimulai apabila sudah aktivitas B selesai dikerjakan. Selanjutnya, aktivitas B baru dapat dimulai apabila sudah aktivitas A selesai dikerjakan.

Contoh 2 Diagram Network Planning:



Gambar 6.27 Network Planning

Sumber: Dok. Arum (2024)

Sesuai gambar di atas, aktivitas B baru dapat dimulai apabila aktivitas A sudah selesai. Selanjutnya, aktivitas C baru dapat dimulai apabila aktivitas A sudah selesai. Akan tetapi, dari gambar di atas pula tidak berarti kegiatan B dan C harus dimulai bersama-sama.

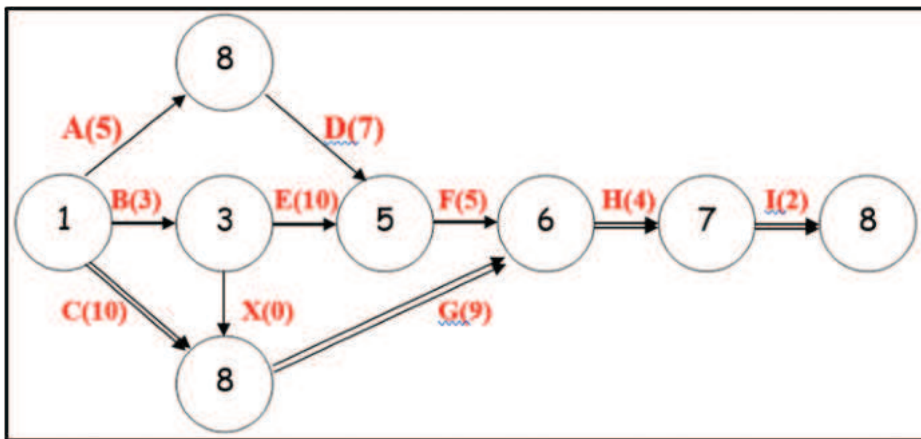
Contoh 3 Penggunaan Network Planning dan menentukan Lintasan Kritis:

Sebuah proyek pekerjaan pembuatan bata cetak. Aktivitas dari pembuatan bata cetak tersebut memiliki perkiraan waktu pelaksanaan dan urutan sebagai berikut:

Tabel 6.6. Aktivitas Pembuatan Bata Cetak

Kode Aktivitas	Aktivitas	Waktu Pelaksanaan (hari)	Kegiatan yang Mendahului
A	Menyiapkan bahan	5	-
B	Menyiapkan alat	3	-
C	Menyiapkan tenaga kerja	10	-
D	Mencampur bahan	7	A
E	Mencetak bata	10	B
F	Mengeringkan bata cetak	5	D dan E
G	Memanggang bata cetak	9	B dan C
H	Menata hasil bata	4	F dan G
I	Memeriksa dan menguji	2	H

Dengan notasi-notasi yang terdapat pada tabel di atas, maka dapat disusun suatu *Network Planning* sebagai berikut:



Gambar 6.28 *Network Planning* dengan Lintasan Kritis

Sumber: Dok. Arum (2024)

Berapa lama proyek dapat diselesaikan:

Ada 4 lintasan yang perlu diperhatikan dari awal pekerjaan sampai dengan akhir pekerjaan:

- 1) A-D-F-H-I memerlukan waktu:
 $5 + 7 + 5 + 4 + 2 = 23$ hari
- 2) B-E-F-H-I memerlukan waktu:
 $3 + 10 + 5 + 4 + 2 = 24$ hari
- 3) C-G-H-I memerlukan waktu:
 $10 + 9 + 4 + 2 = 25$ hari
- 4) B-X-G-H-I memerlukan waktu:
 $3 + 0 + 9 + 4 + 2 = 18$ hari

Dimana Lintasan Kritis (*Critical Path*)-nya:

Lintasan kritis (*Critical Path*) melalui aktivitas-aktivitas yang jumlah waktu pelaksanaannya paling lama adalah melalui C-G-H-I.

Apakah manfaat mengetahui Lintasan Kritis:

- Penundaan pekerjaan pada lintasan kritis akan menyebabkan seluruh pekerjaan tertunda penyelesaiannya.
- Pekerjaan dapat dipercepat penyelesaiannya apabila pekerjaan-pekerjaan yang ada di lintasan kritis dapat dipercepat.
- Pengawasan/kontrol hanya diletakkan pada lintasan kritis, maka pekerjaan-pekerjaan di jalur kritis perlu pengawasan yang ketat supaya pekerjaan tidak tertunda dan ada kemungkinan dipersingkat waktunya dengan tambahan biaya (lembur).

Aktivitas 6.8



Mari Latihan!

Sebuah proyek pekerjaan pembuatan *paving block*. Aktivitas dari pembuatan *paving block* tersebut memiliki perkiraan waktu pelaksanaan dan urutan sebagai berikut:

Kode Aktivitas	Aktivitas	Waktu Pelaksanaan (hari)	Kegiatan yang Mendahului
A	Menyiapkan bahan	4	-
B	Menyiapkan alat	3	-
C	Menyiapkan tenaga kerja	9	-
D	Mencampur bahan	5	A
E	Mencetak <i>paving block</i>	8	B
F	Mengeringkan <i>paving block</i>	10	C dan D
G	Memanggang <i>paving block</i>	9	E dan C
H	Menata hasil <i>paving block</i>	3	F dan G
I	Memeriksa dan menguji	4	H

Dengan notasi-notasi yang terdapat pada tabel di atas, susunlah dalam suatu *Network Planning* sesuai dengan kebutuhan pelaksanaan penyelesaian pekerjaan pembuatan *paving block*.

2. *Time Schedule* dan Kurva S

Time schedule dan kurva S merupakan dua alat krusial dalam manajemen proyek yang berperan dalam perencanaan, pemantauan, dan pengendalian perkembangan proyek. Namun, keduanya memiliki peran dan fokus yang berbeda.

a. *Time Schedule*

Time schedule merupakan jadwal terperinci yang menguraikan urutan dan durasi setiap aktivitas atau tugas dalam suatu proyek. Jadwal ini biasanya disajikan dalam bentuk diagram atau tabel yang menunjukkan waktu mulai dan berakhirnya tiap tugas. *Time schedule* berfokus pada pengelolaan waktu, memastikan seluruh tugas dan kegiatan proyek dilaksanakan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan.

Alat yang sering digunakan dalam pembuatan *time schedule* adalah *Gantt chart*, yang menggambarkan aktivitas proyek sepanjang garis waktu, memudahkan dalam memonitor kemajuan dan mendeteksi potensi keterlambatan. *Time schedule* digunakan untuk menentukan tenggat waktu, mengidentifikasi titik-titik kritis, serta menyusun urutan logis dari berbagai kegiatan dalam proyek.

Dalam manajemen proyek, pekerjaan yang berkaitan dengan *time schedule* melibatkan berbagai tahapan dan aktivitas yang dirancang untuk mengatur, mengelola, dan memantau durasi serta urutan kegiatan dalam sebuah proyek. Berikut ini beberapa jenis pekerjaan yang terkait dengan penjadwalan waktu (*time schedule*).



1) Pengidentifikasian Aktivitas (*Activity Identification*)

Tujuannya, memecah proyek menjadi aktivitas-aktivitas terpisah yang dapat dikelola. Contoh: mengidentifikasi setiap tugas, seperti "persiapan lahan," "penggalian," atau "pengiriman material."

2) Urutan Aktivitas (*Sequencing Activities*)

Tujuannya, menentukan urutan logis dari setiap aktivitas, termasuk ketergantungan antarkegiatan. Contoh: menyusun urutan kegiatan harus dilakukan, seperti penggalian harus selesai sebelum fondasi bisa dibangun.

3) Estimasi Durasi (*Duration Estimation*)

Tujuannya, memperkirakan berapa lama setiap aktivitas akan memakan waktu. Contoh: menghitung pemasangan struktur baja akan memakan waktu 10 hari.

4) Pembuatan Jadwal Proyek (*Schedule Development*)

Tujuannya, membuat jadwal proyek lengkap, yang biasanya berupa diagram *Gantt* atau *network* diagram. Contoh: menyusun jadwal menggunakan perangkat lunak seperti Microsoft Project atau Primavera.

5) Penentuan Jalur Kritis (*Critical Path Determination*)

Tujuannya, mengidentifikasi jalur terpanjang dalam proyek yang menentukan durasi total proyek. Contoh: menentukan urutan aktivitas $A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow E$ adalah jalur kritis karena durasi aktivitas ini menentukan kapan proyek akan selesai.





6) Pengalokasian Sumber Daya (*Resource Allocation*)

Tujuannya, menetapkan sumber daya yang diperlukan untuk setiap aktivitas dan memastikan sumber daya tersebut tersedia tepat waktu. Contoh: mengalokasikan pekerja, peralatan, dan bahan sesuai dengan kebutuhan setiap aktivitas dalam jadwal.

7) Monitoring dan Pengendalian Jadwal (*Schedule Monitoring and Control*)

Tujuannya, memantau perkembangan proyek dan membandingkan kemajuan aktual dengan jadwal yang telah direncanakan. Contoh: menggunakan laporan kemajuan mingguan untuk memastikan proyek berjalan sesuai jadwal, dan melakukan penyesuaian jika diperlukan.

8) Penyesuaian Jadwal (*Schedule Adjustment*)

Tujuannya, mengubah jadwal proyek jika terjadi perubahan durasi kegiatan, sumber daya, atau ketergantungan antaraktivitas. Contoh: menunda beberapa aktivitas atau mempercepat pekerjaan dengan menambah tenaga kerja untuk mengejar ketertinggalan.

9) Manajemen Waktu Cadangan (*Float/Slack Management*)

Tujuannya, mengelola waktu tambahan yang dimiliki aktivitas nonkritis tanpa memengaruhi waktu penyelesaian proyek. Contoh: mengidentifikasi kegiatan yang bisa ditunda beberapa hari tanpa memengaruhi jalur kritis.

10) Pelaporan Jadwal (*Schedule Reporting*)

Tujuannya, menyusun laporan kemajuan jadwal untuk disampaikan kepada manajemen atau klien. Contoh: menyajikan laporan mingguan apakah proyek sesuai dengan jadwal atau mengalami keterlambatan.

b. Kurva S

Kurva S adalah gambaran grafis yang menunjukkan perkembangan proyek, mengilustrasikan hubungan antara waktu dan sumber daya (seperti biaya atau volume pekerjaan) yang telah atau direncanakan untuk digunakan selama proyek berlangsung. Kurva S lebih menekankan pada pemantauan dan evaluasi kinerja proyek dibandingkan dengan rencana yang telah dibuat. Grafik ini memberikan visualisasi tentang bagaimana pekerjaan atau anggaran yang digunakan berubah seiring waktu, serta membandingkannya dengan yang direncanakan.

Kurva S biasanya dibuat dengan mem-*plot* data kumulatif biaya atau kemajuan kerja terhadap waktu, menghasilkan grafik berbentuk "S" karena laju kemajuan yang biasanya lambat di awal, meningkat di tengah, dan melambat kembali menjelang akhir proyek. Kurva S digunakan untuk memantau apakah proyek berjalan sesuai dengan anggaran dan jadwal yang telah ditetapkan, serta untuk mendeteksi perbedaan antara rencana dan realisasi.

Menyusun Kurva S dalam proyek konstruksi adalah proses yang membantu dalam merencanakan, memonitor, dan mengendalikan progres proyek. Berikut ini langkah-langkah untuk menyusun Kurva S:

1) Kumpulkan Data Proyek

- Identifikasi semua kegiatan yang akan dilakukan selama proyek.
- Buat *Work Breakdown Structure* (WBS) untuk memecah proyek menjadi bagian-bagian lebih kecil.
- Tentukan durasi setiap kegiatan berdasarkan rencana dan pengalaman.

2) Buat Jadwal Proyek

- Susun jadwal proyek menggunakan perangkat lunak seperti Microsoft Project atau Primavera.
- Tentukan urutan kegiatan berdasarkan ketergantungan atau hubungan antaraktivitas.

3) Alokasikan Sumber Daya

- Tentukan sumber daya yang dibutuhkan untuk setiap kegiatan, termasuk tenaga kerja, bahan, dan peralatan.
- Perkirakan biaya dan waktu yang dibutuhkan untuk setiap kegiatan.

4) Hitung Nilai Perkiraan (*Budgeted Cost*)

- Tentukan biaya yang dianggarkan untuk setiap kegiatan. Ini dikenal sebagai *Planned Value* (PV) atau *Budgeted Cost of Work Scheduled* (BCWS).

5) Buat Grafik Kurva S

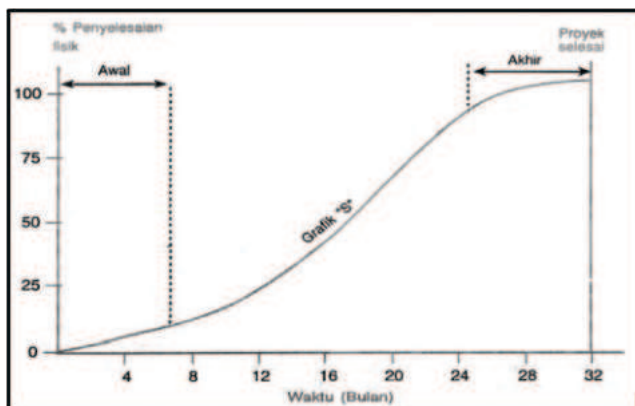
- Plot data waktu dan biaya: waktu di sumbu X dan biaya/kegiatan di sumbu Y.
- Hitung akumulasi biaya/kegiatan dari waktu ke waktu, lalu plot secara kumulatif untuk mendapatkan bentuk kurva yang menyerupai huruf "S".
- Gunakan perangkat lunak seperti Excel, Microsoft Project, atau Primavera untuk membuat grafik Kurva S.

6) Pantau Progres Proyek

- Setelah proyek berjalan, bandingkan progres aktual dengan yang direncanakan.
- Plotkan *Actual Cost of Work Performed* (ACWP) untuk melihat perbandingan antara rencana dan realisasi.

7) Analisis dan Penyesuaian

- Jika terdapat deviasi antara rencana dan aktual, lakukan analisis untuk memahami penyebabnya.
- Sesuaikan rencana atau sumber daya bila diperlukan untuk mengembalikan proyek ke jalurnya.



Gambar 6.29 Bentuk Kurva S

Sumber: Dok. Arum (2024)

Contoh:

Penyusunan *Time Schedule* Pekerjaan Perencanaan Pembangunan Jembatan Beton Bentang 15 Meter di Sungai Kuningan Kecamatan Semarang Utara.

Rencana Anggaran Biaya

Kegiatan : Pembangunan Jembatan

Wilayah : Kota Semarang

Tabel 6.7. Tabel RAB dan *Time Schedule* Pekerjaan Jembatan di Sungai Kuningan, Semarang

No	Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
DIV 1. UMUM					
1a	Mobilisasi	Ls	1,0	35.948.000,00	35.948.000,00
1b	Rambu Peringatan	buah	2	250.000,00	500.000,00
1c	Kerucut Lalu Lintas	buah	2	125.000,00	250.000,00
1d	Alat Penerangan Sementara	buah	2	200.000,00	400.000,00
					37.098.000,00
DIV 2. PEKERJAAN TANAH					
2a	Galian Tanah Biasa	m ³	2.330,70	35.690,00	83.182.608,00
2b	Timbunan Hasil Galian	m ³	235,53	95.718,00	22.544.098,00
					105.726.706,00
DIV 3. PERKERASAN BERBUTIR					
3a	Lapis Fondasi Agregat Kelas A	m ³	131,18	337.948,00	44.333.370,00
3b	Perkerasan Beton Semen	m ³	70,07	544.639,00	38.160.676,00
					82.494.047,00
DIV 4. PERKERASAN ASPAL					
4a	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair	Ltr	1,72	9.095,00	15.643,00
4b	Lapis Perekat - Aspal Cair	Ltr	1,72	7.549,00	12.984,00
4c	Laston Asbuton (AC-BC)	m ³	17,20	984.518,00	16.933.042,00
					16.961.669,00
Total:					242.280.422,00

Time Schedule

No.	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA (Rp)	BOBOT	DURASI PELAKSANAAN												KET		
				The First Month				The Second Month				The Third Month						
				7 Days	7 Days	7 Days	7 Days	7 Days	7 Days	7 Days	7 Days	7 Days	7 Days	7 Days	7 Days			
1	DIV 1. U M U M	37,098,000	15.312	3.83	3.83	3.83	3.83											100%
2	DIV 2. PEKERJAAN TANAH	105,726,706	43.638					7.27	7.27	7.27	7.27	7.27	7.27					
3	DIV 3. PERKERASAN BERBUTIR	82,494,047	34.049									11.35	11.35	11.35				
4	DIV 4. PERKERASAN ASPAL	16,961,669	7.001											1.75	1.75	1.75	1.75	0%
TOTAL		Rp242,280,422																
BUDGETING EXCLUDED VAT (Rp)				Rp 54,719,117.74				Rp 180,199,619.79				Rp 242,280,421.71						
A	JUMLAH BOBOT RENCANA		100.00	3.828	3.828	3.828	11.101	7.273	7.273	18.623	18.623	20.373	1.750	1.750	1.750	1.750		
B	BOBOT RENCANA KUMULATIF			3.828	7.656	11.484	22.585	29.858	37.131	55.754	74.376	94.749	96.500	98.250	100.000	100.000		

Gambar 6.30 Contoh Time Schedule

Sumber: Muhammad Hafizh Athaillah (2022)

Aktivitas 6.9

Mari Latihan!

Sebuah proyek pembangunan gedung memiliki 5 tahapan kegiatan utama sebagai berikut:

Kegiatan	Durasi (minggu)	Biaya (juta rupiah)
1. Pekerjaan Persiapan	2 minggu	100 juta
2. Pekerjaan Struktur	4 minggu	300 juta
3. Pekerjaan Dinding & Plafon	3 minggu	150 juta
4. Pekerjaan <i>Finishing</i>	2 minggu	100 juta
5. Pekerjaan Listrik & <i>Plumbing</i>	2 minggu	50 juta

Susunlah Kurva S proyek ini berdasarkan data di atas dengan total waktu 13 minggu dan biaya total 700 juta rupiah. Gunakan metode akumulasi biaya berdasarkan waktu. Kurva S ini menggambarkan akumulasi biaya terhadap waktu dan menunjukkan kapan beban biaya terbesar terjadi. Grafik ini dapat digunakan untuk memantau dan mengontrol progres proyek sesuai jadwal dan anggaran.

Uji Kompetensi

Buatlah 6 kelompok yang akan membahas studi kasus dengan pembagian sebagai berikut.

1. Kelompok 1 dan kelompok 2

Kalian bertugas sebagai bagian dari tim perencana untuk proyek pembangunan jalan lingkungan sepanjang 3 km dengan lebar 5 meter. Proyek ini mencakup beberapa jenis pekerjaan berikut:

- Pekerjaan pembersihan lahan, termasuk pembersihan semak dan pengangkutan material sisa.
- Pekerjaan lapisan fondasi bawah (*subbase*) menggunakan material agregat kelas B setebal 20 cm.
- Pekerjaan lapisan perkerasan aspal, terdiri atas lapisan aspal beton setebal 5 cm.

Sebagai bagian dari tugas, kalian diminta menyusun volume pekerjaan dan menentukan harga satuan dengan data tambahan sebagai berikut:

- Harga material dan alat tersedia, tetapi biaya tenaga kerja belum dirinci.
- Kondisi tanah di lokasi tidak merata sehingga diperlukan penyesuaian perhitungan volume pada beberapa segmen.
- Material agregat harus diangkut dari lokasi tambang yang berjarak 50 km dari lokasi proyek.

Berdasarkan informasi yang diberikan, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut!

- a. Jelaskan langkah-langkah dalam menghitung volume pekerjaan untuk lapisan fondasi bawah dan lapisan aspal!
- b. Sebutkan komponen utama yang perlu diperhatikan dalam penyusunan harga satuan untuk pekerjaan pembersihan lahan!
- c. Bagaimana cara menghitung kebutuhan material agregat dan aspal, termasuk memperhitungkan transportasi dari tambang ke lokasi proyek?
- d. Jelaskan pentingnya survei lapangan dalam memastikan perhitungan volume pekerjaan akurat!
- e. Sebutkan langkah-langkah yang kalian lakukan untuk menyusun analisis harga satuan pekerjaan berdasarkan data material, alat, dan tenaga kerja!

2. Kelompok 3 dan kelompok 4

Kalian bertugas sebagai teknisi perencanaan dalam proyek pembangunan saluran irigasi sepanjang 4 km untuk keperluan pertanian. Saluran irigasi ini memiliki dimensi yang bervariasi di sepanjang rute, dengan lebar saluran antara 1 meter hingga 2 meter dan kedalaman yang bervariasi antara 1 meter hingga 2,5 meter. Proyek mencakup beberapa jenis pekerjaan, yakni:

- Pekerjaan galian tanah untuk membuat saluran irigasi dengan dimensi yang telah ditentukan.
- Pekerjaan pemasangan batu pada dinding saluran untuk mencegah erosi.
- Pekerjaan pemasangan pintu air di beberapa titik pengaturan aliran air.

Sebagai bagian dari tim perencana, kalian diminta untuk menyusun volume pekerjaan dan harga satuan untuk pekerjaan ini dengan data berikut:

- Untuk galian tanah, diperlukan ekskavator dengan biaya sewa tertentu per jam dan per hari.
- Pekerjaan pemasangan batu membutuhkan tenaga kerja manual, material batu.
- Pemasangan pintu air memerlukan material khusus dengan biaya tambahan.
- Ada variasi jenis tanah yang harus diperhitungkan dalam volume galian.

Berdasarkan informasi yang diberikan, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut!

- a. Jelaskan langkah-langkah dalam menghitung volume pekerjaan galian tanah, termasuk cara menangani variasi lebar dan kedalaman saluran!
- b. Sebutkan metode yang digunakan untuk menghitung volume pekerjaan pemasangan batu, serta bagaimana mempertimbangkan kualitas material batu dalam perhitungan?
- c. Bagaimana cara menentukan harga satuan untuk pekerjaan pemasangan pintu air, dengan memperhatikan biaya material dan tenaga kerja?
- d. Apa saja faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penyusunan harga satuan untuk pekerjaan irigasi, terutama terkait dengan penggunaan alat berat dan tenaga kerja?
- e. Jelaskan pentingnya koordinasi tim lapangan dalam memastikan volume dan harga satuan yang disusun sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan!

3. Kelompok 5 dan kelompok 6

Kalian bertugas sebagai teknisi perencanaan dalam proyek pembangunan jembatan dengan panjang 50 meter yang menghubungkan dua wilayah. Jembatan ini terdiri atas beberapa komponen utama:

- Pekerjaan fondasi, termasuk pengeboran tiang pancang dan pengecoran fondasi.
- Pekerjaan struktur atas, meliputi pembuatan balok beton bertulang dan pemasangan dek jembatan.
- Pekerjaan pelapisan dan perapihan, seperti pengecatan dan pemasangan *railing* jembatan.

Untuk proyek ini, kalian harus menyusun volume pekerjaan dan menentukan harga satuan untuk setiap komponen dengan data tambahan berikut.

- Untuk pekerjaan fondasi, diperlukan alat bor tiang pancang yang disewa berdasarkan durasi penggunaan.
- Pekerjaan pengecoran beton membutuhkan material semen, pasir, dan kerikil, dengan harga tiap material per kubik.
- Struktur atas memerlukan balok beton bertulang yang dibuat di pabrik dan harus dihitung berdasarkan panjang dan berat.
- Pekerjaan perapihan (*finishing*) melibatkan material cat khusus untuk beton dan stainless steel untuk *railing*.

Berdasarkan informasi yang diberikan, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut!

- a. Jelaskan langkah-langkah yang kalian lakukan dalam menghitung volume pekerjaan fondasi, khususnya untuk pengecoran fondasi!
- b. Bagaimana kalian menghitung volume pekerjaan struktur atas, khususnya dalam perhitungan balok beton bertulang dan dek jembatan?
- c. Sebutkan langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk menghitung volume pekerjaan perapihan (*finishing*), seperti pengecatan dan pemasangan *railing*!
- d. Apa saja komponen yang perlu dipertimbangkan dalam penyusunan harga satuan untuk pekerjaan jembatan, dan bagaimana kalian menentukan harga untuk setiap komponen?
- e. Jelaskan bagaimana kalian memastikan perhitungan volume dan harga satuan yang disusun akurat dan sesuai dengan kondisi lapangan!

Pengayaan

Untuk menambah wawasan kalian tentang materi estimasi biaya pada pekerjaan konstruksi jalan, irigasi, dan jembatan, simak tayangan video pada pranala berikut.

Membuat RAB dengan Excel

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Pengayaan1>



Menyusun RAB Proyek Jalan

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Pengayaan2>



Menyusun RAB Proyek Saluran Irigasi

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Pengayaan3>



Menghitung Volume Pekerjaan Jembatan Sederhana

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Pengayaan4>



Membuat Time Schedule Pekerjaan

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Pengayaan5>



Membuat Kurva S

Pranala: <https://buku.kemdikbud.go.id/s/KJIJ-Pengayaan6>



Selain itu, kalian dapat membaca buku referensi terkait estimasi biaya pada pekerjaan konstruksi jalan, irigasi, dan jembatan di perpustakaan sekolah.

Refleksi

Kalian sudah mempelajari dan memahami materi penerapan pekerjaan estimasi biaya, penyusunan volume dan harga satuan pekerjaan serta penerapan *network planning*, *time schedule*, dan kurva S pada pekerjaan konstruksi jalan, irigasi, dan jembatan ini secara tuntas. Dari materi yang sudah dijelaskan, hal apa yang masih dirasa paling sulit untuk dikuasai/dipahami? Diskusikan kesulitan tersebut dengan teman maupun guru kalian.

Menurut kalian, apakah pekerjaan sebagai estimator, khususnya pekerjaan jalan, irigasi, dan jembatan itu menyenangkan dan membuat kalian termotivasi? Ataukah, malah terkesan sangat berat dan menantang apabila dijalani dengan penuh disiplin serta bertanggung jawab? Apakah kalian nanti ingin bekerja sebagai estimator? Untuk tujuan itu, apa yang akan kalian siapkan? Apa yang kalian akan lakukan agar menjadi estimator yang hebat ke depannya?

Glosarium

abutmen	struktur yang terletak pada ujung jembatan atau dam yang berfungsi sebagai penumpu bentangan jembatan atau dam
adekuat	memenuhi syarat; memadai; sama harkatnya
andas	komponen jembatan yang berfungsi menyalurkan beban jembatan ke abutmen dan fondasi.
<i>bekisting</i>	konstruksi sementara yang berfungsi sebagai cetakan untuk membentuk dan menahan beton saat proses pengecoran.
beton	campuran semen, kerikil, dan pasir yang diaduk dengan air untuk tiang rumah, pilar, dinding, dan sebagainya
<i>curing</i>	perawatan beton yang dilakukan setelah beton dicor untuk menjaga kelembapan dan suhu.
dek	permukaan datar yang dapat menahan beban
<i>dowel</i>	batang besi atau baja yang berfungsi sebagai penghubung dua komponen struktur pada perkerasan jalan
elevasi	ketinggian suatu tempat terhadap daerah sekitarnya (di atas permukaan laut)
estimasi biaya	proses memperkirakan atau memprediksi jumlah biaya yang dibutuhkan untuk suatu kegiatan
estimator	seorang profesional yang bertanggung jawab menilai biaya proyek konstruksi
fondasi	dasar bangunan yang kuat, biasanya (terdapat) di bawah permukaan tanah tempat bangunan itu didirikan
gelagar	konstruksi baja atau beton yang membentuk bentangan jembatan, dermaga, atap. Gelagar dapat diartikan pula sebagai bentangan baja atau kayu yang mendukung kuda-kuda lantai.
geologi	ilmu tentang komposisi, struktur, dan sejarah bumi
geometrik	cara membangun badan jalan raya di atas permukaan tanah, baik secara vertikal maupun horizontal

geoteknik	penerapan asas teknik secara ilmiah dalam memperoleh, menafsirkan, dan menggunakan pengetahuan tentang kerak bumi untuk penyelesaian permasalahan teknik sipil.
girder	gelagar jembatan yang terdiri atas balok yang akan mendukung semua beban yang bekerja pada jembatan kemudian meneruskannya ke struktur bawah jembatan.
hidrologi	ilmu tentang air di bawah tanah, ketersediaannya, peredaran dan sebarannya, persifatan kimia dan fisiknya, reaksi dengan lingkungan, termasuk hubungannya dengan makhluk hidup
hidraulika	cabang atau ilmu teknik yang berkenaan dengan gerakan air, yaitu penggunaan air untuk menghasilkan tenaga
infrastruktur	prasarana atau fasilitas dan struktur dasar yang dibutuhkan untuk mendukung kegiatan masyarakat dan perusahaan, baik secara fisik maupun sosial. Infrastruktur berupa bangunan, jalan, jembatan, bendungan, dan sebagainya.
kalibrasi	proses mengecek dan mengatur akurasi alat ukur atau sistem dengan membandingkannya sesuai standar atau tolok ukur sehingga hasil pengukuran yang dilakukan akurat dan konsisten.
kolom	tiang (pilar) penyangga (biasanya dari beton yang bertulang besi)
konstruksi	susunan (model, tata letak) suatu bangunan (jembatan, rumah, dan sebagainya)
kontraktor	pemborong; orang atau perusahaan yang melakukan pekerjaan konstruksi suatu bangunan
kurva S	diagram yang menggambarkan suatu grafik hubungan antara waktu pelaksanaan proyek dimulai dari awal hingga selesai yang dicapai dalam nilai material
korosi	proses kimia atau elektrokimia kompleks yang merusak logam melalui reaksi dengan lingkungannya
lanskap	tata ruang di luar gedung (untuk mengatur pemandangan alam)
lean concrete	jenis beton yang memiliki jumlah semen yang sedikit, sekitar 7%, disebut juga dengan istilah beton ramping

markah jalan	tanda (garis membujur, garis melintang, garis serong, atau lambang) yang berada di permukaan jalan untuk mengarahkan lalu lintas.
material	bahan mentah untuk bangunan (seperti pasir, kayu, kapur)
mekanika teknik	cabang ilmu teknik yang mempelajari perilaku benda padat, baik dalam keadaan statis (tidak bergerak) maupun dinamis (bergerak). Mekanika teknik dikenal juga dengan istilah mekanika rekayasa.
network planning	proses pengaturan dan pengorganisasian operasi jaringan secara strategis yang dapat digunakan sebagai metode untuk mengoptimalkan perencanaan, pengendalian, dan penjadwalan.
oprit	timbunan tanah atau urugan yang dibuat di belakang abutmen jembatan untuk menghindari penurunan.
pemadatan	proses memadatkan butir-butir tanah dengan cara menggilas, memukul, dan sebagainya sehingga mengurangi volume pori dan membuat tanah menjadi padat.
pemetaan	proses menyajikan informasi muka bumi atau pengelompokan wilayah yang memiliki letak geografis dalam bentuk peta.
perkerasan	struktus berlapis yang membentuk permukaan jalan, jalan raya, atau landasan pacu pesawat
plesteran	proses menutupi permukaan dinding dengan campuran bahan seperti semen, pasir, dan air untuk membuat dinding menjadi rata dan rapi
railing	konstruksi besi yang dipadu menjadi suatu pegangan (pada rumah bertingkat, gedung, dan sebagainya) sekaligus berfungsi sebagai pagar pengaman
rangka	bentuk dasar tempat mesin atau alat yang berfungsi sebagai penyangga atau penguat kedudukan
renggangan	celah; antara
sambungan ekspansi	celah yang dirancang untuk mengakomodasi pergerakan bangunan akibat perubahan suhu, guncangan angin, penurunan, dan seismik
sempadan	tanda batas (seperti pancang, garis)
skema	bagan; rangka; kerangka (rancangan dan sebagainya)

slab	pelat lantai atau sebuah elemen struktur horizontal yang berfungsi menyalurkan beban mati maupun beban hidup menuju rangka pendukung vertikal dari suatu sistem struktur.
staking out	proses memindahkan atau menandai titik-titik yang ada di peta perencanaan ke permukaan bumi atau lapangan.
spillway	pelimpah atau bangunan yang berfungsi untuk mengalirkan kelebihan air dari waduk bendungan ke saluran hilir.
struktur	cara sesuatu disusun atau dibangun; susunan; bangunan
stripping	kegiatan pemindahan lapisan tanah yang juga dikenal sebagai pengupasan tanah atau <i>overburden removal</i>
survei	teknik riset dengan memberi batas yang jelas atas data; pengukuran (tanah)
surveyor	orang yang bertugas melakukan survei atau pengukuran untuk mendapatkan data tentang suatu wilayah atau objek tertentu.
tegangan	gaya pada tali atau batang yang menunjang beban atau yang disebabkan oleh rentangan antara dua titik
teodolit	alat ukur sudut tengah dan mendatar dalam menentukan jarak dan tinggi sesuatu (yang dipakai oleh juru ukur tanah)
topografi	kajian atau penguraian yang terperinci tentang keadaan muka bumi pada suatu daerah;
total station	alat ukur elektronik yang berfungsi untuk mengukur jarak dan sudut secara otomatis. Alat ini merupakan pengembangan dari teodolit, dan merupakan gabungan dari teodolit elektronik, pengukur jarak elektronik, dan pencatat data elektronik.
transversal	potongan melintang
time schedule	tahapan yang mendefinisikan proses-proses yang perlu dilakukan selama proyek berlangsung.
uji slump	pengujian yang dilakukan untuk mengukur tingkat konsistensi adonan beton yang baru dibuat

Daftar Pustaka

- Badri, Sofwan. *Dasar-Dasar Network Planning*. Yogyakarta: Rineka Cipta, 1991.
- Bentley Systems. *Bridge Design and Analysis*. Retrieved from <https://www.bentley.com/en/products/brands/bridge>, 2024.
- CAD. *AutoCAD User Guide*. Autodesk, Inc, 2023.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. *Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan*. Direktorat Pembinaan Jalan Kota, 1992.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. *Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta, 1992.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. *Pedoman Pemeliharaan Rutin Jembatan*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2011. <https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/1047/pedoman-pemeliharaan-rutin-jembatan.pdf>
- Direktorat Jenderal Bina Marga. *Pedoman Pemeliharaan Berkala Jembatan*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2011. https://binamarga.pu.go.id/index.php/konten/ebook_show/nspk/1048_pedoman-pemeliharaan-berkala-jembatan
- Direktorat Jenderal Bina Marga. *Prosedur Pemeliharaan Jembatan*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2016. https://binamarga.pu.go.id/index.php/konten/ebook_show/nspk/1351_sopupmdjbm-13-tentang-prosedur-pemeliharaan-jembatan
- Hibbeler, R. C. *Structural Analysis* (10th ed.). Pearson, 2017.
- Jalan Pekerjaan Umum. *Data Jalan Dinas Pekerjaan Umum Kota Semarang*. Badan Penerbit Dinas Pekerjaan Umum, Semarang, 2024.
- Lawson, Robert M. *Bridge Engineering Handbook*. CRC Press, 2008.
- McCormac, J. C., & Nelson, J. K. *Structural Steel Design* (6th ed.). Pearson, 2017.
- Moaveni, S. *Engineering Mechanics: Statics & Dynamics*. Boston: Cengage Learning, 2020.
- Muda, Iskandar. *Teknik Survei dan Pemetaan Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- Mulyadi, Budi. *Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Proyek Konstruksi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2019.
- Nasution, Thamrin. *Modul Konstruksi Jembatan Rangka*. Universitas Negeri Medan, 2012.
- Nurrochmad, Fatchan. *Manajemen Irigasi*. Yogyakarta: UGM Press, 2023.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 30/PRT/M/2007 tentang Pedoman Pengembangan dan Pengelolaan Sistem Irigasi Partisipatif. 2007. <https://jdih.pu.go.id/internal/assets/assets/produk/PermenPUPR/2007/09/PermenPU30-2007.pdf>

- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 30/PRT/M/2015 tentang Pengembangan dan Pengelolaan Sistem Irigasi. 2015. <https://jdih.pu.go.id/internal/assets/assets/produk/PermenPUPR/2015/05/PermenPUPR30-2015.pdf>
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2015 tentang Eksploitasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi. 2015.
- Prawoto, Hadi. *Teknologi Konstruksi Jembatan*. Bandung: ITB Press, 2015.
- PUPR BPJT. Channel Seputar Info Update Progres Jalan Tol di Indonesia. <https://www.youtube.com/@PUPRBPJT>
- Russell C., Brinker. *Dasar-Dasar Pengukuran Tanah*. Jakarta: Erlangga, 2000.
- Samsudin, Udin, & Budi Saepulyadi. *Estimasi Biaya Konstruksi*. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMK, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, 2019.
- Setiyawan, Bobby Hari, Wiwik Handayani, dan Dwi Haryanto. *Konstruksi Jalan dan Jembatan*. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMK, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, 2019.
- Soeharto, Iman. *Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional*. Jakarta: Erlangga, 1997.
- Sukamto, Slamet. *Teknik Perencanaan dan Pelaksanaan Konstruksi Jembatan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2010.
- Sulistyowati, Naniek, Galeh Nur Indriatno Putra Pratama, dan Dhar Heri Arimaya. *Dasar-Dasar Konstruksi dan Perawatan Bangunan Sipil kelas X*. Jakarta: Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia, 2023.
- SNI 1725:2016. *Beban Minimum untuk Perancangan Jembatan*. 2016.
- SNI 1729:2020. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. 2020.
- Timoshenko, S., & Gere, J. M. *Theory of Elasticity*. McGraw-Hill, 1961.
- Triatmadja, R. *Desain Struktur Jembatan Beton*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2007.
- Vebrianingtyas, Arum Fajar. *Teknik Pengukuran Tanah*. Malang: PT Kuantum Buku Sejahtera, 2020.
- Wongsotjitra, Soetomo. *Ilmu Ukur Tanah*. Yogyakarta: Kanisius, 1992.
- Zong, H., & Li, Y. *Load Distribution and Structural Safety of Composite Bridges*. *Engineering Structures*, 102, 125-136, 2015.

Daftar Kredit Gambar

<https://unsplash.com/photos/a-man-standing-next-to-a-yellow-and-black-tripod-AZzGbdlPE18> diunduh pada tanggal 6 Oktober 2024.

<https://unsplash.com/photos/the-sun-is-setting-over-a-highway-near-the-ocean-Lo3x103iBew> diunduh pada tanggal 6 Oktober 2024.

<https://unsplash.com/photos/a-rack-filled-with-lots-of-yellow-hard-hats-wp81DxKUd1E> diunduh pada tanggal 6 Oktober 2024.

<https://unsplash.com/photos/an-aerial-view-of-a-highway-and-a-city-wdokofLVq9U> diunduh pada tanggal 30 April 2025.

Gambar 2.1: <https://www.acehtrend.com/news/hasil-kajian-tim-teknis-jembatan-ulee-raket-ambruk-karena-faktor-alam/index.html> diunduh pada tanggal 1 Agustus 2024.

Gambar 2.2: <https://aceh.tribunnews.com/2016/12/14/bangunan-robok-salah-konstruksi> diunduh pada tanggal 1 Agustus 2024.

Gambar 2.3: <https://ekonomi.bisnis.com/read/20181219/47/871201/amblesnya-jalan-gubeng-diduga-kegagalan-sistem-penahan-tanah> diunduh pada tanggal 1 Agustus 2024.

Gambar 2.4: https://regional.kompas.com/image/2022/03/31/140318478/jalan-ambles-akibat-hujan-deras-akses-menuju-pusat-kabupaten-seram-bagian?lgn_method=google&google_btn=onetap diunduh pada tanggal 1 Agustus 2024.

Gambar 2.5: <https://soloraya.solopos.com/tanggul-saluran-irigasi-di-winong-sragen-ambrol-ini-yang-dilakukan-pemkab-1399828> diunduh pada tanggal 1 Agustus 2024.

Gambar 2.6: <https://pelitainvestigasi.com/2023/07/14/pekerjaan-proyek-jaringan-irigasi-seumur-jagung-diduga-tidak-sesuai-spek/> diunduh pada tanggal 1 Agustus 2024.

Gambar 2.7: <https://bitumen6070.com/the-effect-of-lime-on-increasing-the-durability-of-asphalt/#&gid=1&pid=1> diunduh pada tanggal 1 Agustus 2024.

Gambar 2.8: <https://ekonomi.bisnis.com/read/20181219/47/871201/amblesnya-jalan-gubeng-diduga-kegagalan-sistem-penahan-tanah> diunduh pada tanggal 1 Agustus 2024.

Gambar 2.10: <https://dpu.kulonprogokab.go.id/detil/303/mengenal-bangunan-irigasi-bangunan-utama> diunduh pada tanggal 1 Agustus 2024.

Gambar 2.12: https://www.researchgate.net/figure/Gambar-121-Parameter-Penampang-Melintang-Saluran-Trapeسيوم_fig1_323335382 diunduh pada tanggal 1 Agustus 2024.

Gambar 2.13: <https://kabarsauronline.com/2020/11/19/rencana-pembangunan-drainase-dpuprp-memulai-penggalian/> diunduh pada tanggal 1 Agustus 2024.

Gambar 2.14: <https://eprints.uny.ac.id/1971/1/KAJIAN%20ULANG%20STABILITAS%20GESER%20DAN%20GULING%20PARAFET%20DI%20SUNGAI%20G.pdf> diunduh pada tanggal 1 Agustus 2024.

Gambar 2.15: <https://files1.simpkb.id/guruberbagi/rpp/680243-1673333772.pdf> diunduh pada tanggal 1 Agustus 2024.

Gambar 2.16: <https://aceh.tribunnews.com/2020/07/06/jembatan-penghubung-di-pante-kuyun-ancam-keselamatan-pengendara> diunduh pada tanggal 1 Agustus 2024.

Gambar 2.17: <https://www.istockphoto.com/id/foto/jembatan-batu-bata-abad-pertengahan-gm1202273251-345096000> diunduh pada tanggal 1 Agustus 2024.

Gambar 2.18: https://id.pngtree.com/freebackground/concrete-bridge-spanning-water_2489472.html diunduh pada tanggal 1 Agustus 2024.

Gambar 2.19: <https://timesindonesia.co.id/peristiwa-nasional/166819/jembatan-baja-terbesar-di-indonesia-dipasang-di-jayapura> diunduh pada tanggal 1 Agustus 2024.

Gambar 2.20: <https://indoprecast.com/pengertian-jembatan-komposit-dan-cara-kerjanya/> diunduh pada tanggal 1 Agustus 2024.

Gambar 2.21: <https://www.shutterstock.com/id/image-photo/bridge-over-highway-on-background-mountains-745861345> diunduh pada tanggal 1 Agustus 2024.

Gambar 2.22: <https://jogya.com/jogja-akan-miliki-jembatan-penyeberangan-orang-jpo-lagi/> diunduh pada tanggal 1 Agustus 2024.

Gambar 2.23: <https://jogjapolitan.harianjogja.com/read/2023/07/04/510/1140741/pemerintah-tetapkan-3-bangunan-di-diy-ini-sebagai-cagar-budaya-salah-satunya-jembatan-mbeling> diunduh pada tanggal 1 Agustus 2024.

Gambar 2.24: <https://ekonomi.republika.co.id/berita/ol30ks383/kemen-pupr-akan-bangun-bendungan-way-apu-tahun-ini> diunduh pada tanggal 2 Agustus 2024.

Gambar 2.25: <https://dpu.kulonprogokab.go.id/detil/618/vvv> diunduh pada tanggal 2 Agustus 2024.

Gambar 2.26: <https://manado.tribunnews.com/2018/10/29/digratiskan-oleh-presiden-jokowi-berikut-5-fakta-menarik-jembatan-tol-suramadu?page=1> diunduh pada tanggal 2 Agustus 2024.

<https://unsplash.com/photos/a-group-of-men-wearing-safety-vests-working-on-a-road-U6U5OCxZ5cM> diunduh pada tanggal 30 April 2025.

<https://unsplash.com/photos/a-group-of-workers-at-a-construction-site-2fq6HAG7PUw> diunduh pada tanggal 30 April 2025.

<https://unsplash.com/photos/a-man-kneeling-down-next-to-a-street-xMLsIJ4gLEY> diunduh pada tanggal 30 April 2025.

<https://unsplash.com/photos/aerial-photo-of-roa-nvuemQpMBes> diunduh pada tanggal 30 April 2025.

https://unsplash.com/photos/a-couple-of-motorbikes-on-a-road-with-water-on-the-side-7WBZAPSW_00 diunduh pada tanggal 1 Mei 2025.

Gambar 4.1: <https://www.ajnn.net/news/sudah-pernah-diperbaiki-bangunan-irigasi-mbang-kembali-ambruk/index.html> diunduh pada tanggal 2 Agustus 2024.

Gambar 4.2: <https://www.tabloidpamor.com/index-2.php?view=news&irigasi-bantarheulang-rusak-bbws-citanduy-beri-keterangan&PMR=VFZSTmVVNVVVVDA9> diunduh pada tanggal 2 Agustus 2024.

Gambar 4.3: <https://jatimnow.com/baca-53490-belum-setahun-dibangun-proyek-saluran-irigasi-di-jombang-rusak> diunduh pada tanggal 2 Agustus 2024.

Gambar 4.4: <https://kabarsbi.com/rusak-berat-irigasi-puluhan-miliar-rupiah-di-pasmah-air-keruh-masyarakat-pertanyakan-kualitas-pekerjaan-konstruksi/> diunduh pada tanggal 4 Agustus 2024.

Gambar 4.5: <https://medan.tribunnews.com/2014/07/03/belum-genap-setahun-irigasi-berbiaya-rp-1-miliar-di-siantar-rusak> diunduh pada tanggal 4 Agustus 2024.

Gambar 4.6: <https://tangerangonline.id/2023/05/23/tahun-2024-pemkab-pandeglang-bakal-perbaiki-irigasi-rusak-di-keroncong/> diunduh pada tanggal 4 Agustus 2024.

Gambar 4.7: <https://www.bloggua.co.id/2022/10/pupr-mesuji-realisasikan-pembangunan.html> diunduh pada tanggal 4 Agustus 2024.

Gambar 4.8: <https://www.scribd.com/document/529602872/SOFTWARE-PADA-IRIGASI-1> diunduh pada tanggal 4 Agustus 2024.

Gambar 4.9: <https://www.scribd.com/document/529602872/SOFTWARE-PADA-IRIGASI-1> diunduh pada tanggal 4 Agustus 2024.

Gambar 4.10: <https://www.scribd.com/document/529602872/SOFTWARE-PADA-IRIGASI-1> diunduh pada tanggal 6 Agustus 2024.

Gambar 4.11: <https://www.scribd.com/document/529602872/SOFTWARE-PADA-IRIGASI-1> diunduh pada tanggal 6 Agustus 2024.

Gambar 4.12: <https://www.scribd.com/document/529602872/SOFTWARE-PADA-IRIGASI-1> diunduh pada tanggal 6 Agustus 2024.

Gambar 4.13: <https://www.youtube.com/watch?v=RrgQyYQF-7E> diunduh pada tanggal 6 Agustus 2024.

Gambar 4.14: <https://indoittraining.com/software-plaxis-2d-3d/> diunduh pada tanggal 6 Agustus 2024.

Gambar 4.15: <https://repository.pertanian.go.id/server/api/core/bitstreams/f64d1db3-81aa-4785-a838-50db49bc7884/content> diunduh pada tanggal 6 Agustus 2024.

Gambar 4.16: <https://dpu.kulonprogokab.go.id/detil/303/mengenal-bangunan-irigasi-bangunan-utama> diunduh pada tanggal 6 Agustus 2024.

Gambar 4.18: <https://www.klampok.id/blog/2018/08/10/pembangunan-saluran-irigasi-tersier-binangun/> diunduh pada tanggal 7 Agustus 2024.

Gambar 4.19: <https://nusantarapostonline.com/pemdes-kauman-bangun-saluran-irigasi-melalui-program-jombang-berkadang-2020/> diunduh pada tanggal 7 Agustus 2024.

Gambar 4.20: <https://sumberdayaair.malangkab.go.id/pd/detail?title=sumberdayaair-opd-pemasangan-pintu-air-di-saluran-braholo-mulyoagung-dau> diunduh pada tanggal 7 Agustus 2024.

Gambar 4.21: <https://www.kapuashulukab.go.id/home/berita/pengawasan-lapangan-paket-pekerjaan-pembangunan-saluran-drainase-di-putussibau-utara-dan-peningkatan-jaringan-irigasi-desa-martadana-di-pengkadan> diunduh pada tanggal 7 Agustus 2024.

Gambar 4.22: <https://m-radarnews.com/news/rehabilitasi-jaringan-irigasi-ramonia-deli-serdang-bertujuan-optimalkan-fungsi-irigasi/> diunduh pada tanggal 7 Agustus 2024.

Gambar 4.23: <https://sda.pu.go.id/balai/bwssulawesi3/berita/read/monitoring-dan-evaluasi-rehabilitasi-jaringan-irigasi-di-singkoyo-ipdmip-kec-toili-kab-banggai> diunduh pada tanggal 7 Agustus 2024.

Gambar 4.24: <https://dpu.kulonprogokab.go.id/detil/1297/larangan-penggunaan-sempadan-saluran-irigasi-untuk-aktivitas-berjalan> diunduh pada tanggal 7 Agustus 2024.

Gambar 4.25: <https://dpu.kulonprogokab.go.id/detil/765/kegiatan-pemeliharaan-jaringan-irigasi> diunduh pada tanggal 7 Agustus 2024.

Gambar 4.26: <https://dpu.kulonprogokab.go.id/detil/765/kegiatan-pemeliharaan-jaringan-irigasi> diunduh pada tanggal 7 Agustus 2024.

Gambar 4.27: <https://www.niagasinarsentosa.co.id/harga-u-ditch-dan-fungsi-u-ditch/> diunduh pada tanggal 7 Agustus 2024.

Gambar 4.28: <https://www.facebook.com/pemkabbantul/posts/yukkk-kita-kenali-saluran-irigasi-gejlik-7-gejlik-7-terletak-di-dusun-ngentak-de/3325611814230861/> diunduh pada tanggal 7 Agustus 2024.

<https://unsplash.com/photos/red-and-black-bus-on-bridge-during-daytime-Khcyp56zW-4> diunduh pada tanggal 1 Mei 2025.

Gambar 5.1: <https://jatimnow.com/baca-1806-berita-foto-jembatan-widang-runtuh-dilihat-dari-angkasa> diunduh pada tanggal 10 Agustus 2024.

Gambar 5.2: <https://jatimnow.com/baca-1806-berita-foto-jembatan-widang-runtuh-dilihat-dari-angkasa> diunduh pada tanggal 10 Agustus 2024.

Gambar 5.3: <https://jatimnow.com/baca-1806-berita-foto-jembatan-widang-runtuh-dilihat-dari-angkasa> diunduh pada tanggal 10 Agustus 2024.

Gambar 5.4: <https://jatimnow.com/baca-1806-berita-foto-jembatan-widang-runtuh-dilihat-dari-angkasa> diunduh pada tanggal 10 Agustus 2024.

Gambar 5.7: https://www.researchgate.net/figure/Truss-types-Used-with-permission-from-World-Guide-to-Covered-Bridges-2009-edition-The_fig3_324588160 (Anthony, 2018)

Gambar 5.10: Thamrin, Nasution. 2012. Struktur Baja II - Pengenalan Jembatan Baja. Departemen Teknik Sipil FTSP ITM

Gambar 5.11: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781420039788/bridge-engineering-chen-lian-duan> (Chen & Duan, 2003)

Gambar 5.12: <http://eprints.itenas.ac.id/1522/5/05%20Bab%202%20222015154.pdf> diunduh pada tanggal 10 Agustus 2024.

Gambar 5.16: <https://pranala.co/pembangunan-jembatan-penghubung-kanaan-telihan-dianggarkan-rp31-milar/> diunduh pada tanggal 10 Agustus 2024.

Gambar 5.17: <https://madurapost.net/diduga-gagal-konstruksi-proyek-jembatan-di-tobai-tengah-sampang-ambruk/> diunduh pada tanggal 10 Agustus 2024.

Gambar 5.19: <https://properti.kompas.com/read/2020/06/22/114016721/pemeliharaan-jalan-dan-jembatan-bakal-serap-28987-pekerja> diunduh pada tanggal 12 Agustus 2024.

Gambar 5.20: <https://jmtm.co.id/layanan/jasa-survey-pemeliharaan> diunduh pada tanggal 12 Agustus 2024.

Gambar 5.21: <https://gadabinausaha.co.id/blogs/artikel/memahami-expansion-joint-jembatan-tugas> diunduh pada tanggal 12 Agustus 2024.

<https://unsplash.com/photos/a-calculator-sitting-on-top-of-a-table-next-to-a-laptop-8wLZi9OhsWU> diunduh pada tanggal 1 Mei 2025.

Indeks

A

abutmen 67, 181, 182, 183, 189, 190, 197, 250
analisis 8, 16, 18, 21, 22, 30, 33, 34, 35, 44, 45, 47,
48, 50, 73, 74, 75, 106, 113, 116, 117, 128,
133, 134, 136, 137, 140, 147, 148, 158, 177,
186, 187, 194, 229, 242, 283, 293, 296

analisis tegangan 44

andas 67

APD 119, 197, 201, 203, 208, 213, 215, 216, 227,
232, 233, 234

aspal 47, 49, 51, 85, 87, 91, 94, 95, 96, 102, 111,
113, 119, 182, 189, 190, 195, 196, 202, 207,
212, 245, 246, 251, 252, 254, 270, 271, 296

B

baja tulangan 195, 207

balok utama 35, 182

bangunan pengamanan 78, 122

beban 10, 32, 33, 34, 35, 40, 42, 44, 45, 47, 48, 49,
50, 51, 52, 56, 58, 60, 64, 68, 69, 70, 71, 72,
73, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 105, 106, 107, 110,
111, 112, 113, 114, 116, 134, 136, 137, 138,
139, 177, 180, 182, 183, 184, 187, 196, 211,
212, 223, 230, 242, 251, 295

beban dinamis 47, 49, 136, 137, 138

beban statis 49, 138

bendungan 22, 24, 25, 133, 149, 169, 256

beton 47, 49, 51, 67, 70, 73, 85, 87, 89, 91, 92, 93,
94, 95, 111, 112, 113, 117, 151, 152, 182,
189, 190, 191, 195, 196, 202, 207, 208, 211,
212, 220, 224, 233, 245, 246, 250, 251, 268,
277, 280, 296, 298

beton bertulang 67, 280, 298

beton pratekan 182, 211

C

Cat 97

CBR 106, 111, 114, 115

cuaca 10, 29, 33, 44, 93, 94, 98, 113, 119, 149, 207,
213, 223, 231, 233, 251

curing 92, 21

cut and fill 149, 151

D

data 2, 4, 5, 6, 8, 9, 14, 15, 16, 18, 19, 22, 23, 25,
26, 29, 31, 32, 34, 36, 37, 38, 48, 66, 70, 84,
98, 101, 105, 106, 116, 117, 129, 131, 133,
140, 141, 143, 144, 145, 152, 158, 164, 165,
186, 188, 191, 198, 208, 226, 235, 242, 282,
283, 292, 293, 295, 296, 297, 298

debit air 20, 61, 126, 128

dek 35, 180, 181, 182, 183, 189, 190, 196, 197,
211, 212, 250, 280, 298

desain jalan 9, 10, 11, 16, 47, 186

desain jembatan 31, 32, 34, 180, 182, 249

dimensi 27, 28, 35, 39, 40, 43, 48, 53, 61, 62, 66,
68, 71, 73, 74, 76, 78, 110, 114, 117, 122,
133, 135, 186, 189, 190, 191, 192, 197, 208,
230, 277, 280, 297

distribusi 21, 25, 27, 57, 58, 59, 68, 80, 107, 138,
152, 162, 248

dowel 92

drainase 10, 16, 21, 22, 25, 67, 84, 88, 89, 93, 94,
99, 103, 116, 117, 120, 183, 196, 211, 222,
225, 226, 246, 250, 277

E

elevasi 5, 7, 12, 15, 16, 21, 22, 26, 31, 34, 36, 37,
46, 49, 96, 144, 150, 151, 189, 244

erosi 27, 32, 36, 55, 58, 89, 152, 197, 222, 297

estimasi biaya 240, 242, 243, 251, 299, 300

estimator 242, 300

F

fleksibilitas 134, 136, 156, 211, 251

fondasi bawah 111, 112, 113, 114, 115, 296

fondasi jalan x, 90, 91, 105, 107, 253

fondasi jembatan 35, 37, 70, 181

G

galian 16, 151, 154, 297

gambar kerja 100, 198, 205

gaya 40, 44, 46, 49, 50, 52, 53, 64, 68, 71, 72, 73

gelagar 35, 67

genangan 10, 27, 118, 120, 130, 141, 183, 226, 246

geologi 8, 70, 136, 142, 145

GEO SLOPE 134

geoteknik 2, 8, 29, 30, 32, 33, 34, 48, 70, 84, 134,
136

GIS x, 131, 133, 134, 148

GPS 6, 7, 29, 36

grafik 129, 131, 133, 292, 293

H

harga satuan pekerjaan 240, 270, 271, 277, 280,
296, 300

HEC-HMS x, 132, 148

HEC-RAS x, 133, 148

hidrologi 2, 19, 20, 21, 26, 28, 29, 32, 33, 70, 128,
130, 132, 140, 142, 165, 195

I

implementasi iii, 18, 171, 186, 219, 284
infrastruktur 5, 44, 47, 68, 107, 117, 138, 164,
165, 174, 177, 186, 221, 283
inspeksi rutin 165, 201, 205, 216, 223, 224, 225,
230, 233
instalasi 97, 256, 277
inventarisasi 162, 165

J

jalan inspeksi 153, 166, 167, 169
jalan raya 44, 45, 46, 47, 48, 50, 53, 67, 118, 119,
120, 178, 201, 233, 251
jalur evakuasi 216
jalur kritis 285, 288, 290, 291
jaringan 22, 56, 57, 124, 135, 144, 145, 162, 163,
164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 283,
284, 303, 307, 310

K

K3 201, 202, 208, 210, 215, 217, 219
konstruksi bangunan pengaman 78, 122
konstruksi irigasi 40, 56, 59, 123, 124, 128, 129,
140, 146, 159, 160, 172
konstruksi jalan iv, 2, 8, 39, 40, 44, 46, 47, 48, 50,
75, 76, 77, 78, 82, 83, 86, 90, 92, 96, 99, 100,
101, 104, 114, 119, 120, 121, 122, 239, 240,
243, 251, 299, 300
konstruksi jembatan 33, 34, 40, 42, 43, 67, 68, 69,
74, 173, 174, 177, 178, 179, 180, 186, 188,
193, 194, 198, 199, 200, 201, 204, 205, 206,
207, 209, 213, 214, 215, 219, 220, 221, 222,
223, 224, 225, 228, 229, 231, 232, 237, 238,
268
kontraktor 81, 122, 150, 187, 201, 202, 220, 242
kurva S 240, 289, 300

M

Manning 62, 63, 64, 66
Microsoft Excel x, 129, 148
Microsoft Project 209, 290, 292, 293
monitoring 25, 233, 284

P

pemodelan 131, 132, 133, 134, 135, 136, 138, 186
profil 16, 46, 49, 133, 189, 195
proyek 4, 5, 6, 7, 18, 19, 29, 30, 31, 36, 47, 78, 80,
82, 83, 84, 85, 86, 87, 99, 100, 101, 102, 118,
119, 120, 122, 124, 130, 134, 136, 137, 138,
139, 140, 141, 143, 149, 150, 152, 153, 155,
156, 159, 178, 184, 185, 186, 187, 188, 191,
194, 195, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203,

204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 212, 213,
214, 215, 218, 242, 243, 244, 251, 252, 253,
254, 256, 268, 270, 277, 280, 284, 285, 286,
287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 295, 296,
297, 298

R

RAB 130, 135, 241, 243, 294, 299, 313
rambu lalu lintas 97, 103, 117, 233
rangka ii, 180, 183, 250
regangan 44, 45, 112
rute 5, 9, 11, 18, 22, 23, 49, 283, 297

S

saluran irigasi xi, 22, 25, 27, 28, 36, 42, 54, 55, 57,
58, 59, 60, 61, 62, 64, 66, 74, 127, 128, 135,
144, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154,
155, 157, 159, 160, 161, 162, 163, 166, 168,
169, 170, 171, 248, 277, 297
sambungan ekspansi 67, 190, 195, 196, 211, 220,
228, 229, 230, 231, 235
sampel 34, 207, 211
sedimentasi 55, 58, 61, 128, 130
slab 92, 113, 304
SNI 114, 179, 184, 194, 201, 224, 306
staking out 11, 12, 13, 14, 15, 18, 304
survei pemetaan 2, 5, 19, 29, 36, 38
survei pendahuluan 6
surveyor 4, 15, 38

T

tanggul 133, 151, 166, 167, 168
teodolit 7, 11, 12, 13
topografi 2, 6, 7, 18, 19, 21, 22, 23, 26, 28, 29, 31,
32, 33, 34, 36, 37, 38, 49, 70, 84, 88, 140,
142, 144, 145, 186, 188
total station 7, 14, 15, 29, 36, 37
tripod 11, 14, 307
trotoar 67, 117, 183, 189, 250

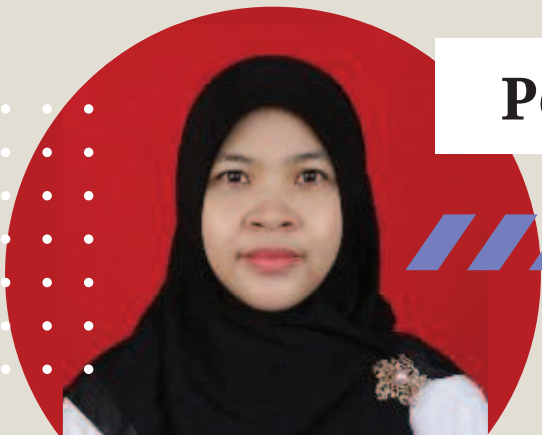
U

uji slump 304

V

vendor 85
visual 101, 186, 208, 220, 222, 230
volume pekerjaan 135, 150, 240, 251, 256, 292,
296, 297, 298

Profil Pelaku Perbukuan



Penulis

Arum Fajar Vebrianingtyas, M.Pd.

Email : arum.fave10@gmail.com
Instansi : SMK Negeri 7 Semarang
Alamat Instansi : Jl. Simpang lima, Semarang

Bidang Keahlian:

- Teknik Konstruksi Bangunan
- Guru Penggerak Sekolah Menengah Kejuruan

Pekerjaan/Profesi:

Guru Teknik Konstruksi Bangunan, di SMK N 7 Semarang (2010 s.d. saat ini)

Riwayat Pendidikan:

- S1 Pend. Teknik Bangunan, Universitas Negeri Semarang (lulus tahun 2007)
- S2 Magister Pendidikan Kejuruan, Universitas Negeri Semarang (lulus tahun 2023)

Rekam Jejak Karya Tulis:

- Buku Sistem Utilitas Bangunan Gedung Kelas XI (2018)
- Buku Teknik Pengukuran Tanah Kelas X (2019)
- Buku Gambar Teknik Kelas X (2019)
- Buku Mekanika Teknik Kelas X (2020)
- Buku Dasar-Dasar Teknik Perawatan Gedung Kelas X Jilid 1 (2021)
- Buku Dasar-Dasar Teknik Perawatan Gedung Kelas X Jilid 2 (2021)
- Buku Panduan Siswa Dasar-Dasar Teknik Perawatan Gedung Kelas (2022)
- Buku Panduan Guru Dasar-Dasar Teknik Perawatan Gedung Kelas (2022)
- Buku Dasar-Dasar Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan (2023)

Rekam Jejak Penelitian:

Jurnal Application of Android-Based Interactive Learning Media in Clean Water Pipe Installation System Teaching Material.



Penulis

Galeh Nur Indriatno Putra Pratama

Email : galeh@uny.ac.id

Instansi : Universitas Negeri
Yogyakarta

Alamat Instansi : Kampus Karangmalang,
Depok, Sleman, DIY

Bidang Keahlian:

Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan

Pekerjaan/Profesi:

- Tim Teknis UNY, 2016–sekarang
- Tim Penyelarasan Pendidikan Vokasi, 2022–2024
- Asesor Sertifikasi Kompetensi bidang Teknik Sipil, 2021–sekarang
- Pendidik di UNY, 2015–sekarang

Riwayat Pendidikan:

- D3 Teknik Sipil, Universitas Negeri Yogyakarta (lulus tahun 2011)
- S1 Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Negeri Yogyakarta (lulus tahun 2013)
- S2 Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Negeri Yogyakarta (lulus tahun 2015)
- S3 Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Negeri Yogyakarta *joint* TUD Jerman (lulus tahun 2025)

Rekam Jejak Karya Tulis:

- Buku Konstruksi Kayu untuk Sekolah Kejuruan (2022)
- Buku Dasar-Dasar Konstruksi dan Perawatan Bangunan Sipil (2023)

Informasi Lain:

- Link google scholar = <https://scholar.google.co.id/citations?hl=id&user=4phtHcIAAAAJ>
- Link scopus = <https://orcid.org/0000-0002-4107-9814>



Penelaah

**Ir. Dian Eksana Wibowo, S. T.,
M. Eng., IPM., ASEAN Eng.**

Email : dian.eksana@uny.ac.id
Instansi : Universitas Negeri Yogyakarta
Alamat Instansi : Jl. Colombo No. 1, Komplek
Kampus Karangmalang,
Caturtunggal, Depok
Sleman, Yogyakarta

Bidang Keahlian:
Teknik Sipil

Pekerjaan/Profesi:

Staff Pengajar di Departemen Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan FT UNY (2015 – skg)

Riwayat Pendidikan:

- S1 Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (2007)
- S2 Teknik Sipil Universitas Gadjah mada (2011)
- S3 Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta (on going)

Rekam Jejak Penelaahan/Review Buku:

- Penilai dan Penelaah Buku Teks Pendamping Jenjang SMK/MAK Pusat Perbukuan BSKAP Kemendikbudristek 2023
- Penilai dan Penelaah Buku Teks Pendamping Jenjang SMK/MAK Pusat Perbukuan BSKAP Kemendikbudristek 2024
- Penilai dan Penelaah Buku Teks Pendamping Jenjang SMK/MAK Pusat Perbukuan BSKAP Kemendikbudristek 2025

Rekam Jejak Karya Tulis:

- Tutorial dan Pelatihan Sketchup, penerbit UNY Press (2019)
- Autocad Dasar Untuk Teknik Sipil : Penggambaran 2 Dimensi Menggunakan Autocad 2019, penerbit UNY Press (2022)
- Membuat Elemen Architecture Menggunakan Revit Architecture, penerbit UNY Press (2022)
- Teori dan Penyelesaian Mekanika tanah, penerbit UNY Press (2024)
- Desain Ruamh 2 Lantai menggunakan AUTODESK REVIT, penerbit UNY Press (2024)



Penelaah

Ika Rahmawati Suyanto

Email : ika.rahmawati.s@mail.
ugm.ac.id

Instansi : Universitas Gadjah Mada
Alamat Instansi : Jl. Yacaranda Sekip Unit IV,
Bulaksumur, Yogyakarta

Bidang Keahlian:

Teknik Sipil dan Metode Pelaksanaan
Konstruksi

Pekerjaan/Profesi:

- Dosen Teknik Sipil, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada
- Tenaga Ahli Sipil Pemugaran Cagar Budaya DIY
- Tenaga Ahli bidang Asesmen Bangunan Gedung
- Penelaah Buku Teks SMK

Riwayat Pendidikan:

- Dasar-Dasar Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan (2023)
- *Reviewer* Jurnal Nasional Teknologi Terapan (2021–sekarang)
- *Blind Reviewer* Buku Teks SMK (2022–2023)

Rekam Jejak Karya Tulis:

- *Book Chapter* – Keseimbangan Gaya, Momen, dan Garis Pengaruh (2024)
- *Jurnal* – *Bridge inspection implementations and maintenance planning – A comparative analysis of a few distinctive countries* (2023)
- *Jurnal* – Kajian Potensi Penerapan *Extensive Green Roof* Berbasis Struktur Kayu di Indonesia (2023)
- *Jurnal* – Perbandingan Perilaku Bangunan Bertingkat Menengah dengan Material *Cross-Laminated Timber (CLT)* Berdasarkan SNI 1726: 2012 dan SNI 1726: 2019 (2020)
- *Jurnal* – Perilaku *Cross-Laminated Timber (CLT)* Sebagai Material Utama Bangunan Tingkat Menengah Tahan Gempa di Indonesia (2020)
- *Jurnal* – *Study on Optimum Damping Characteristic of Maxwell Damper Based on Transfer Function Considering Sway-rocking Behavior under Various Power Spectral Density Inputs* (2019)



Ilustrator

Ahmad Riyadhil Hadi

Email : ahmadriyadhilhadi@gmail.com

Media Sosial : @rhkaiv (*Instagram*)

Instansi : Kompas Gramedia Group

Alamat Instansi : Jl. Palmerah Barat No. 22–26, RT.1/RW.2, Gelora, Kecamatan Tanah Abang, Kota Jakarta Pusat, DKI Jakarta 10270

Bidang Keahlian:

Ilustrasi dan Desain Grafis

Pekerjaan/Profesi:

- Creative Designer – Kompas Gramedia Group, Retail and Publishing (2025–sekarang)
- Freelance Illustrator (2021–sekarang)
- Graphic Designer Intern – Badan Penyelenggara Jaminan Produk Halal RI (2024)
- Ilustrator Komik – Badan Pembinaan Ideologi Pancasila RI (2020–2023)

Riwayat Pendidikan:

S1 Desain Produk dan Inovasi, Telkom University Bandung (2021–2025)

Rekam Jejak Pembuatan Ilustrasi:

- Ilustrator Buku Kumpulan Puisi Rembulan Biru Pastel Karya M. Darwanto, Penerbit Pusat Perbukuan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (2024).
- Ilustrator Buku Misteri Huruf Menari Karya Erlita Pratiwi, Penerbit Pusat Perbukuan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (2024).
- Ilustrator Komik Ayo Menjadi Paskibraka! Jilid 1 dan 2 (2022 dan 2023). Dicitak dan dipublikasikan oleh Kedeputusan Pengendalian dan Evaluasi Badan Pembinaan Ideologi Pancasila RI.

Informasi Lain:

- Juara 2 Lomba Komik Strip Pekan Seni Mahasiswa Daerah Jawa Barat (2024)
- Juara 2 Seni Lukis Pekan Seni Daerah Jawa Tengah (2016)
- Top 10 Peserta Berbakat Lomba Desain Batik Raja Ampat Papua Sekretariat Kabinet RI (2014)



Editor

Andriansyah

Email : mas.andriansyah@gmail.com

Pekerjaan/Profesi:

- Editor lepas (Maret 2023–sekarang)
- Editor portal berita trubus.id – Trubus Grup (Agustus 2022–Maret 2023)
- Supervisor Konten Kreatif – Bina Swadaya (Februari 2020–Maret 2023)
- Editor portal berita pertanianku.com – Penebar Swadaya (Juli 2016–September 2022)
- Kepala Editor/Penanggung Jawab Penerbit Penebar Plus+ – Penebar Swadaya (Januari 2016–Februari 2020)
- Kepala Editor/Penanggung Jawab Penerbit Raih Asa Sukses – Penebar Swadaya (Januari 2013–Februari 2020)

Riwayat Pendidikan:

S1 Ekonomi Manajemen, Universitas Lampung (lulus 2007)

Rekam Jejak Penyuntingan:

- Panduan Praktis Menyusun KPI (Raih Asa Sukses, 2015)
- 30 Tahun Menjadi Sahabat Petani Indonesia (East West Seed Indonesia & Penebar Swadaya, 2021)
- Rekam jejak penyuntingan selengkapnya dapat dilihat pada tautan: <https://bit.ly/jejaksunting>

Informasi Lain:

- Karya cerpen tergabung dalam antologi Graffiti Imaji (YMS & Damar Warga, 2002); Bola Salju di Hati Ibu–Antologi Cerpen Remaja IV (YOI & Pusat Bahasa dan Sastra Indonesia, 2003)
- Cerpen, resensi buku, esai, cerita anak, dan lain-lain dimuat di *JASMERAH Magz* (Majalah Sejarah Online Forum Sejarah & Xenology Kaskus), *Koran Tempo*, *Lampung Post*, *Teknokra.com*, *PILAR Post*, *Majalah PILAR Ekonomi Unila*, *Majalah Puteri*, *Sinar Harapan*, dan lain-lain
- Profil selengkapnya bisa dilihat pada tautan: <https://bit.ly/3X5OzaC>



Editor

Erlina Indarti

Email : erlina.indarti@gmail.com

Instansi : Pusat Perbukuan
Kemendikbudristek

Bidang Keahlian:

Pengembang Perbukuan

Pekerjaan/Profesi:

- Editor di Pusat Perbukuan (2024)
- Analis Pengawasan di Pusat Perbukuan (2022-2024)
- Pengembang Perbukuan di Pusat Kurikulum dan Perbukuan (Tahun 2015-2021); Pusat Perbukuan Kemendikbudristek (Tahun 2021 – 2022)
- Pengembang Kurikulum di Pusat Kurikulum Kemendikbudristek (Tahun 2005 – 2011), Pusat Kurikulum dan Perbukuan (Tahun 2011-2015)

Riwayat Pendidikan:

S2 Institut Teknologi Bandung, 2013

Pengalaman mengedit buku dan terbitan lainnya:

- Panduan Guru: Dasar-Dasar Literasi, Matematika, Sains, Teknologi, Rekayasa, dan Seni – Edisi Revisi (2023)
- Buku Teks Pelajaran Dasar-Dasar Teknik Kimia Industri, Kemdikburistek (2023)
- Buku Teks Pelajaran Dasar-Dasar Teknik Furnitur, Kemdikburistek (2023)
- Buku Panduan Guru Pendidikan Khusus bagi Peserta Didik Disabilitas Fisik Disertai Hambatan Intelektual, Kemdikbudristek (2022)
- Buku Teks Pelajaran Dasar-Dasar Teknik Konstruksi dan Perumahan, Kemdikburistek (2022)
- Buku Teks Pelajaran Dasar-Dasar Teknik Otomotif, Kemdikburistek (2022)
- Buku Teks Pelajaran Dasar-Dasar Manajemen Perkantoran dan Layanan Bisnis, Kemdikburistek (2022)



Editor Visual

Maya Lestari Gusfitri

Email : mayalestarigf@gmail.com

Bidang Keahlian:
penulis dan editing

Pekerjaan/Profesi:

- Kepala Program Pembelajaran Selingkar 2019-2022
- Penulis (2000-sekarang)

Riwayat Pendidikan:

S1 Komunikasi UIN Imam Bonjol, Padang (lulus 2014)

Rekam Jejak Karya Tulis:

- 15 Seri buku cerita bergambar Literasi Digital, Keuangan, dan Finansial, Penerbit KDM, 2025
- Atlas Sejarah Islam untuk Junior, Penerbit Muara Media. 2024
- Lebih dari 50-an buku fiksi dan nonfiksi di berbagai penerbit sejak 2004



Desainer

Ingrid Pangestu

Media Sosial : @ingridpangestu
(Instagram)

Bidang Keahlian:
Desain Grafis

Pekerjaan/Profesi:

- 2013-sekarang : *Freelancer*
- *Co-owner* usaha kuliner “Bakmi Asmara”
- Desainer Grafis di 110% Studio

Riwayat Pendidikan:

D-3 Desainer Grafis, Politeknik Negeri Media Kreatif (2010-2013)