



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA
2023

DASAR-DASAR DESAIN PEMODELAN DAN INFORMASI BANGUNAN

K. Waskitaningtyas
Eko Supriyanto

SMK/MAK Kelas X

Hak Cipta pada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia
Dilindungi Undang-Undang.

Disclaimer: 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.

Dasar-Dasar Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan
untuk SMK/MAK Kelas X

Penulis

K. Waskitaningtyas
Eko Supriyanto

Penelaah

Meifrinaldi
Ika Rahmawati Suyanto

Penyelia/Penyelaras

Supriyatno
Wijanarko Adi Nugroho
Arifin Fajar Satria Utama

Kontributor

Tri Wulandari
Giri Wicaksono

Ilustrator

M. Yusuf

Editor

Nidaul Jannah

Desainer

Erwin

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, 2023

ISBN 978-623-194-527-3 (PDF)

Isi buku ini menggunakan huruf Noto Serif 11/16 pt, Steve Matteson.
xvi, 280 hlm.: 17,6 × 25 cm.

Kata Pengantar



Pusat Perbukuan; Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan; Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi memiliki tugas dan fungsi mengembangkan buku pendidikan pada satuan Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah, termasuk Pendidikan Khusus. Buku yang dikembangkan saat ini mengacu pada Kurikulum Merdeka. Kurikulum ini memberikan keleluasaan bagi satuan/program pendidikan dalam mengimplementasikan kurikulum dengan prinsip diversifikasi sesuai dengan kondisi satuan pendidikan, potensi daerah, dan peserta didik.

Pemerintah dalam hal ini Pusat Perbukuan mendukung implementasi Kurikulum Merdeka di satuan pendidikan dengan mengembangkan buku siswa dan buku panduan guru sebagai buku teks utama. Buku ini dapat menjadi salah satu referensi atau inspirasi sumber belajar yang dapat dimodifikasi, dijadikan contoh, atau rujukan dalam merancang dan mengembangkan pembelajaran sesuai karakteristik, potensi, dan kebutuhan peserta didik. Adapun acuan penyusunan buku teks utama adalah Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Nomor 033/H/KR/2022 tentang Perubahan Atas Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 008/H/KR/2022 tentang Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah pada Kurikulum Merdeka.

Sebagai dokumen hidup, buku ini tentu dapat diperbaiki dan disesuaikan dengan kebutuhan dan perkembangan keilmuan dan teknologi. Oleh karena itu, saran dan masukan dari para guru, peserta didik, orang tua, dan masyarakat sangat dibutuhkan untuk pengembangan buku ini di masa yang akan datang. Pada kesempatan ini, Pusat Perbukuan menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penyusunan buku ini, mulai dari penulis, penelaah, editor, ilustrator, desainer, dan kontributor terkait lainnya. Semoga buku ini dapat bermanfaat khususnya bagi peserta didik dan guru dalam meningkatkan mutu pembelajaran.

Jakarta, Maret 2023
Kepala Pusat,

Supriyatno
NIP 196804051988121001





Prakata

Salam!

Sekarang kalian telah memasuki Sekolah Menengah Kejuruan. Kalian akan mendapat materi belajar baru yang menarik. Buku Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan untuk SMK/MAK Kelas X ini menyediakan berbagai pengetahuan yang mendukung pembangunan berkelanjutan pada skala kota atau kabupaten.

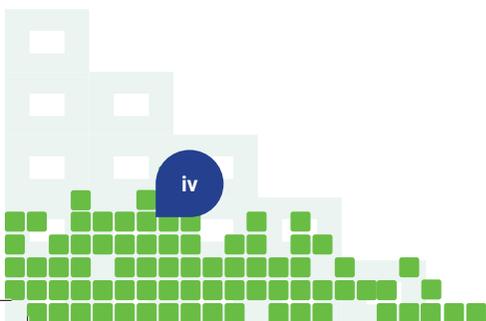
Kalian akan diajak untuk mengeksplorasi pengetahuan, teknologi, dan peluang bisnis dalam industri desain bangunan melalui berbagai karya bangunan yang menarik di Indonesia maupun dunia. Selain itu, kalian akan diajak untuk mengeksplorasi berbagai keahlian dan karya bangunan yang terdapat di sekitar kalian. Dengan demikian, kalian akan mendapat banyak bahan untuk didiskusikan bersama teman-teman dan guru kalian.

Semoga materi belajar yang diramu dengan kegiatan eksplorasi desain bangunan di lingkungan sekitar dapat menginspirasi kalian untuk lebih kreatif dan terampil dalam menciptakan karya-karya kalian sendiri yang sesuai dengan kondisi dan perkembangan saat ini dan di masa depan.

Selamat menikmati petualangan belajar di kelas X. Semoga pengalaman belajar kalian menyenangkan.

Penulis

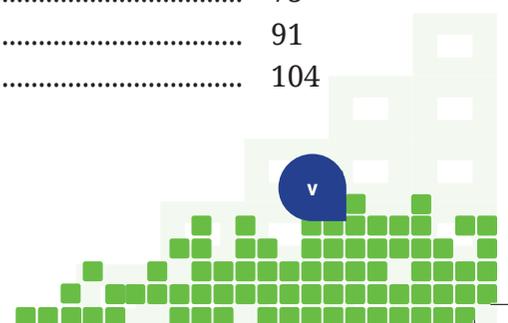
K. Waskitaningtyas
Eko Supriyanto



Daftar Isi



Kata Pengantar	iii
Prakata	iv
Daftar Isi	v
Daftar Gambar	vii
Daftar Tabel	xii
Ada Apa di Buku Ini?	xiii
Bab 1 Proses Bisnis dan Peluang Usaha Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan	1
A. Mengetahui Proses Bisnis Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan	3
B. Memperagakan Budaya Mutu	6
C. Mengaplikasikan Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan Hidup (K3LH)	7
D. Menganalisis Produktivitas Kerja.....	13
E. Menganalisis Profesi dan Kewirausahaan di Bidang Konstruksi	26
Bab 2 Konsep Hijau (<i>Green</i>) dan Berkelanjutan (<i>Sustainable</i>) pada Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan	35
A. Mengetahui Kriteria Green Building dan <i>Sustainable Building</i>	37
B. Memperhatikan Isu-isu Global dan Perkembangan Teknologi	44
C. Mendeskripsikan Penerapan Konsep <i>Green Building</i> pada Perencanaan Rumah Sederhana dan Bertingkat..	62
D. Mendeskripsikan Penerapan Konsep <i>Sustainable Building</i> pada Perencanaan Rumah Sederhana dan Bertingkat.....	62
Bab 3 Gambar Teknik dan Pengukuran	73
A. Peralatan Gambar Teknik.....	75
B. Peralatan Ukur tanah.....	91
C. Merawat Peralatan Pengukuran.....	104



D. Menganalisis Hasil Pekerjaan Pengukuran	106
E. Mengaplikasikan Gambar Teknik dengan Proyeksi Ortogonal (2D).....	111
F. Mengaplikasikan Gambar Teknik dengan Proyeksi Piktorial (3D)	113
G. Aplikasi Perangkat Lunak Untuk Gambar Teknik	119
H. Standar dan Peraturan yang Berlaku Terkait Bangunan Perumahan.....	120
Bab 4 <i>Building Information Modelling (BIM)</i>.....	131
A. Membandingkan Jenis Aplikasi Berbasis <i>Building Information Modelling (BIM)</i>	133
B. Memahami Fungsi Aplikasi <i>Building Information Modelling (BIM)</i>	140
C. Menganalisis Dampak Potensial Benturan (<i>Clash Detection</i>) pada Konstruksi.....	147
D. Mensimulasikan Dampak Potensial Benturan (<i>Clash Detection</i>) pada Konstruksi.....	149
Bab 5 Perhitungan Statika Bangunan.....	157
A. Mendeskripsikan Elemen-Elemen Struktur Bangunan...	159
B. Menghitung Keseimbangan Gaya pada Struktur Bangunan	178
C. Menghitung Gaya Batang pada Rangka Sederhana.....	202
Bab 6 Aplikasi Bahan Bangunan Berbasis <i>Green Material</i>	227
A. Mendeskripsikan Karakteristik dan Spesifikasi Bahan Bangunan Berbasis <i>Green Material</i>	229
B. Menyajikan Pekerjaan Konstruksi Menggunakan Bahan Bangunan Berbasis <i>Green Material</i>	238
Glosarium.....	256
Daftar Pustaka.....	258
Daftar Kredit Gambar	265
Indeks	268
Bidata Pelaku Perbukuan	272

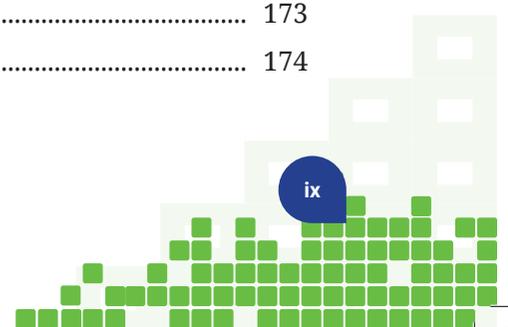
Daftar Gambar



Gambar 1.1	Contoh <i>Smartphone</i>	6
Gambar 1.2	Logo K3	7
Gambar 1.3	Alat Pelindung Diri (APD)	10
Gambar 1.4	Pekerjaan Persiapan.....	14
Gambar 1.5	Pekerjaan galian tanah fondasi dengan alat manual	15
Gambar 1.6	Pekerjaan galian tanah fondasi dengan alat berat konstruksi.....	16
Gambar 1.7	Fondasi Batu Kali dan Fondasi <i>Footplat</i>	16
Gambar 1.8	Fondasi Batu Kali dan <i>Sloof</i>	17
Gambar 1.9	Struktur Bangunan.....	18
Gambar 1.10	Pasangan Dinding Bata.....	19
Gambar 1.11	Pasangan Balok.....	20
Gambar 1.12	Pekerjaan Pemasangan Atap	20
Gambar 1.13	Pekerjaan Pemasangan Pintu dan Jendela.....	21
Gambar 1.14	Instalasi Listrik Rumah	22
Gambar 1.15	Instalasi Air Rumahan.....	22
Gambar 1.16	Plesteran dan Acian.....	23
Gambar 1.17	Penutup Langit-Langit	23
Gambar 1.18	Penutup Langit-Langit PVC.....	24
Gambar 1.19	Penutup Lantai	24
Gambar 1.20	Jenis-Jenis Usaha Bidang Konstruksi	27
Gambar 2.1	Rantai Makanan (sebuah proses yang berkelanjutan)	40
Gambar 2.2	Eskalator di Terminal 3	46
Gambar 2.3	Ilustrasi penggunaan <i>skylight</i> plafon	53
Gambar 2.4	Ilustrasi <i>skylight</i> plafon dengan ventilas.....	53
Gambar 2.5	<i>Building Information Modeling</i> (BIM)	61
Gambar 2.6	Tujuan Kota yang Berkelanjutan	63
Gambar 3.1	Pensil Biasa	76
Gambar 3.2	Pensil Mekanik.....	76
Gambar 3.3	Skala Pensil.....	78

Gambar 3.4	Cara menarik garis menggunakan pensil	78
Gambar 3.5	Ukuran Kertas Seri A.....	80
Gambar 3.6	<i>Drawing Pen</i>	81
Gambar 3.7	Meja Gambar	82
Gambar 3.8	Penghapus dan Pelindung Penghapus	83
Gambar 3.9	Penggaris Segitiga Siku-Siku	85
Gambar 3.10	Penggaris Lengkung dan Sablon.....	86
Gambar 3.11	Jangka.....	87
Gambar 3.12	Busur Derajat	88
Gambar 3.13	Sistem Lurus atau Sejajar	94
Gambar 3.14	Sistem Arah Tunggal	94
Gambar 3.15	Meteran Metal dan Kanvas	95
Gambar 3.16	Odometer.....	96
Gambar 3.17	Klinometer	97
Gambar 3.18	<i>Waterpass</i> , Statif, Rambu Ukur, dan Unting-Unting.....	98
Gambar 3.19	Benang Atas, Benang Tengah, dan Benang Bawah pada <i>Waterpass</i>	99
Gambar 3.20	Peletakan <i>Waterpass</i>	100
Gambar 3.21	<i>Total Station</i>	102
Gambar 3.22	Prisma Target	103
Gambar 3.23	<i>Global Positioning System</i> (GPS).....	104
Gambar 3.24	Data Pengukuran <i>Global Positioning System</i> (GPS).....	104
Gambar 3.25	Grafik hasil kerja pengukuran	110
Gambar 3.26	4 Kuadran Proyeksi Ortogonal	112
Gambar 3.27	Proyeksi Eropa.....	113
Gambar 3.28	Proyeksi Amerika.....	113
Gambar 3.29	Simbol Proyeksi Amerika dan Proyeksi Eropa	114
Gambar 3.30	Proyeksi Isometri	115
Gambar 3.31	Proyeksi Dimetri.....	115
Gambar 3.32	Proyeksi Trimetri	116
Gambar 3.33	Proyeksi Miring (<i>Oblique</i>)	116
Gambar 3.34	Gambar Perspektif.....	117
Gambar 3.35	Perspektif 1 Titik Hilang.....	117

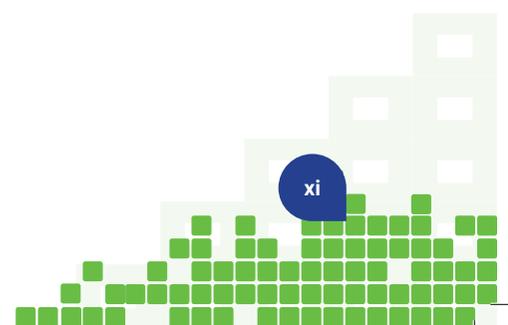
Gambar 3.36	Perspektif 2 Titik Hilang.....	118
Gambar 3.37	Perspektif 3 Titik Hilang.....	118
Gambar 4.1	Revit.....	134
Gambar 4.2	ArchiCAD.....	135
Gambar 4.3	SketchUp.....	136
Gambar 4.4	Tekla BIMsight.....	137
Gambar 4.5	Autodesk BIM 360.....	138
Gambar 4.6	Tampilan BIMx pada telepon pintar.....	138
Gambar 4.7	Struktur Manajerial BIM.....	141
Gambar 4.8	Menu Pendukung <i>Green Building</i>	143
Gambar 4.9	Dimensi BIM.....	146
Gambar 4.10	<i>Clash Detection</i>	148
Gambar 5.1	Fondasi Lajur Batu Kali.....	161
Gambar 5.2	Fondasi Lajur Beton.....	161
Gambar 5.3	Fondasi Telapak.....	161
Gambar 5.4	Fondasi Rakit Persegi Panjang.....	161
Gambar 5.5	Fondasi Rakit Lingkaran.....	162
Gambar 5.6	Tiang Pancang dari Kayu.....	163
Gambar 5.7	Tiang Pancang dari Baja.....	163
Gambar 5.8	Tiang Pancang dari Beton.....	164
Gambar 5.9	Fondasi <i>Bored Pile</i>	165
Gambar 5.10	Pengerjaan <i>Sloof</i>	165
Gambar 5.11	Pelat Datar.....	166
Gambar 5.12	Pelat Kantilever.....	166
Gambar 5.13	Balok.....	167
Gambar 5.14	Kolom.....	168
Gambar 5.15	Rangka Atap.....	168
Gambar 5.16	Aplikasi Beton pada Rumah Tinggal.....	169
Gambar 5.17	Bandara Domine Eduard Osok di Sorong, Papua.....	170
Gambar 5.18	Microlibrary Warak Kayu di Semarang, Jawa Tengah.....	172
Gambar 5.19	Jenis beban pada bangunan gedung.....	173
Gambar 5.20	Beban Vertikal.....	174



Gambar 5.21	Beban Horizontal	174
Gambar 5.22	Beban Longitudinal	174
Gambar 5.23	Balok yang menerima beban.....	179
Gambar 5.24	Gaya Tarik.....	180
Gambar 5.25	Gaya Tekan.....	180
Gambar 5.26	Gaya Lentur	180
Gambar 5.27	Gaya Geser	180
Gambar 5.28	Torsi.....	181
Gambar 5.29	Tumpuan Rol.....	182
Gambar 5.30	Tumpuan Sendi	182
Gambar 5.31	Tumpuan Jepit	182
Gambar 5.32	Beban Terpusat.....	182
Gambar 5.33	Beban Terbagi Rata.....	182
Gambar 5.34	Gaya Arah Vertikal.....	183
Gambar 5.35	Gaya Arah Horizontal	183
Gambar 5.36	Gaya Arah Membentuk Sudut	183
Gambar 5.37	Balok sederhana dengan beban terpusat.....	185
Gambar 5.38	Diagram gaya geser dan gaya momen pada balok sederhana dengan beban terpusat.....	188
Gambar 5.39	Balok sederhana dengan beban terbagi rata	190
Gambar 5.40	Diagram gaya geser dan gaya momen pada balok sederhana dengan beban terbagi rata	193
Gambar 5.41	Balok kantilever dengan beban terpusat	195
Gambar 5.42	Diagram gaya geser, gaya normal, dan gaya momen pada balok kantilever dengan beban terpusat	197
Gambar 5.43	Balok kantilever dengan beban terbagi rata.....	198
Gambar 5.44	Diagram gaya geser, gaya normal, dan gaya momen pada balok kantilever dengan beban terbagi rata	200
Gambar 5.45	Kuda-Kuda Tipe Atap, Tipe Fink, dan Tipe Scissors.....	205
Gambar 5.46	Aplikasi Rangka Batang pada Rumah Tinggal	206
Gambar 5.47	Aplikasi Rangka Batang pada Jembatan.....	206
Gambar 5.48	Rangka Batang ABC	209
Gambar 5.49	Rangka Batang ABCD	209



Gambar 5.50	Rangka Batang KLMT.....	210
Gambar 5.51	Rangka batang KLMT (penamaan batang dan reaksi dari gaya).....	211
Gambar 5.52	Reaksi di Titik Simpul K	212
Gambar 5.53	Reaksi di Titik Simpul T.....	213
Gambar 5.54	Reaksi di Titik Simpul M	213
Gambar 5.55	Rangka batang KLMT (besar reaksi dan gaya batang)	214
Gambar 5.56	Menara Eiffel di Paris, Prancis	221
Gambar 6.1	Skema Kriteria Bangunan Ramah Lingkungan	232
Gambar 6.2	Microlibrary Bima di Bandung	234
Gambar 6.3	Bangunan Kamikatsu Zero Waste Centre di Jepang.....	235
Gambar 6.4	Museum Sandi di Yogyakarta	236
Gambar 6.5	Jenis-Jenis Karbon pada Bangunan Gedung.....	237





Daftar Tabel

Tabel 3.1 Tingkat Kekerasan Pensil.....	77
Tabel 3.2 Data Hasil Pengukuran Awal.....	106
Tabel 3.3 Data Hasil Pengukuran Beda Tinggi.....	108
Tabel 6.1 Jenis-Jenis Gambar Teknis.....	239

Ada Apa di Buku Ini?



Di kelas X ini, kalian akan melejitkan keahlian dan keterampilan sebagai perencana atau pelaksana Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan, serta menciptakan karya melalui berbagai kegiatan yang menyenangkan.

Di dalam buku ini kalian akan menemukan simbol-simbol yang menandai kegiatan yang akan kalian lakukan. Setiap simbol mewakili kegiatan yang berbeda. Yuk, kenali arti simbol tersebut!



Tujuan Pembelajaran

Simbol ini menunjukkan tujuan pembelajaran dan materi pokok yang akan kalian pelajari.



Tujuan Pembelajaran

Pada bab ini, kalian akan memahami proses bisnis pekerjaan desain pemodelan dan informasi bangunan.



Peta Konsep

Simbol ini menunjukkan peta konsep dari materi pokok pada bab ini.



Kata Kunci

Simbol ini menunjukkan kata-kata yang kalian alami artinya pada bab ini.



Kata Kunci

APD, budaya mutu, K3LH, produktivitas kerja, proses bisnis



Aktivitas Mandiri

Simbol ini menunjukkan saatnya kalian melakukan kegiatan secara mandiri.



Aktivitas Kelompok 2A

Pindai kode QR di bawah ini dan simaklah video tersebut dengan saksama. Selanjutnya, bersama kelompok kalian buatlah paparan mengenai isu-isu global yang berkaitan dengan desain bangunan.

Tujuan Bersama SDGs di Indonesia

Pindai



<https://www.youtube.com/watch?v=ncTppHqg5CpkE>
Sumber: SDGs Indonesia (2019)

2. Mengenal Perkembangan Teknologi Terkait Desain Bangunan Hijau

a. Konservasi Energi dan Sumber Energi Terbarukan

Salah satu kriteria bangunan hijau adalah capaian efisiensi energi pada fase operasional. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), efisiensi artinya ketepatan cara (usaha, kerja) dalam menjalankan sesuatu (dengan tidak membuang waktu, tenaga, biaya). Dengan demikian, efisiensi energi dapat diartikan sebagai pemanfaatan energi secara efisien. Menurut Winarso, dkk (2019), dalam aspek efisiensi energi lebih fokus kepada peralatan, teknologi, inovasi, atau mesin yang dapat mengurangi penggunaan energi.

Bab 2 Konsep Hijau (Green) dan Berkelanjutan (Sustainable) pada Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan

41



Rangkuman

Simbol ini menunjukkan rangkuman pokok bahasan pada bab ini.



Aktivitas Mandiri 2.1

Mencari Tahu Kriteria Green Building

Perhatikan infografik rumah ramah lingkungan berikut!



Sumber: Triandh@pinterest.com (2022)

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini!

1. Topik apakah yang dijelaskan pada infografik di atas?
2. Komponen apa yang harus ada agar dapat dikategorikan rumah ramah lingkungan?
3. Jelaskan pendapat kalian mengapa harus rumah ramah lingkungan!

36

Dasar-Dasar Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan untuk SMK/MAK Kelas X



Aktivitas Kelompok

Simbol ini menunjukkan saatnya kalian melakukan kegiatan secara berkelompok.



Rangkuman

1. Proses bisnis desain pemodelan dan informasi bangunan merupakan proses bisnis di bidang konstruksi. Oleh karena itu, jika peserta didik ingin terjun ke dalam bisnis desain pemodelan dan informasi bangunan maka harus memahami bidang konstruksi, mulai dari bangunan sederhana sampai bangunan bertingkat.
2. Peserta didik desain pemodelan dan informasi bangunan juga harus memahami budaya mutu di bidang konstruksi dan dapat menerapkannya dengan baik, terutama ketika peserta didik melakukan magang atau praktik kerja lapangan di industri.
3. Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan Hidup (K3LH) merupakan faktor penting yang wajib diterapkan pada dunia konstruksi. Peserta didik dapat mengaplikasikannya ketika terjun di dunia konstruksi, minimal ketika mulai melakukan Praktik Kerja Lapangan (PKL).
4. Urutan pekerjaan di bidang konstruksi menjadi unsur yang penting agar dihasilkan pekerjaan yang efisien.
5. Pada bidang konstruksi terdapat beberapa profesi yang dapat dilakukan setelah lulus dari kompetensi keahlian Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan, serta dapat menumbuhkan jiwa kewirausahaan bagi yang ingin berwirausaha di bidang konstruksi.

Asesmen

Asesmen Mandiri 1.1

1. Sebutkan 4 komponen *green building* berdasarkan Permen No. 21 tahun 2021 tentang Bangunan Gedung Hijau!
2. Menurut kalian, apa yang dapat ditambahkan pada bangunan rumah sederhana untuk melakukan efisiensi energi? Sebutkan 2 contoh efisiensi energi dan jelaskan alasannya!
3. Jelaskan secara singkat mengapa proses teknologi pemanenan air hujan dapat menjadi alternatif untuk konservasi air!
4. Pak Jati membeli hunian rumah di daerah yang cukup padat. Jendela rumah yang ada hanya di bagian depan dan belakang rumah. Dinding kiri dan kanan rumah menempel pada rumah tetangga. Ruang keluarga dan dapur menggunakan penerangan lampu biasa dan cukup redup. Pak Jati ingin menambah penerangan di kedua ruangan tersebut. Menurut pendapat kalian, desain perbaikan apa yang akan kalian usulkan? Jelaskan alasannya!
5. Ibu Dini membeli sebuah rumah tinggal yang tidak mempunyai lahan terbuka. Teras depan rumahnya berukuran 4 m x 1 m. Namun, Ibu Dini ingin mempunyai ruang terbuka hijau yang dapat menunjang kebutuhan pangan keluarga. Menurut kalian, tanaman dan KTH apakah yang sesuai?

Bab 2 Konsep Hijau (Green) dan Berkelanjutan (Sustainable) pada Desain Perumahan dan Informasi Bangunan



Asesmen Mandiri

Simbol ini menunjukkan asesmen yang dilakukan secara mandiri terkait pembahasan pada bab ini.



Asesmen Kelompok

Simbol ini menunjukkan asesmen yang dilakukan secara berkelompok terkait pembahasan pada bab ini.



Asesmen Kelompok 3.2

Langkah-langkahnya sebagai berikut.

1. Buatlah kelompok yang beranggotakan maksimal 3 orang, kemudian lakukan kegiatan mengukur panjang pagar sekolah dengan menggunakan alat ukur sederhana.
2. Buatlah kelompok yang beranggotakan maksimal 5 orang. Selanjutnya, lakukan kegiatan mengukur dan menganalisis ketinggian dan luas lapangan upacara sekolah kalian dengan menggunakan alat ukur optik yang ada di sekolah. Setelah itu, catatlah hasil pengukuran kalian pada tabel berikut ini.



Proyek

Simbol ini menunjukkan saatnya kalian mengerjakan suatu proyek atau karya.



Proyek



Proyek 1.1

Mendiskusikan Urutan Pekerjaan pada Proyek Sederhana

Buatlah kelompok yang terdiri dari 3-5 orang, kemudian diskusikan dengan kelompok kalian tentang urutan pekerjaan pada proyek sederhana berikut ini!

1. Proyek pembangunan pos satpam sederhana (sumber gambar boleh dari internet).
2. Proyek pembangunan lapangan futsal (sumber gambar boleh dari internet).
3. Proyek renovasi ruang kelas menjadi ruang laboratorium komputer (sumber gambar boleh dari internet).



Pengayaan

Simbol ini menunjukkan materi pembelajaran tambahan di luar materi pada bab ini.



Pengayaan

- Jika kalian ingin mengetahui lebih banyak tentang teknologi yang dikembangkan Balai litbang PU, silakan pindai kode QR di samping ini atau akses melalui tautan: <http://elearning.litbang.pu.go.id/>
- Jika kalian tertarik untuk mengetahui proses pengolahan sampah, silakan pindai kode QR di samping ini atau akses melalui tautan: <https://www.youtube.com/watch?v=-IZVnB4y8g4>



66

Dasar-Dasar Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan untuk SMK/MAK Kelas X



Refleksi

Simbol ini menunjukkan saatnya mengingat kembali materi pembelajaran yang telah dipelajari pada bab ini.



Refleksi

Merefleksikan hasil belajar Bab 2 untuk mengetahui topik yang sudah berhasil dipahami dengan baik dan yang perlu dikuasai lebih lanjut.

Jurnal Membaca

Pada bagian ini, kalian dapat memilih buku untuk dibaca sebagai bagian dari kegiatan jurnal membaca. Pilihlah salah satu dari beberapa alternatif karya pada tabel di bawah ini. Lengkapi formulir 'Jurnal Membaca' yang disediakan sebagai tindak lanjut dari kegiatan membaca ini.

Pilihlah salah satu karya dari beberapa karya berikut yang dapat kalian jadikan alternatif pada kegiatan jurnal membaca Bab 2.

No.	Judul	Penulis	Jenis Karya	Penerbit	Sumber Daring
1.	Memanen Air Hujan (Rainwater Harvesting)	Agus Maryono	Nonfiksi	UGM Press	ipusnas
2.	Mengenal Kecerdasan Ruang dari Arsitektur Rumah Adat Indonesia	Muhaimin	Nonfiksi	Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa, Kemdikbudristek	

Bab 2 Konsep Hijau (Green) dan Berkelanjutan (Sustainable) pada Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan

Jurnal Membaca

Simbol ini menunjukkan saatnya membaca buku dan sumber bacaan lainnya, lalu mencatatnya di jurnal.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan
untuk SMK/MAK Kelas X

Penulis: K. Waskitaningtyas dan Eko Supriyanto

ISBN: 978-623-194-527-3 (PDF)

Bab 1

Proses Bisnis dan Peluang Usaha Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan



Tahukah kalian, profesi apa saja yang dapat digeluti pada bidang desain pemodelan dan informasi bangunan?

Apa saja peluang bisnis pada bidang desain pemodelan dan informasi bangunan?



Tujuan Pembelajaran



Pada bab ini, kalian akan memahami proses bisnis pekerjaan desain pemodelan dan informasi bangunan.



Peta Konsep



Kata Kunci

Proses bisnis, budaya mutu, APD, K3LH, produktivitas kerja



<https://youtu.be/annBphn3o9A>

Sumber: Lilik Weko (2020)

Ayo, pindai kode QR di atas dan silakan kalian analisis mengenai usaha apa saja yang menjadi peluang bisnis di bidang desain pemodelan dan informasi bangunan. Proses bisnis apa sajakah yang kalian lihat pada video di atas?

Proses bisnis merupakan kegiatan yang berupa tahapan untuk menghasilkan barang atau jasa yang dapat bernilai komersial. Pada desain pemodelan dan informasi bangunan yang merupakan bagian dari bidang konstruksi, ada beberapa tahapan atau urutan proses bisnis tersebut. Adapun beberapa proses bisnis tersebut harus dipahami dengan baik oleh kalian sebagai peserta didik program keahlian Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan. Kalian dapat mendeskripsikan urutan proses bisnis di bidang konstruksi tersebut setelah menyelesaikan pembelajaran pada bab ini.

A. Mengenal Proses Bisnis Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan

Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan merupakan salah satu kompetensi keahlian di tingkat SMK/MAK yang merupakan bagian dari bidang konstruksi. Menurut Peraturan Presiden Nomor 16 Tahun 2018 tentang Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah, “Pekerjaan konstruksi adalah keseluruhan atau sebagian kegiatan yang meliputi pembangunan, pengoperasian, pemeliharaan, pembongkaran, dan pembangunan kembali suatu bangunan”.



Berdasarkan pengertian di atas, dapat disimpulkan bahwa proses bisnis desain pemodelan dan informasi bangunan yang merupakan bagian dari bidang konstruksi cukup luas, yaitu mencakup pembangunan, pengoperasian, pemeliharaan, pembongkaran, sampai dengan pembangunan kembali suatu bangunan dan termasuk bagian dari pengadaan. Bukan hanya pengadaan barang saja, tetapi juga pengadaan jasa.

Sebagai contoh, di bidang konstruksi ada yang berperan sebagai penjual jasa dan ada yang berperan sebagai penyedia barang-barang untuk keperluan konstruksi. Untuk proses bisnis pembangunan, dimulai dari perencanaan yang merupakan unsur terpenting dalam setiap pekerjaan. Desain pemodelan dan informasi bangunan yang merupakan bagian dari bidang konstruksi dapat dianalisis proses bisnisnya pada beberapa bidang pekerjaan.

Adapun proses bisnis di bidang konstruksi sebagai berikut.

1. Pembangunan

Pembangunan mencakup dua bidang pekerjaan, yaitu perencanaan dan pelaksanaan. Perencanaan yang dimaksud dalam hal ini adalah perencanaan konstruksi. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 51 Tahun 2008 tentang Pajak Penghasilan Atas Penghasilan dari Usaha Jasa Konstruksi Pasal 1 ayat 4, “Perencanaan konstruksi adalah pemberian jasa oleh orang pribadi atau badan yang dinyatakan ahli yang profesional di bidang perencanaan jasa konstruksi yang mampu mewujudkan pekerjaan dalam bentuk dokumen perencanaan bangunan fisik lain”.

Selain perencanaan, yang merupakan bagian dari pembangunan adalah pelaksanaan. Menurut Ismono (2017: 6), “Pelaksanaan adalah kegiatan pendirian, perbaikan, penambahan, perubahan, atau pemugaran konstruksi bangunan dan/atau instalasi dan/atau perlengkapan bangunan sesuai rencana teknis yang disusun”.

Berdasarkan uraian di atas, kalian harus dapat memahami dengan baik urutan pekerjaan bidang konstruksi sehingga pekerjaan tersebut saling berkesinambungan.

2. Pengoperasian

Setelah proses pembangunan selesai dan bangunan tersebut siap digunakan, maka tahap berikutnya adalah pengoperasian bangunan. Menurut Yugo (2017), “Pengoperasian adalah bagaimana cara melakukan pengoperasian dengan menerapkan prosedur dan tata cara yang dibenarkan oleh dasar-dasar teori pendukung yang disertai penerapan Kesehatan, Keselamatan Kerja, dan Lingkungan (K3L)”.

3. Pemeliharaan

Setelah bangunan beroperasi dan digunakan sesuai fungsinya, maka selanjutnya adalah pemeliharaan atau perawatan dari bangunan tersebut. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 24/PRT/M/2008 tentang Pedoman Pemeliharaan dan Perawatan Bangunan Gedung, “Pemeliharaan bangunan gedung adalah kegiatan menjaga keandalan bangunan gedung beserta prasarana dan sarananya agar bangunan gedung selalu layak fungsi”.

4. Pembongkaran

Bangunan yang merupakan sebuah sarana fisik tentu memiliki usia pakai sesuai dengan yang direncanakan. Jika bangunan tersebut sudah melewati usia pakainya atau rusak karena suatu hal, maka sebelum dilakukan pembangunan kembali akan dilakukan pembongkaran terlebih dahulu.

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung dijelaskan bahwa, “Pembongkaran gedung adalah kegiatan membongkar atau merobohkan seluruh atau sebagian bangunan gedung, komponen, bahan bangunan, dan/atau prasarana dan sarananya”.

Untuk kompetensi keahlian Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan lebih banyak melaksanakan proses bisnis pada poin 1, yaitu pembangunan pada tahap gambar perencanaan. Pada gambar perencanaan ini ada 2 macam, yaitu gambar rencana arsitektur dan gambar rencana struktur.





Aktivitas Mandiri 1.1

Untuk menambah pemahaman kalian tentang gambar rencana arsitektur dan gambar rencana struktur, silakan kalian pindai kode QR di bawah ini dan simaklah kedua video tersebut!

Video 1: Gambar Kerja Arsitektur

Video 2: Gambar Kerja Struktur



<https://www.youtube.com/watch?v=FoiAaFzzi4o>
Sumber: Belajar Arsitektur (2021)



<https://www.youtube.com/watch?v=FfaJrIVgUro>
Sumber: Belajar Arsitektur (2021)

Setelah kalian menyimak kedua video di atas, buatlah rangkuman dari masing-masing video tersebut!

B. Memperagakan Budaya Mutu

Perhatikan gambar di samping ini!

Sebagai seorang pengguna *smartphone*, coba kalian amati kenapa orang-orang rela mengantre untuk membeli suatu produk *smartphone* ketika produk tersebut diluncurkan, padahal harganya sangat mahal. Kalian amati juga kebiasaan orang-orang dari suku tertentu yang tidak menggunakan alas kaki ketika bepergian.

Dari pengamatan tersebut, tentu kalian dapat mengambil kesimpulan



Gambar 1.1 Contoh Smartphone
Sumber: Eko Supriyanto (2022)

tentang budaya dan mutu. Budaya mutu merupakan gabungan dari dua kata, yaitu 'budaya' dan 'mutu'. Jika keduanya diterapkan menjadi satu, maka akan tercipta hal yang luar biasa. Menurut Goetsch D.L dan Davis D.L (2002: 110), "Budaya mutu adalah sistem nilai organisasi yang menghasilkan suatu lingkungan yang kondusif bagi pembentukan dan perbaikan mutu secara terus menerus".

Dalam banyak hal, budaya mutu merupakan sesuatu yang penting untuk diterapkan, terutama di bidang konstruksi karena persaingan bidang konstruksi yang merupakan bagian dari barang dan jasa. Pada bidang konstruksi, budaya mutu perlu diterapkan dari mulai pembangunan, pengoperasian, perawatan, dan pembongkaran.

C. Mengaplikasikan Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan Hidup (K3LH)



Gambar 1.2 Logo K3

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

Coba amati gambar di atas. Di manakah kalian sering melihat logo tersebut?

Setelah mengamati logo K3 di atas, tentu kalian ingin mengetahui apa makna dari gambar tersebut. Logo Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) diatur dalam Keputusan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia Nomor KEP.1135/MEN/1987 tentang Bendera Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Berikut ini penjelasan mengenai arti dan makna dari logo K3.



1. Palang yang berada di tengah mengandung arti bebas dari kecelakaan dan Penyakit Akibat Kerja (PAK).
2. Roda gigi bermakna bekerja dengan kesegaran jasmani dan rohani.
3. Warna putih melambangkan bersih dan suci.
4. Warna hijau melambangkan selamat, sehat, dan sejahtera.
5. Sebelas roda gigi bermakna sebelas bab dalam Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja.

Berdasarkan uraian di atas jelas bahwa Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah mutlak dalam melakukan suatu pekerjaan. Kita harus selalu berhati-hati agar bebas dari kecelakaan dan penyakit akibat kerja, serta agar kita senantiasa selamat, sehat, dan sejahtera. Pemerintah telah mengatur dalam undang-undang dan menekankan program bebas dari kecelakaan (*zero accident*) dalam kegiatan atau pekerjaan apapun, terutama bidang yang kita geluti, yaitu bidang konstruksi.

Keselamatan dan kesehatan kerja berawal dari adanya potensi bahaya yang timbul dari suatu pekerjaan. Keselamatan dan kesehatan kerja juga sangat berpengaruh terhadap lingkungan hidup dan sudah menjadi satu kesatuan, yaitu Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan Hidup (K3LH).

Menurut Drajad, S. K. (2021), sasaran keselamatan di bidang konstruksi sebagai berikut.

1. Menjamin terpenuhinya standar keamanan, keselamatan, kesehatan, dan keberlanjutan dalam perencanaan, perancangan, dan pelaksanaan konstruksi.
2. Melindungi keselamatan dan kesehatan para pekerja dan orang lain di tempat kerja konstruksi (formal dan informal).
3. Menjamin setiap material dan alat konstruksi yang digunakan efisien dan efektif.
4. Menjamin proses konstruksi berjalan lancar.
5. Menjamin produk konstruksi dapat digunakan, dirawat, dan dibongkar secara efisien.

Ada beberapa faktor potensi bahaya yang memengaruhi Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan Hidup (K3LH) di bidang konstruksi, antara lain:

1. Faktor lingkungan atau lokasi kerja

Faktor ini dapat dilihat dari lingkungan sekitar lokasi kerja, misalnya lokasi kerja di daerah kering tentu berbeda potensi bahayanya dibandingkan lokasi perairan.

2. Faktor pekerja atau manusia

Apabila pekerja ceroboh dalam menjalankan pekerjaan maka dapat menimbulkan potensi bahaya bagi diri sendiri dan orang lain.

3. Faktor alat

Alat yang digunakan dapat memengaruhi potensi bahaya yang timbul. Penggunaan alat yang tidak sesuai spesifikasi atau fungsinya tentu akan berdampak pada Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).

4. Material yang digunakan

Material yang akan digunakan harus diperiksa terlebih dahulu, apakah dapat menimbulkan penyakit atau memiliki potensi bahaya.

5. Urutan pekerjaan

Urutan pekerjaan merupakan hal yang sangat penting. Jika diterapkan dengan benar maka dapat menghindari risiko bahaya yang mungkin terjadi.

Dari potensi bahaya yang mungkin saja timbul, maka untuk menerapkan keselamatan dan kesehatan kerja diperlukan Alat Pelindung Diri (APD) sesuai dengan potensi bahaya yang timbul. Alat pelindung diri adalah suatu alat yang digunakan untuk melindungi diri atau tubuh terhadap bahaya-bahaya kecelakaan kerja.

Berikut adalah Alat Pelindung Diri (APD) yang digunakan pada pekerjaan konstruksi.





Gambar 1.3 Alat Pelindung Diri (APD)

Sumber: Eko Supriyanto (2022)



Aktivitas Kelompok 1.2

Buatlah kelompok bersama 3-4 teman kalian. Silakan kalian pindai kode QR di bawah ini dan perhatikan videonya sampai selesai!

Pindai



<https://www.youtube.com/watch?v=Y66S1fpJOG8>

Sumber: Birkompu Surabaya, Kementerian PUPR (2020)

Setelah selesai, diskusikan pertanyaan-pertanyaan berikut ini!

1. Apa langkah pertama yang harus diperhatikan pada K3 untuk meningkatkan produktivitas kerja?
2. Apa yang dimaksud dengan rambu K3? Jelaskan menurut pendapat kalian!
3. Apa saja Alat Pelindung Diri (APD) yang digunakan oleh pekerja pada video tersebut? Tuliskan pada tabel di bawah ini!

No.	Nama APD	Kegunaan

4. Berdasarkan video tersebut, apa saja potensi bahaya yang dapat timbul pada proyek konstruksi tersebut? Tuliskan pada tabel di bawah ini!

No.	Potensi Bahaya	Alasan Mengapa Hal Tersebut Dikatakan Berbahaya

5. Kegiatan apa saja yang ada pada serangkaian K3 pada video tersebut? Jelaskan menurut pendapat kalian apakah kegiatan tersebut penting atau tidak!



6. Pada video tersebut, pekerjaan apa saja yang sedang dikerjakan oleh pekerja konstruksi?
7. Apa yang akan terjadi jika kita melanggar atau mengabaikan K3?

Buatlah jawaban dari pertanyaan-pertanyaan di atas dalam bentuk PowerPoint, lalu presentasikan hasil karya kelompok kalian di depan kelas!

Meskipun kompetensi keahlian Desain Pemodelan dan Informasi merupakan bagian dari pekerjaan konstruksi, tetapi pada bagian perencanaan biasanya dilakukan di depan komputer sebagai sarana pendukung dalam penggambaran. Pada kegiatan perencanaan ini juga memerlukan usaha untuk mendukung K3. Hal ini dikarenakan jika kita duduk terlalu lama di depan komputer maka membutuhkan perlakuan khusus sehingga unsur K3 dapat terpenuhi dengan baik. Adapun upaya-upaya K3 yang dapat dilakukan, antara lain:

1. Pilihlah kursi dengan penyangga yang dapat diatur ketinggiannya sesuai dengan postur tubuh.
2. Usahakan layar monitor atau laptop sejajar minimal sedikit di bawah garis tatapan mata (*eye level*).
3. Usahakan menggunakan filter *anti-glare* untuk menghindari silau pada mata.
4. Atur tinggi tempat duduk agar paha kita paralel dengan lantai. Telapak kaki kita bertumpu pada lantai atau *footrest*.
5. Atur posisi jarak tempat duduk minimal satu lengan dari layar monitor.
6. Letakkan dokumen acuan di depan kita dan pastikan penerangan cukup untuk melihat atau membaca dokumen tersebut.
7. Posisi sudut siku pada 90° atau 110°.
8. Jika menggunakan CPU yang diletakkan di bawah, jangan sampai menghalangi keleluasaan posisi kaki.
9. Usahakan pergelangan kita datar dan lurus sehingga bahu relaks.
10. Agar mata tidak cepat lelah, istirahatkan mata dengan aturan 20/20/20. Setiap 20 menit gunakan 20 detik untuk melihat jarak 20 kaki. Sering-seringlah mengubah postur minimal dengan cara bangkit dari kursi dan bergeraklah.

D. Menganalisis Produktivitas Kerja



<https://youtu.be/3DME0C2inhY>

Sumber: *Arsitek Channel (2022)*

Sebelum kalian mempelajari tentang produktivitas kerja, silakan kalian pindai kode QR di atas, kemudian kunjungi tautan tersebut dan perhatikan videonya sampai selesai.

Setelah melihat tayangan video di atas, kalian akan mengetahui urutan pekerjaan dalam membangun rumah sederhana. Urutan pekerjaan yang sesuai akan mempermudah kita dalam menyelesaikan pekerjaan pembangunan rumah tersebut sesuai dengan jadwal yang direncanakan. Urutan pekerjaan berkaitan dengan produktivitas kerja.

Menurut Ervianto (2004), “Produktivitas adalah rasio antara *output* dan *input*, atau rasio antara hasil produk dengan total sumber daya yang digunakan”. Sebagai contoh terdapat 2 orang pekerja, yaitu pekerja A dan B yang sama-sama bekerja selama 8 jam. Pekerja A bertugas memasang bata, misalnya 1 hari 8 m², sedangkan pekerja B dalam 1 hari dapat menyelesaikan 10 m². Berdasarkan keterangan tersebut, kita dapat menilai bahwa produktivitas pekerja B lebih baik daripada pekerja A.

Dari contoh di atas, kita dapat mengambil kesimpulan bahwa produktivitas kerja merupakan hasil tercapainya suatu pekerjaan yang dapat dilakukan oleh pekerja yang dapat diukur. Sementara itu, menurut Hasibuan (1996: 126), “Produktivitas adalah perbandingan antara *output* (hasil) dengan *input* (masukan)”.

Produktivitas kerja yang dibahas pada bagian ini, yaitu bagaimana kalian dapat mengukur efektivitas suatu pekerjaan konstruksi



sesuai dengan urutan pekerjaan konstruksi. Pembangunan rumah tinggal jika kita terapkan urutan pekerjaannya dengan baik maka pekerjaan tersebut dapat selesai sesuai rencana. Sebagai contoh dalam pembangunan rumah sederhana, kita dapat memperkirakan berapa lama pengerjaan galian fondasi sebelum mengerjakan fondasinya. Jika kita tidak memahami urutan pekerjaan pembangunan rumah tersebut, tentu kita tidak dapat mempersiapkan pekerjaan selanjutnya. Mungkin saja ada sumber daya manusia atau bahan yang perlu disiapkan untuk pekerjaan selanjutnya.

Dengan memahami urutan pekerjaan, tentu produktivitas kerja akan lebih baik. Berikut ini urutan pekerjaan untuk pembangunan rumah sederhana.

1. Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan dilakukan pada saat kita akan memulai pembangunan. Pekerjaan persiapan dimulai dari penyiapan lahan, pembersihan lahan, perataan lahan yang akan dibangun sampai dengan pemasangan *bowplank*, dan bahkan pada pekerjaan tertentu sampai dengan pemasangan papan nama proyek sebagai identitas proyek.

Pekerjaan persiapan ini juga termasuk penyiapan sarana air untuk kebutuhan proyek, seperti menggali sumur atau membuat sumur bor yang nantinya dapat digunakan untuk keperluan air bersih ketika bangunan tersebut selesai dibangun.



Gambar 1.4 Pekerjaan Persiapan

Sumber: www.palmgardenjakarta.com/Admin

2. Pekerjaan Galian

Pekerjaan galian yang dimaksud di sini adalah pekerjaan galian tanah untuk keperluan pemasangan fondasi sesuai dengan kedalaman yang ada pada gambar kerja. Pada beberapa proyek, pekerjaan galian tanah fondasi ini biasanya dikerjakan bersama dengan pekerjaan galian untuk *septic tank* dan sumur resapan.

Pekerjaan galian tanah tidak hanya dapat dilakukan secara manual atau hanya mengandalkan tenaga manusia dengan peralatan tradisional, seperti cangkul, sekop, dan linggis. Akan tetapi, dapat dilakukan menggunakan alat bantu seperti alat berat untuk mempermudah pekerjaan tersebut. Alat berat biasanya digunakan apabila pekerjaan galian mencapai volume yang cukup besar, di mana penggunaan alat berat ini sangat membantu produktivitas kerja.

Tentunya kita tidak dapat langsung memutuskan untuk menggunakan cara manual atau dengan bantuan alat. Kita harus menghitung perbandingan waktu dan biaya antara penggunaan alat berat dan manual, sehingga produktivitas kerja tercapai dengan baik.



Gambar 1.5 Pekerjaan galian tanah fondasi dengan alat manual.

Sumber: Ahmad Suprpto/2022

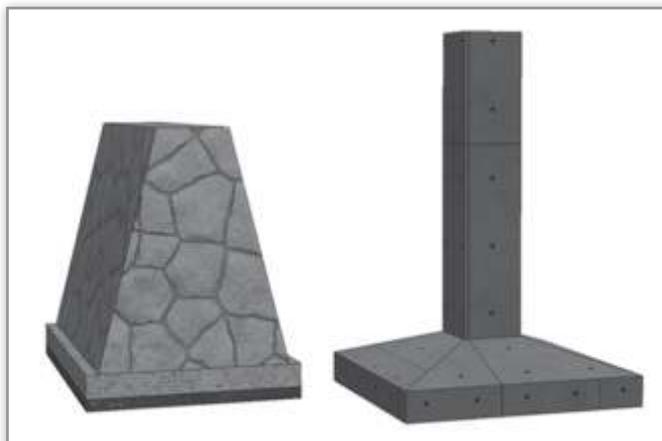


Gambar 1.6 Pekerjaan galian tanah fondasi dengan alat berat konstruksi.

Sumber: 99.co/Hanifah (2021)

3. Pekerjaan Fondasi

Pekerjaan fondasi adalah pekerjaan pemasangan konstruksi fondasi, baik pekerjaan fondasi batu kali atau fondasi telapak dengan menggunakan beton bertulang. Jika menggunakan fondasi telapak berbahan beton bertulang, maka waktu pengerjaan perakitan tulangan atau pengerjaan pembesian oleh tukang besi dilakukan hampir bersamaan dengan pengerjaan galian tanah. Hal ini dilakukan untuk mendukung produktivitas kerja.



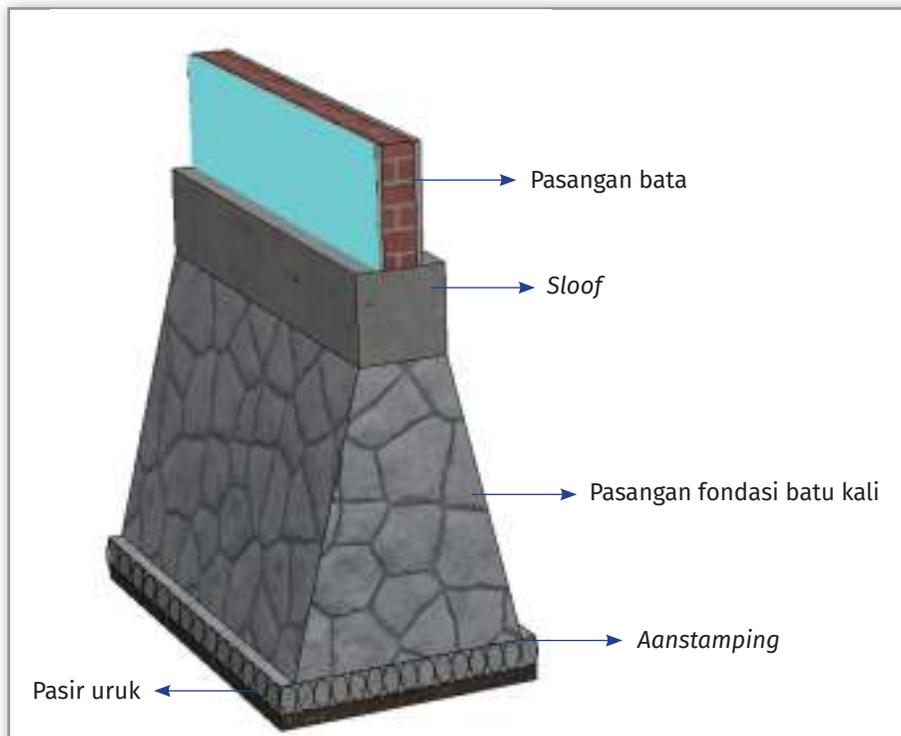
Gambar 1.7 Fondasi Batu Kali dan Fondasi *Footplat*

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

Jika pekerjaan galian tanah sudah selesai maka langsung dilakukan pemasangan bekisting dan selanjutnya pengecoran. Dengan produktivitas kerja seperti ini maka tukang gali yang baru saja selesai dapat segera melakukan pekerjaan selanjutnya, yaitu melakukan pengurukan tanah kembali. Apalagi jika kita melakukan pekerjaan galian menggunakan bantuan alat berat, tentunya akan meningkatkan produktivitas kerja sehingga lebih efektif dan efisien.

4. Pekerjaan Pemasangan Sloof

Sloof merupakan salah satu komponen bangunan yang termasuk dalam kategori komponen struktur bangunan karena berfungsi menahan beban secara horizontal dan mengalirkan beban di atasnya ke fondasi. *Sloof* terbuat dari bahan beton bertulang karena biasanya *sloof* terletak di bawah titik $\pm 0,00$ sehingga bahan konstruksinya harus terbuat dari bahan yang tahan air. *Sloof* terletak di atas fondasi atau di bawah dinding.

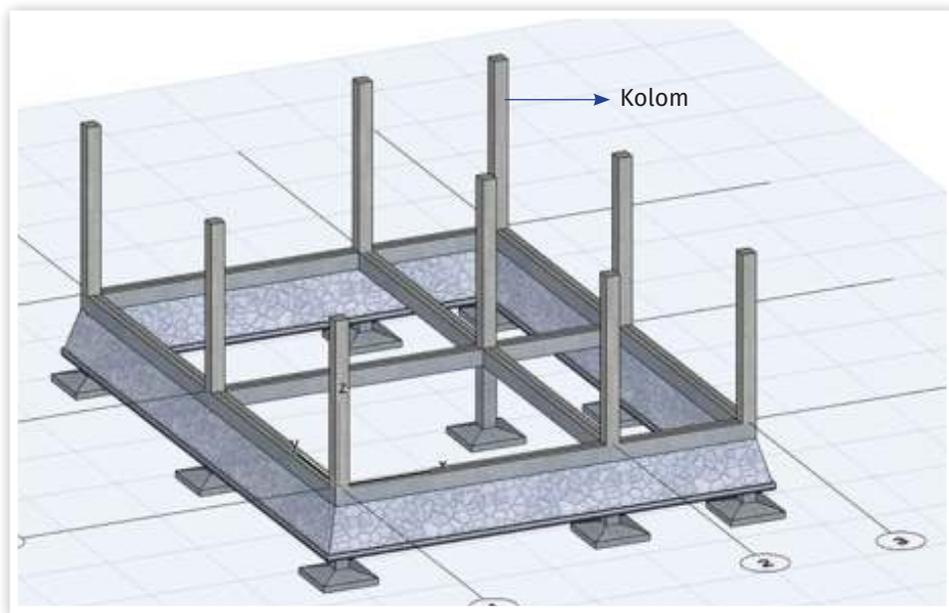


Gambar 1.8 Fondasi Batu Kali dan Sloof

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

5. Pekerjaan Pemasangan Kolom

Kolom merupakan salah satu komponen struktur bangunan yang berfungsi menahan beban secara vertikal dan mengalirkan beban konstruksi di atasnya. Kolom ada yang terbuat dari bahan beton bertulang dan berbahan baja.



Gambar 1.9 Struktur Bangunan

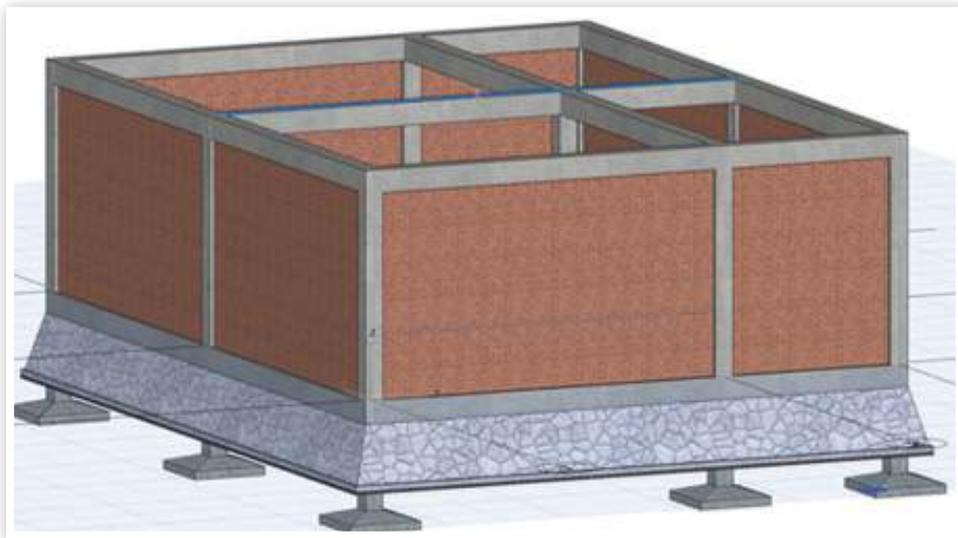
Sumber: Eko Supriyanto (2022)

Gambar di atas menunjukkan bahwa fungsi kolom adalah mengalirkan beban secara vertikal ke komponen struktur di bawahnya.

6. Pekerjaan Pemasangan Dinding

Pemasangan dinding bukan bagian dari komponen struktur pada konstruksi bangunan, melainkan bagian dari komponen arsitektur. Pemasangan dinding berfungsi untuk memisahkan antara ruang yang satu dengan ruang lainnya sesuai dengan peruntukannya. Ada pemasangan dinding yang dapat dibongkar pasang atau bersifat tidak permanen dan ada juga yang permanen, seperti pemasangan dinding bata atau hebel.

Pada beberapa pembangunan konstruksi gedung tinggi, biasanya pemasangan dinding dikerjakan setelah pekerjaan struktur utama selesai. Sementara itu, pada rumah sederhana pekerjaan pemasangan dinding biasanya langsung dikerjakan setelah pekerjaan kolom selesai, bahkan pada beberapa kasus di lapangan pemasangan dinding rumah sederhana dikerjakan sebelum kolom dibuat. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan produktivitas kerja. Jika dinding dipasang terlebih dahulu maka akan menghemat waktu dan bahan pembuatan *bekisting* dikarenakan dinding yang sudah terpasang digunakan sebagai *bekisting*. Akan tetapi, idealnya pekerjaan pemasangan dinding dilakukan setelah kolom berdiri atau terpasang.



Gambar 1.10 Pasangan Dinding Bata

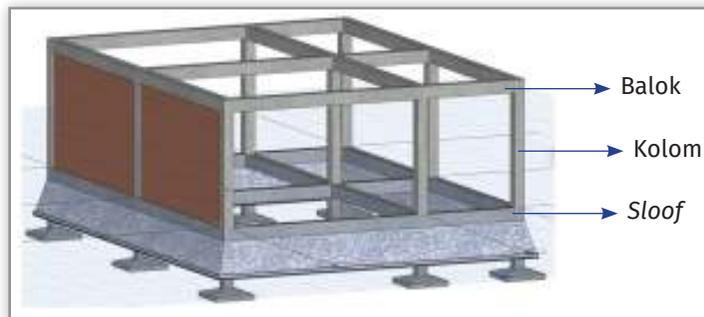
Sumber: Eko Supriyanto (2022)

7. Pekerjaan Pemasangan Balok

Balok berfungsi sebagai struktur bangunan yang menahan beban dan mengalirkan beban di atasnya secara horizontal. Fungsi balok hampir sama seperti *sloof*. Perbedaannya yaitu *sloof* berada di atas fondasi, sedangkan balok berada di atas kolom. Oleh karena itu, balok dapat terbuat dari bahan beton bertulang, baja, atau bahkan dapat menggunakan kayu yang kuat.



Untuk bangunan 1 lantai balok berada di bawah konstruksi atap, sedangkan untuk bangunan lebih dari 1 lantai balok berada di bawah pelat lantai. Untuk balok yang berada di bawah konstruksi atap, biasanya disebut dengan ‘*ring balk* (balok atas)’.



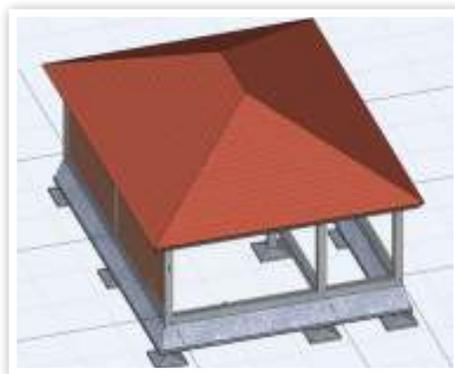
Gambar 1.11 Pasangan Balok

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

8. Pekerjaan Pemasangan Atap

Atap merupakan komponen struktur yang menahan beban paling ringan karena posisinya berada di paling atas. Secara urutan, pekerjaan atap dilakukan setelah pekerjaan balok penahan atap yang biasa disebut ‘*ring balk* (balok atas)’ selesai dilakukan. Beban atap hanya menahan berat dari penutup atap, air, dan angin.

Pemasangan atap sebaiknya dikerjakan sebelum melakukan pekerjaan plesteran maupun pemasangan lantai karena atap berfungsi menahan panas dan hujan selama pekerjaan berlangsung. Apalagi ketika bangunan tersebut sudah selesai dibangun.



Gambar 1.12 Pekerjaan Pemasangan Atap

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

9. Pekerjaan Pemasangan Pintu dan Jendela

Jika pekerjaan atap sudah selesai dilakukan, sebaiknya pekerjaan selanjutnya adalah pemasangan kosen (kusen) pintu dan jendela, termasuk aksesoris pendukungnya, seperti engsel dan lain-lain. Bahan pembuatan pintu dan jendela, antara lain kayu, aluminium, besi, dan bisa juga terbuat dari bahan PVC (*Polyvinyl Chloride*). Pemilihan material dari kosen (kusen) ini tergantung dari selera atau kebutuhan dari bangunan itu sendiri.



Gambar 1.13 Pekerjaan Pemasangan Pintu dan Jendela

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

10. Pekerjaan Instalasi Air dan Listrik

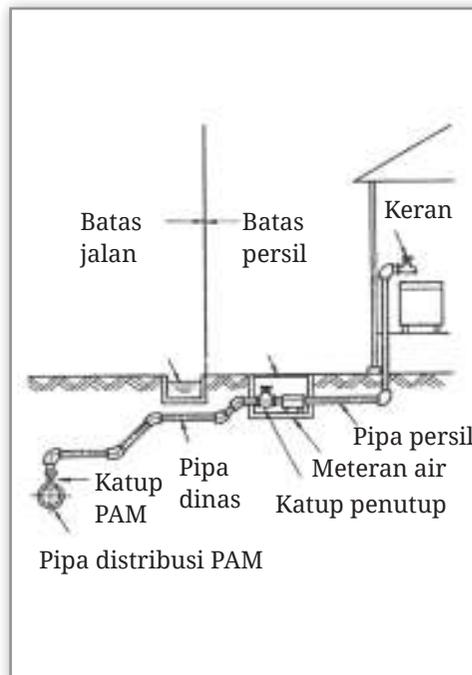
Pekerjaan instalasi air dan listrik meliputi pekerjaan instalasi air bersih dan kotor, serta instalasi listrik. Pekerjaan ini dilakukan sebelum pekerjaan plesteran dan acian atau biasa disebut '*finishing* dinding' dilakukan. Hal ini bertujuan agar instalasi tersebut rapi dan tidak terlihat setelah *finishing*. Pada beberapa kasus dapat dilakukan setelah *finishing* dinding. Akan tetapi, secara efisiensi waktu dan bahan tidak tepat karena dapat mengurangi produktivitas kerja.





Gambar 1.14 Instalasi Listrik Rumah

Sumber: Linkumkn.com /Admin (2019)



Gambar 1.15 Instalasi Air Rumah

Sumber: verticalblinds.co.id/Admin

11. Pekerjaan Plesteran dan Acian Dinding

Pekerjaan plesteran dan acian dinding dilakukan setelah pekerjaan instalasi air dan listrik selesai dikerjakan sehingga pekerjaan acian dan plesteran ini dapat menutupi jalur air dan kabel. Dengan demikian, bangunan akan tampak rapi.

Pada pekerjaan plesteran dinding, bahan campuran yang digunakan adalah semen, pasir, dan air sebagai pencampur dan pengikatnya. Perbandingan campuran untuk plesteran yang terkena air langsung atau plesteran yang kedap air, yaitu 1 semen : 2 pasir. Sementara itu, untuk plesteran biasa perbandingannya 1 semen : 4 pasir, namun terkadang ada beberapa proyek menggunakan perbandingan 1 semen : 5 pasir.

Acian merupakan lapisan penghalus untuk plesteran. Bahan acian untuk dinding adalah semen dan air yang direkatkan ke permukaan plesteran, kemudian dihaluskan menggunakan alat seperti berbahan busa.



Gambar 1.16 Plesteran dan Acian

Sumber: civil-eng.binus.ac.id/Admin (2020)

12. Pekerjaan Penutup Langit-Langit atau Plafon



Gambar 1.17 Penutup Langit-Langit

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

Penutup langit-langit ini selain berfungsi sebagai penutup kabel instalasi listrik, juga berfungsi sebagai keindahan langit-langit rumah. Oleh karena itu, tidak sedikit orang mendesain langit-langit dengan model yang beraneka ragam sesuai dengan selera, seperti pada contoh



Gambar 1.17. Bahan penutup langit-langit ada yang terbuat dari GRC *board*, gipsum, tripleks, atau bahkan yang sekarang sedang tren terbuat dari bahan PVC.



Gambar 1.18 Penutup Langit-Langit PVC

Sumber: Mustikaland.co.id /Kalisa ((2021)

13. Pekerjaan Penutup Lantai

Pekerjaan penutup lantai dilakukan jika pekerjaan-pekerjaan seperti yang disebutkan di atas sudah selesai dikerjakan. Bahan penutup lantai antara lain keramik, granit, marmer, atau bahkan ada juga lantai yang terbuat dari bahan kayu yang biasa disebut *parquet*.



Gambar 1.19 Penutup Lantai

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

14. Pekerjaan Pengecatan

Pekerjaan pengecatan dilakukan ketika seluruh pekerjaan hampir selesai karena pengecatan merupakan bagian *finishing*. Pengecatan ini bisa untuk dinding, kosen (kusen), pagar, atau pengecatan langit-langit.

15. Pekerjaan Pembersihan

Pembersihan merupakan tahap akhir dari pekerjaan konstruksi sebelum bangunan tersebut diserahkan atau digunakan oleh pemilik. Pekerjaan pembersihan ini meliputi pembuangan puing dan sisa material yang sudah tidak digunakan lagi, juga pembersihan dari noda-noda cat yang tercecer.



Aktivitas Mandiri 1.3

Setelah membaca dan memahami urutan pekerjaan yang telah dijelaskan di atas, silakan kalian pindai kode QR di bawah ini dan simaklah videonya hingga selesai!



<https://www.youtube.com/watch?v=XZiPo01ybUE&t=73s>

Sumber: Joen (2020)

Pekerjaan apa saja yang ada pada video tersebut, namun tidak dijabarkan pada buku ini? Tuliskan jawaban kalian pada tabel di bawah ini!



No.	Pekerjaan	Deskripsi Pekerjaan
1.		
2.		
3.		
...		

E. Menganalisis Profesi dan Kewirausahaan di Bidang Konstruksi



<https://youtu.be/3qJWqOlZajs>

Sumber: Bangdid TV (2019)

Silakan pindai kode QR di atas, kemudian masuklah ke dalam tautannya dan perhatikan video tersebut. Setelah itu, lakukan analisis apa yang menjadi peluang di kompetensi keahlian Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan.

Pada bidang konstruksi, di dalamnya terdapat penyedia barang dan jasa sehingga banyak profesi atau peluang usaha. Sebagai contoh, untuk penyedia barang kita bisa menjadi pemasok atau penyedia barang-barang kebutuhan konstruksi dari mulai yang paling kecil sampai paling besar. Sementara itu, untuk bidang jasa kita bisa menjadi penyedia jasa desain atau jasa pembangunan konstruksi tersebut, bahkan penyewaan alat penunjang konstruksi juga bisa dilakukan.

Banyak profesi maupun kewirausahaan di bidang konstruksi yang dapat dilakukan. Tinggal kita memilih ingin bekerja di bidang konstruksi atau berwirausaha sesuai dengan bidang konstruksi yang paling kita kuasai.



Gambar 1.20 Jenis-Jenis Usaha Bidang Konstruksi

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

Amati gambar di atas dengan saksama, kemudian lakukan analisis mengenai gambar tersebut!

Setelah mengamati dan menganalisis, pasti kalian dapat mengevaluasi dan menyimpulkan bahwa ada banyak peluang usaha di bidang desain pemodelan dan informasi bangunan. Kalian sebagai peserta didik yang akan terjun di bidang konstruksi tinggal memilih salah satu bidang usaha yang paling diminati atau dikuasai dan yang menurut kalian memiliki prospek yang lebih bagus.

Pada urutan pekerjaan konstruksi yang telah dijelaskan sebelumnya, dari mulai galian fondasi sampai dengan urutan pekerjaan terakhir yaitu pembersihan, banyak sekali peluang usaha yang dapat dilakukan dari mulai penyediaan barang, penyediaan jasa, dan penyewaan alat. Peluang bisnis penyewaan di bidang konstruksi sangatlah luas, dari mulai penyewaan alat-alat konstruksi yang kecil sampai dengan alat berat. Untuk bisnis penyediaan barang, kita dapat mulai dari hal terkecil, seperti penyediaan pasir, besi, baja, sampai dengan penyediaan aksesoris-aksesori lainnya yang berkaitan dengan konstruksi. Di bidang jasa kita dapat membuka bisnis jasa gambar perencanaan, jasa pengurusan Izin Mendirikan Bangunan (IMB), jasa perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan lain sebagainya.





Rangkuman

1. Proses bisnis desain pemodelan dan informasi bangunan merupakan proses bisnis di bidang konstruksi. Oleh karena itu, jika peserta didik ingin terjun ke dalam bisnis desain pemodelan dan informasi bangunan maka harus memahami bidang konstruksi, mulai dari bangunan sederhana sampai bangunan bertingkat.
2. Peserta didik desain pemodelan dan informasi bangunan juga harus memahami budaya mutu di bidang konstruksi dan dapat menerapkannya dengan baik, terutama ketika peserta didik melakukan magang atau praktik kerja lapangan di industri.
3. Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan Hidup (K3LH) merupakan faktor penting yang wajib diterapkan pada dunia konstruksi. Peserta didik dapat mengaplikasikannya ketika terjun di dunia konstruksi, minimal ketika mulai melakukan Praktik Kerja Lapangan (PKL).
4. Urutan pekerjaan di bidang konstruksi menjadi unsur yang penting agar dihasilkan pekerjaan yang efisien.
5. Pada bidang konstruksi terdapat beberapa profesi yang dapat dilakukan setelah lulus dari kompetensi keahlian Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan, serta dapat menumbuhkan jiwa kewirausahaan bagi yang ingin berwirausaha di bidang konstruksi.



Asesmen



Asesmen Mandiri 1.1

Amati kegiatan proyek konstruksi di sekitar kalian, kemudian cari tahu profesi apa saja yang berkaitan dengan desain pemodelan dan informasi bangunan. Setelah itu, buatlah daftarnya seperti pada tabel di bawah ini!



No.	Nama Profesi	Tugas Profesi
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		



Asesmen Mandiri 1.2

Amatilah toko bangunan di sekitar kalian, kemudian buatlah daftar peluang usaha apa saja yang sesuai dengan bidang desain pemodelan dan informasi bangunan. Tuliskan hasilnya dalam bentuk tabel seperti di bawah ini!

No.	Nama Toko	Jenis Usaha
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		



Proyek



Proyek 1.1

Mendiskusikan Urutan Pekerjaan pada Proyek Sederhana

Buatlah kelompok yang terdiri dari 3-5 orang, kemudian diskusikan dengan kelompok kalian tentang urutan pekerjaan pada proyek sederhana berikut ini!



1. Proyek pembangunan pos satpam sederhana (sumber gambar boleh dari internet).
2. Proyek renovasi ruang kelas menjadi ruang laboratorium komputer (sumber gambar boleh dari internet).



Proyek 1.2

Proyek Menyajikan Sebuah Peluang Usaha di Bidang Konstruksi

Langkah-langkahnya sebagai berikut.

1. Buatlah kelompok yang terdiri dari 5 orang.
2. Amati kebutuhan barang dan jasa di bidang desain pemodelan dan informasi bangunan.
3. Selanjutnya, buatlah akun di salah satu lokapasar (*marketplace*) dan buatlah toko virtual yang berkaitan dengan penjualan barang dan jasa bidang desain pemodelan dan informasi bangunan.
4. Isi toko dapat berupa barang ataupun jasa. Barang atau jasa yang ditawarkan di toko minimal 10 jenis dengan harga yang kompetitif. Sebelumnya lakukanlah survei harga pada produk sejenis.



Pengayaan

Bagi kalian yang telah menyelesaikan asesmen dan proyek di atas, buatlah kesimpulan dari beberapa hal berikut ini!

1. Apa yang menjadi poin penting dalam penerapan budaya mutu?
2. Mengapa K3LH menjadi unsur utama dalam bidang konstruksi?
3. Mengapa urutan pekerjaan menjadi penting diketahui dalam hal produktivitas kerja?
4. Bagaimana urutan membuat toko di lokapasar dari mulai pembuatan akun sampai dengan toko siap beroperasi?



Refleksi

Merefleksikan hasil belajar Bab 1 untuk mengetahui topik yang sudah berhasil dipahami dengan baik dan yang perlu dikuasai lebih lanjut.

Selamat! Kalian sudah selesai mempelajari Bab 1. Tentu banyak yang sudah kalian pelajari.

Tandai kegiatan yang sudah kalian lakukan atau pengetahuan yang sudah kalian pahami dengan memberi tanda centang (✓). Pada kolom “Masih Perlu Belajar Lagi”, tuliskan topik yang ingin kalian pelajari lebih lanjut!

No.	Capaian Pembelajaran	Sudah Memahami	Masih Perlu Belajar Lagi	Catatan
1.	Saya mampu mengetahui proses bisnis desain pemodelan dan informasi bangunan.			
2.	Saya mampu memperagakan budaya mutu dalam bidang konstruksi.			
3.	Saya mampu menyebutkan APD standar di bidang konstruksi.			



No.	Capaian Pembelajaran	Sudah Memahami	Masih Perlu Belajar Lagi	Catatan
4.	Saya mampu mengurutkan pekerjaan pembangunan rumah sederhana untuk mengefektifkan produktivitas kerja.			
5.	Saya mampu menganalisis profesi dan kewirausahaan bidang desain pemodelan dan informasi bangunan.			
6.	Saya mampu memilih peluang usaha yang cocok untuk saya di bidang desain pemodelan dan informasi bangunan.			

Hitunglah persentase penguasaan materi kalian menggunakan rumus berikut.

$$\frac{\text{Jumlah materi yang kalian kuasai}}{\text{Jumlah seluruh materi}} \times 100\%$$

- Jika 70-100% materi di atas sudah dikuasai, kalian dapat meminta kegiatan pengayaan kepada guru.
- Jika materi yang dikuasai masih di bawah 70%, kalian dapat mendiskusikan kegiatan remedial yang dapat dilakukan bersama guru kalian.

Jurnal Membaca



Pada bagian ini, kalian dapat memilih buku untuk dibaca sebagai bagian dari kegiatan jurnal membaca. Pilihlah salah satu dari beberapa alternatif buku atau karya tulis tentang proses bisnis desain pemodelan dan informasi bangunan di bawah ini. Lengkapi formulir 'Jurnal Membaca' yang disediakan sebagai tindak lanjut dari kegiatan membaca ini.

Pilihlah salah satu karya dari beberapa karya berikut yang dapat kalian jadikan alternatif pada kegiatan jurnal membaca Bab 1!

No.	Judul	Penulis	Jenis Karya	Penerbit	Sumber Daring
1.	Dasar Keselamatan dan Kesehatan Kerja	Heni Fa'riatul Aeni, S.KM, M.KM	Buku	Deepublish	
2.	Pedoman Praktis K3LH: Keselamatan dan Kesehatan Kerja dan Lingkungan Hidup.	Drs. Suwardi, M.Pd., Drs. Daryanto	Buku	Yogyakarta: Gava Media, 2018	Perpusnas 
3.	Peluang dan Tantangan Industri Jasa Konstruksi Indonesia Masyarakat Ekonomi ASEAN.	Trihono Kadri	Buku	Deepublish	



Lengkapilah formulir 'Jurnal Membaca' berikut ini sebagai tindak lanjut kegiatan membaca salah satu karya yang direkomendasikan di atas. Gunakan formulir berbeda untuk setiap buku!

JURNAL MEMBACA

Hari/tanggal :

Nama :

Kelas :

Judul Buku :

Penulis :

Penerbit :

Tahun :

Pilihlah salah satu kegiatan dari dua alternatif kegiatan berikut untuk menindaklanjuti buku yang telah kalian baca.

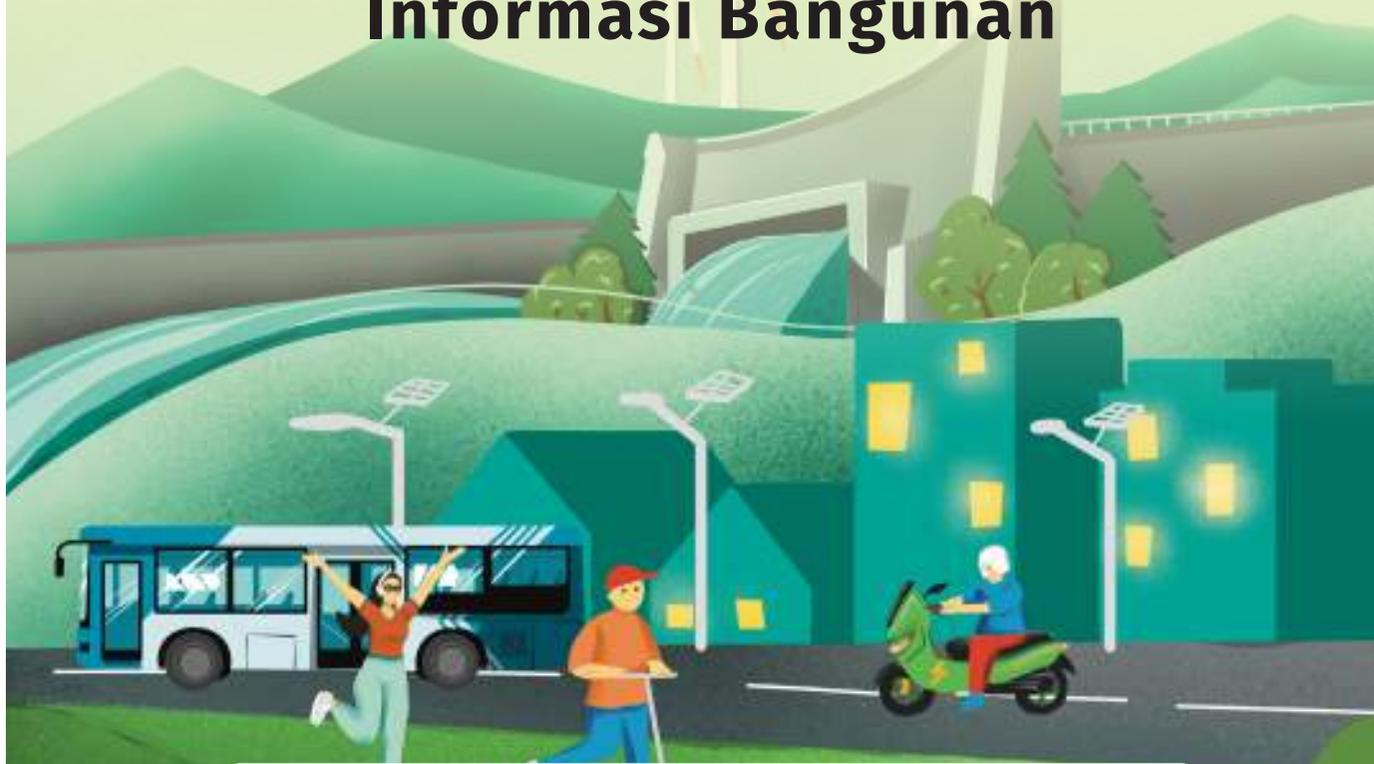
1. Buatlah diagram skematik sederhana dari bab yang kalian sukai.
2. Sebutkan bab atau subbab yang kalian sukai dan berikan alasannya.

Menurut pendapatku,

.....
.....
.....
.....

Bab
2

Konsep Hijau (*Green*) dan Berkelanjutan (*Sustainable*) pada Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan



Tahukah kalian, gedung-gedung yang ramah lingkungan atau biasa disebut *green building* di Indonesia?

Adakah yang tampak berbeda dengan gedung-gedung lainnya? Jika ada, sebutkan perbedaannya!

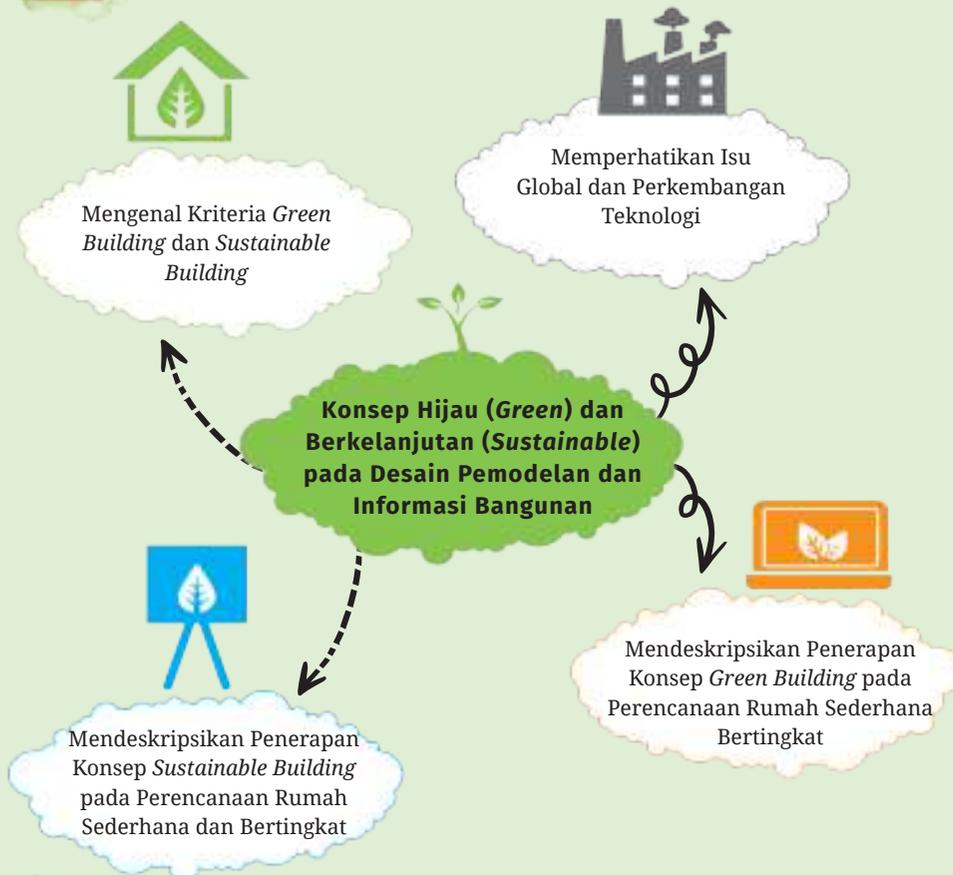


Tujuan Pembelajaran

Pada bab ini, kalian akan mempelajari tentang isu-isu global dan perkembangan teknologi terkait bangunan hijau (*green building*) dan bangunan berkelanjutan (*sustainable building*) yang dijadikan pertimbangan dalam penggambaran konstruksi bangunan.



Peta Konsep



Kata Kunci

Green building, sustainable building, isu global, perkembangan teknologi, efisiensi energi, konservasi air, pengelolaan limbah, ruang terbuka hijau.



Sumber: eppid.pu.go.id/Biro Komunikasi Publik, Kementerian PUPR (2021)

Gedung pada gambar di atas merupakan salah satu gedung hijau (*green building*) yang ada di Indonesia. Coba amati gambar di atas, lalu buatlah kelompok dengan 2-3 orang teman kalian untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini!

1. Tahukah kalian, nama gedung pada gambar di atas? Jika ya, sebutkan nama gedung tersebut!
2. Apa yang kalian pikirkan ketika mendengar kata “gedung hijau”?
3. Apa yang paling menarik perhatian kalian dari gambar di atas? Berikan alasannya!

A. Mengenal Kriteria *Green Building* dan *Sustainable Building*

Menurut *World Green Building Council (WGBC)*, “Gedung hijau adalah sebuah bangunan yang mulai dari tahap desain, konstruksi, dan pengoperasiannya mengurangi atau menghilangkan dampak negatif terhadap iklim dan lingkungan sekitarnya, bahkan dapat memberikan dampak positif”.





Aktivitas Mandiri 2.1

Mencari Tahu Kriteria *Green Building*

Perhatikan infografik rumah ramah lingkungan berikut!



Sumber: liputan6.com/Triyasni (2022)

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini!

1. Topik apakah yang dijelaskan pada infografik di atas?
2. Komponen apa yang harus ada agar dapat dikategorikan rumah ramah lingkungan?
3. Jelaskan pendapat kalian mengapa harus rumah ramah lingkungan!



Aktivitas Kelompok 2.2

Mendeskripsikan Kriteria *Green Building*

Peraturan Menteri Nomor 21 Tahun 2021 yang diterbitkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) menjelaskan tentang Bangunan Gedung Hijau (*green building*) yang disingkat menjadi BGH. Pada pasal 1 butir 2 dijelaskan bahwa Bangunan Gedung Hijau adalah bangunan gedung yang memenuhi Standar Teknis Bangunan Gedung dan memiliki kinerja terukur secara signifikan dalam penghematan energi, air, dan sumber daya lainnya melalui penerapan prinsip BGH sesuai dengan fungsi dan klasifikasi pada setiap tahapan penyelenggaraannya.

Apa Itu *Green Building*?



www.youtube.com/watch?v=du7oF9wQRAY

Sumber: Dinas CKTRP Pemerintahan Provinsi DKI Jakarta (2021)

Buatlah kelompok bersama 3-4 teman kalian. Silakan kalian pindai kode QR di atas dan perhatikan videonya sampai selesai, kemudian diskusikan pertanyaan-pertanyaan berikut ini!

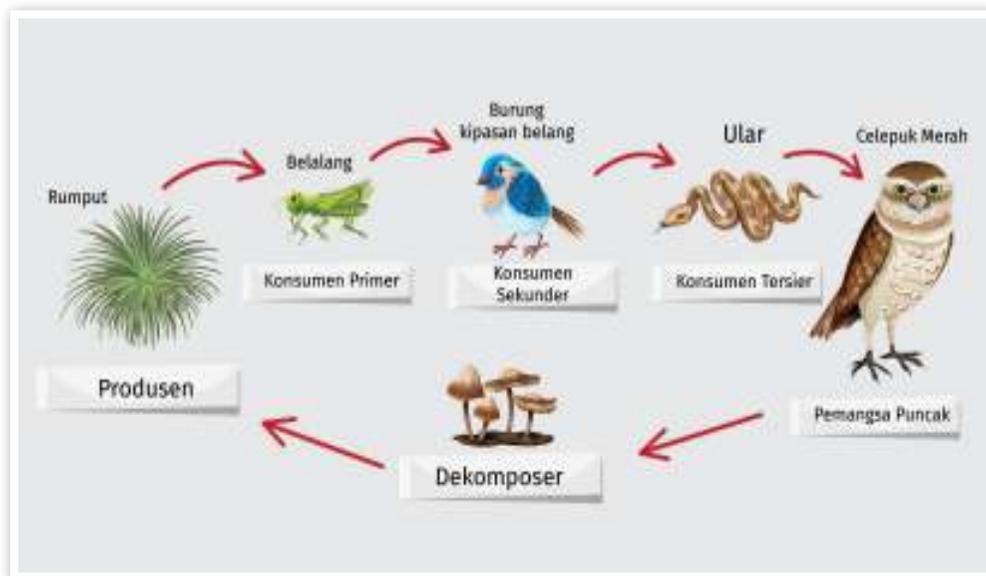
1. Mengapa perlu adanya bangunan hijau (*green building*)?
2. Apa yang dimaksud dengan konsep bangunan hijau?
3. Menurut kalian, mengapa pemerintah daerah Jakarta menerbitkan Perda untuk menerapkan konsep bangunan hijau tersebut?



Selanjutnya susunlah sebuah infografik dalam bentuk peta konsep (*mind mapping*) tentang bangunan hijau dan manfaatnya. Presentasikan karya kelompok kalian di depan kelas!

1. Mendeskripsikan Kriteria *Sustainable Building*

Perhatikan gambar di bawah ini!



Gambar 2.1 Rantai Makanan (sebuah proses yang berkelanjutan)

Proses pada gambar di atas pasti sudah tak asing lagi. Rantai makanan merupakan suatu proses yang berkelanjutan. Energi yang dihasilkan tanaman sebagai produsen berpindah dari satu konsumen ke konsumen lainnya sampai akhirnya kembali ke dalam tanah. Setelah itu, proses rantai makanan ini akan berulang kembali. Untuk menjaga proses tersebut terus berlanjut, lingkungan dan sumber daya yang ada perlu dijaga agar tetap optimal dan seimbang.

Demikian juga dengan kota yang terdapat kawasan kerja, hunian, dan kawasan rekreasi. Warga kota melakukan kegiatan perekonomian untuk menjaga keberlangsungan kota itu sendiri. Namun, berbagai kegiatan masyarakat dan pertumbuhan jumlah penduduk berpotensi terhadap meningkatnya dampak lingkungan pada skala yang tak terduga. Dipicu semakin tingginya kesadaran global akan dampak

meningkatnya kegiatan ekonomi terhadap lingkungan, Persatuan Bangsa-Bangsa (PBB) mengadakan sebuah konferensi.

Konferensi PBB pada tahun 1972 di Stockholm, Swedia tentang Lingkungan Hidup Manusia (*Human Environment*) menandai dimulainya penataan perlindungan lingkungan dalam hubungannya dengan manusia dan pembangunan alam secara global. Sekitar satu dekade kemudian, pada tahun 1983 PBB membentuk Komisi Brundtland. Empat tahun kemudian, Komisi Brundtland mengeluarkan sebuah laporan yang menjelaskan tentang definisi *sustainable development* atau pembangunan berkelanjutan sebagai berikut.

Pembangunan berkelanjutan adalah pembangunan yang dapat memenuhi kebutuhan masyarakat di masa kini tanpa mengorbankan kemampuan generasi selanjutnya untuk memenuhi kebutuhan mereka.

Pada tahun 2015, Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB) atau *Sustainable Development Goals* yang disingkat menjadi SDGs disepakati bersama pada sidang umum PBB. Terdapat 17 tujuan yang menjadi prioritas dalam TPB/SDGs. Salah satunya tujuan nomor 11, yaitu kota dan permukiman yang berkelanjutan. Kota dan permukiman yang berkelanjutan, yaitu tentang pembangunan berkelanjutan skala kota. Untuk mendesain kota yang berkelanjutan tidak lepas dari tata kota yang inklusif, mengadopsi efisiensi sumber daya, dan mempunyai ketahanan terhadap perubahan iklim. Proses pembangunan berkelanjutan dilakukan dengan menyeimbangkan sumber daya alam dan sumber daya manusia.

Kota yang berkelanjutan menurut *United Nations Development Programme* (UNDP) adalah kota yang inklusif, aman, tangguh, dan berkelanjutan. UNDP mengembangkan tujuan-tujuan untuk mencapai kota dan permukiman yang berkelanjutan pada tahun 2030. Berikut aspek-aspek yang perlu diperhatikan agar tujuan tersebut tercapai.



a. Inklusif

Perencanaan kota berkelanjutan mengakomodasi keberagaman penduduknya dan keberagaman aktivitas dari penghuninya. Keberagaman penduduk ini termasuk wanita, anak-anak, lansia, dan disabilitas. Masing-masing kelompok mempunyai aktivitas berbeda-beda yang membutuhkan sarana dan prasana yang beragam. Berikut ini beberapa hal yang dapat dipertimbangkan.

- Tersedianya keberagaman fungsi kawasan, yakni sebagai tempat bekerja, hunian/permukiman, rekreasi, atau sosial.
- Memaksimalkan ruang terbuka hijau untuk kegiatan sosial budaya maupun kegiatan yang produktif, misalnya *urban farming*.
- Pembangunan jalur taktil di jalur pejalan kaki yang dapat membantu penyandang disabilitas netra.
- Pembangunan lift di stasiun transportasi publik yang terletak di bagian jalan yang lebih tinggi.

b. Aman

- Penyediaan akses terhadap rumah yang aman dan layak. Selain itu, diperlukan penyediaan akses transportasi publik yang berkelanjutan untuk menunjang kegiatan ekonomi dan sosial warganya.
- Usaha-usaha untuk mengurangi jejak karbon dengan melakukan efisiensi energi, perbaikan kualitas udara, dan melakukan pengelolaan limbah. Akan lebih baik lagi jika limbah tersebut menjadi material yang bermanfaat, misalnya pupuk.
- Perencanaan akses terhadap ruang terbuka hijau dan ruang publik untuk kegiatan produktif maupun sosial.
- Perbaikan kualitas air dan konservasi air dengan pemanenan air hujan maupun pengolahan air limbah.

c. Tangguh

Memperkuat ketahanan tanggap bencana alam, misalnya gempa dan dampak iklim ekstrem, di antaranya membuat desain bangunan tahan gempa, akses saat terjadi bencana, dan lain sebagainya.



d. Berkelanjutan

- Perlu adanya manajemen terhadap semua perencanaan agar aktivitas efisiensi energi, perbaikan kualitas udara, pengelolaan limbah, dan lain sebagainya menjadi budaya bagi masyarakat hingga akhirnya menjadi kegiatan yang berkelanjutan.
- Menjaga situs budaya maupun alam yang sudah menjadi situs warisan dunia.

2. Konsep *Sustainable Building*

Sebuah bangunan merupakan bagian yang terintegrasi dalam suatu perencanaan kota. Secara konsep, *sustainable building* merupakan pembangunan yang berkelanjutan dalam skala yang lebih kecil, yaitu bangunan gedung. Bangunan pada tapak perlu memperhatikan sumber energi yang digunakan. Konsep kota berkelanjutan selain harus memperhatikan usaha untuk meminimalkan penggunaan sumber daya tak terbarukan, juga mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya yang terbarukan.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), keberlanjutan adalah berlangsung terus menerus. Suatu bangunan yang berkelanjutan bertujuan untuk meningkatkan taraf hidup penghuninya agar aman, sehat, tangguh, dan berkelanjutan. Usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut, antara lain:

- Efisiensi energi.
- Pemeliharaan air.
- Pengelolaan limbah.
- Penyediaan ruang terbuka hijau.
- Melakukan perbaikan kualitas udara.
- Memperhatikan akses terhadap transportasi publik dan fasilitas publik untuk kegiatan sosial di sekitar tapak bangunan.
- Mengaplikasikan penggunaan material lokal secara optimal untuk mengurangi jejak karbon.





Aktivitas Kelompok 2.3

Bentuklah kelompok bersama dua orang teman kalian, kemudian buatlah peta pikiran (*mind mapping*) yang menarik dan berwarna tentang konsep *sustainable building* menurut hasil diskusi kelompok kalian.

Setelah selesai, presentasikan hasilnya di depan kelas.

B. Memperhatikan Isu-Isu Global dan Perkembangan Teknologi

Tahukah kalian, apa yang dimaksud dengan isu global? Menurut Kamus Besar bahasa Indonesia (KBBI), **isu** adalah masalah yang dikedepankan (untuk ditanggapi dan sebagainya), sedangkan **global** berarti bersangkut paut, mengenai, meliputi seluruh dunia. Berdasarkan arti kedua kata tersebut, **isu global** dapat diartikan sebagai masalah yang dialami dunia yang perlu ditanggapi secara bersama-sama sebagai masyarakat global.

Indonesia sebagai bagian dari masyarakat global juga mempunyai rencana kerja untuk turut serta dalam menanggapi isu-isu global tersebut. Saat ini, isu-isu global juga telah memengaruhi perkembangan desain, konstruksi, dan pengoperasian suatu bangunan, baik itu bangunan publik, perkantoran, maupun hunian.

Buatlah kelompok bersama 2-3 teman kalian, lalu diskusikan jawaban untuk pertanyaan-pertanyaan berikut ini!

- Saat mendesain sebuah bangunan, isu global apakah yang kalian pikirkan?
- Menurut kalian, bagaimana cara menanggapi isu-isu global tersebut?

1. Menyajikan Isu-Isu Global terkait Desain Bangunan Hijau



Aktivitas Kelompok 2.4

Pindai kode QR di bawah ini dan simaklah video tersebut dengan saksama. Selanjutnya, bersama kelompok kalian buatlah paparan mengenai isu-isu global yang berkaitan dengan desain bangunan.

Tujuan Bersama SDGs di Indonesia



<https://www.youtube.com/watch?v=ncYppHqd3Cg&t=120s>

Sumber: SDGs Indonesia (2019)

2. Mengenali Perkembangan Teknologi terkait Desain Bangunan Hijau

a. Konservasi Energi dan Sumber Energi Terbarukan

Salah satu kriteria bangunan hijau adalah capaian efisiensi energi pada fase operasional. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), efisiensi artinya ketepatan cara (usaha, kerja) dalam menjalankan sesuatu (dengan tidak membuang waktu, tenaga, biaya). Dengan demikian, efisiensi energi dapat diartikan sebagai pemanfaatan energi secara efisien. Menurut Winarso, dkk (2019), “Dalam aspek efisiensi energi lebih fokus kepada peralatan, teknologi, inovasi, atau mesin yang dapat mengurangi penggunaan energi”.



1) Peralatan

Kalian tentunya sudah mengetahui peralatan-peralatan bangunan, baik gedung perkantoran, gedung publik, maupun hunian yang menggunakan energi listrik. Pemilihan peralatan yang hemat energi saat melakukan desain pemodelan bangunan merupakan salah satu upaya untuk menunjang terwujudnya bangunan hijau. Salah satu contoh peralatan yang menggunakan listrik di dalam gedung publik atau perkantoran adalah eskalator.



Gambar 2.2 Eskalator di Terminal 3

Sumber: megapolitan.kompas.com /Kristianto Purnomo (2019)

Eskalator adalah tangga berjalan yang memerlukan tenaga listrik. Tahukah kalian bahwa Bergeraknya eskalator ini dapat diatur? Teknologi yang digunakan disebut *Variable Speed Drive* (VSD). Dengan menggunakan teknologi VSD ini, gerakan eskalator dapat diatur sehingga hanya bergerak jika ada yang menaikinya. Tentu saja ada tambahan sensor gerak untuk mengetahui saat pejalan kaki menaiki eskalator. Hal ini akan menghemat energi yang dikeluarkan karena eskalator tidak bergerak setiap saat sepanjang gedung beroperasi.

Tahukah kalian, peralatan lain yang mempunyai fitur hemat energi? Ayo, lakukan aktivitas berikut ini!



Aktivitas Mandiri 2.5

Mendeskripsikan Fitur Hemat Energi

Carilah peralatan yang mempunyai teknologi hemat listrik. Buatlah daftarnya seperti pada tabel di bawah ini!

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



Aktivitas Mandiri 2.6

Setiap bangunan hijau tidak harus menggunakan strategi yang sama untuk melakukan penghematan energi. Bacalah secara mandiri kedua teks di bawah ini dan cermati praktik hemat energi yang dilakukan pada kedua bangunan hijau tersebut. Tandailah dengan memberi garis bawah pada bagian praktik hemat energi menggunakan pena!

Teks 1:

Terapkan Konsep *Green Building*, Gedung Utama Kementerian PUPR Terima Penghargaan Subroto Bidang Efisiensi Energi Tahun 2021

Oleh: Biro Komunikasi Publik, Kementerian PUPR

Jakarta - Gedung Utama Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) menerima Penghargaan Subroto Bidang Efisiensi Energi



(PSBE) 2021 untuk kategori Penghematan Energi di Instansi Pemerintah dengan subkategori Gedung Lama. Penghargaan ini diberikan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) atas komitmen Kementerian PUPR dalam upaya pengurangan dampak lingkungan yang diterapkan pada bangunan gedung utama dengan mengadopsi konsep Bangunan Gedung Hijau (BGH).

Penghargaan yang secara rutin digelar sejak 2012 ini merupakan apresiasi Kementerian ESDM bagi pemangku kepentingan di sektor bangunan dan industri yang berhasil menerapkan upaya efisiensi serta konservasi energi. Secara seremonial, penghargaan diberikan Menteri ESDM Arifin Tasrif dan diterima oleh Sekretaris Jenderal (Sekjen) Kementerian PUPR Mohammad Zainal Fatah secara virtual pada acara Penganugerahan Penghargaan Subroto 2021 tanggal 28 September 2021 lalu.

Menteri PUPR Basuki Hadimuljono mengatakan bahwa sejalan dengan komitmen Indonesia dalam menghadapi isu lingkungan, Kementerian PUPR terus ikut berkontribusi dalam pengurangan emisi karbon melalui berbagai pembangunan infrastruktur, misalnya, pembangunan gedung hijau, pasar tradisional dan rumah susun (rusun) hemat energi, kebun raya dan ruang terbuka hijau, serta pembangunan TPA sampah dengan teknologi *sanitary landfill* dan *incinerator*.

Gedung utama Kementerian PUPR dibangun dengan konsep *green building* dengan estimasi penghematan listrik sekitar 40% dan penghematan konsumsi air hingga 35%. Desain keseluruhan gedung menggunakan lebih banyak penerangan alami dari sinar matahari pada siang hari serta menerapkan sensor penerangan yang secara otomatis akan memadamkan lampu ketika tidak ada orang di ruangan.

Kawasan kampus PUPR juga menerapkan sistem daur ulang penggunaan air untuk menghemat konsumsi air melalui sistem *rainwater harvesting*, *recycling*, dan *reuse*. Air hujan yang turun di area resapan dialirkan masuk dalam drainase, selanjutnya ditampung dalam *ground water tank* dan didaur ulang sebagai air untuk menyiram tanaman, *flushing urinoir*, dan suplai air untuk *cooling tower*.



Selain itu, ruangan kantor di setiap lantai dilengkapi dengan toilet, musala beserta tempat wudu, *pantry*, dan ruangan ibu dan anak (*nursery*) untuk memberikan kenyamanan pegawai dalam menyusui atau *pumping*. Area sekitar gedung juga dilengkapi dengan jalur pejalan kaki dengan *guiding block* untuk pengguna difabel dan taman sebagai ruang terbuka hijau dengan bangku-bangku taman.

“Biro Umum selaku pengelola gedung terus berusaha memegang teguh komitmen untuk menjaga gedung utama tetap fungsional sebagai bangunan gedung hijau”, seperti disampaikan oleh Plt Kepala Biro Umum Kementerian PUPR, Edy Juharsyah.

Kementerian PUPR telah menerbitkan Peraturan Menteri PUPR No. 15 Tahun 2015 tentang Bangunan Gedung Hijau, Peraturan Menteri PUPR No. 9 tahun 2021 tentang Pedoman Penyelenggaraan Konstruksi Berkelanjutan, dan Peraturan Menteri PUPR No. 21 Tahun 2021 tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau dalam rangka mendukung infrastruktur ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Sumber: https://eppid.pu.go.id/page/kilas_berita/2723/Terapkan-Konsep-Green-Building-Gedung-Utama-Kementerian-PUPR-Terima-Penghargaan-Subroto-Bidang-Efisiensi-Energi-Tahun-2021

Teks 2:

Rahasia Pacific Place Raih Platinum Green Building

Oleh: Arie Liliyah

Upaya PT Pacific Place Jakarta untuk menjalankan praktik efisiensi energi sejak tahun 2010 berbuah manis. Pada Senin 17/3 lalu, Pacific Place Mall dinobatkan oleh *Green Building Council Indonesia* (GBCI) sebagai pusat perbelanjaan pertama di Indonesia yang ramah lingkungan kategori Platinum.

Menurut H.V. Jovellana, Jr, COO PT Pacific Place Jakarta, sertifikasi ini tidak hanya menguntungkan bagi kelestarian lingkungan, tetapi juga menghasilkan *benefit* dari sisi bisnis. “Kami mengaplikasikan praktik hemat energi dengan cara *recycle*, *reschedule*, *readjust*, dan *replacing* masing-masing dapat menekan biaya operasional hingga 25% setiap bulan,” jelas Jovellana.



Secara teknis, prinsip hemat energi guna mendukung kelestarian lingkungan dilaksanakan PT Pacific Place dalam dua tahap, yaitu *short term investment* dan *middle term investment*. *Short term investment* adalah investasi yang dilaksanakan melalui praktik *reschedule*, *recycle*, dan *readjust*.

Jovellana mencontohkan, untuk penghematan energi listrik dilakukan *reschedule indoor lighting*. Jika sebelumnya penerangan dalam mal Pacific Place dinyalakan sejak pukul 9.30 WIB, maka jadwalnya dimundurkan hingga pukul 9.40 WIB. Dengan demikian, mereka telah menghemat 10 menit energi listrik yang akan digunakan dalam satu hari.

Praktik *short term investment* lainnya adalah *readjust*, di mana salah satu langkahnya adalah dengan mengoperasikan penyejuk udara dengan satu derajat lebih tinggi dari sebelumnya. Selain itu, PT Pacific Place juga memanfaatkan air daur ulang guna memenuhi kebutuhan air di luar dan dalam gedung. Pada investasi jangka menengah atau *middle term*, menurut Jovellana mereka menginvestasikan pada penggantian alat pendingin dan lampu dengan teknologi baru yang memiliki kemampuan *saving* energi.

“Sebelumnya kita harus mengeluarkan (biaya) untuk penyejuk udara hampir setengah dari total biaya operasional, sekarang kami bisa hemat sekitar 13%. Penggantian lampu dengan sistem *energy saving* pun dapat menghemat total di atas 10%,” jelas Jovellana.

Memang di awal gerakan ini dijalankan, PT Pacific Place sendiri harus menginvestasikan sejumlah dana. Akan tetapi menurut Jovellana, pihak CEO PT Pacific Place Jakarta langsung menyetujui investasi tersebut karena perhitungan ROI-nya yang kurang dari 3 tahun. Jovellana meng gambarkannya dengan mengambil contoh investasi dalam sistem *saving* energi alat penyejuk udara. “Kami menginvestasikan sekitar Rp1,5 miliar untuk satu sistem itu saja, tetapi ROI-nya hanya 1,5 tahun saja,” jelas Jovellana. (EVA)

Sumber: <https://swa.co.id/swa/trends/management/rahasia-pacific-place-raih-platinum-green-building>



Aktivitas Mandiri 2.7

Tuliskan perbedaan praktik hemat energi kedua gedung hijau pada bacaan di atas dalam bentuk tabel seperti berikut!

No.	Gedung Utama Kementerian PUPR	Gedung Mal Pacific Place
1.		
2.		
3.		
4.		



Aktivitas Kelompok 2.8

Buatlah kelompok yang terdiri dari 3-5 orang. Pilihlah salah satu gedung publik di sekitar kalian, kemudian diskusikan praktik hemat energi yang dapat dipraktikkan di gedung tersebut dan berikan alasannya. Presentasikan desain praktik hemat energi yang kalian usulkan di depan kelas!

2) Teknologi Hijau terkait Efisiensi Energi dan Konservasi Energi Terbarukan

Kalian sudah mengenal tentang bangunan hijau pada awal bab. Untuk mendukung konstruksi bangunan hijau diperlukan adanya teknologi hijau agar pada aspek perancangan, konstruksi, dan operasionalnya tercapai tujuan untuk mengurangi atau menghilangkan dampak negatif terhadap lingkungan.

Tahukah kalian, apa yang dimaksud dengan teknologi hijau? Teknologi hijau adalah teknologi yang menggunakan konsep hijau (*green*). Dalam Ningrum dan Damayanti (2019), menurut *Green*



Building Council (2013), “Konsep *green* bertujuan untuk meningkatkan kualitas lingkungan, ekonomi, dan kesehatan pengguna gedung tersebut”. Lebih lanjut menurut Asriningpuri dkk (2015), “Teknologi hijau adalah teknologi yang mempertimbangkan penghematan dan penggunaan sumber daya alam dan menjaga keberlangsungan ketersediannya, serta meminimalkan dampak negatif, bahkan berusaha meningkatkan kualitas hidup manusia. Dalam hal bangunan hijau, teknologi hijau dapat membantu meningkatkan kualitas dan tingkat kenyamanan penghuninya”.

Sebuah bangunan hijau sama halnya seperti bangunan pada umumnya, terdiri dari atap, dinding, kolom, dan fondasi. Perbedaannya adalah pada bangunan hijau terdapat upaya untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan yang akan mendukung pengurangan jejak karbon atau emisi. Pada akhirnya pengurangan jejak karbon akan mengurangi laju pemanasan global. Menurut Reynaldi (2017) dalam Ningrum & Damayanti (2019), “Konsep hijau (*green*) dapat menjadi jawaban atas permasalahan-permasalahan yang terjadi pada lingkungan”.

Beberapa teknologi hijau yang dapat diaplikasikan untuk menunjang konsep bangunan hijau, antara lain:

a) Konservasi Energi pada Atap

Seperti kalian ketahui bahwa gedung mal Pacific Place menggunakan strategi menaikkan satu derajat suhu AC untuk menghemat energi. Hal ini bukanlah satu-satunya cara untuk melakukan efisiensi energi. Desain atap yang mengadopsi teknologi hijau juga dapat memberikan efek penghematan energi.

- Ventilasi atap

Ventilasi atap berfungsi untuk mengurangi radiasi panas. Ventilasi atap akan mengurangi rambatan panas dari atap ke plafon sehingga dapat mengurangi panas dalam ruangan. Hal ini dapat mengurangi pemakaian energi untuk mendinginkan suhu ruangan.



- *Skylight* plafon

Skylight plafon berfungsi untuk memaksimalkan pencahayaan alami ke dalam ruangan sehingga dapat menghemat penggunaan energi listrik dalam ruangan. Teknologi hijau ini mengutamakan pencahayaan langit sehingga mengurangi dampak radiasi matahari langsung.



Gambar 2.3 Ilustrasi penggunaan *skylight* plafon.

Sumber: Tangkapan Layar Instagram/my_renovating_diary (2022)



Gambar 2.4 Ilustrasi *skylight* plafon dengan ventilasi.

Sumber: unsplash.com /Brett Jordan (2020)



Aktivitas Kelompok 2.9

Mengevaluasi Perbedaan Desain *Skylight* Plafon

Buatlah kelompok yang terdiri dari 3-5 orang. Lakukan analisis terhadap komponen dari desain *skylight* plafon, lalu tuliskan perbedaannya pada tabel berikut ini!

No.	<i>Skylight</i> Plafon	<i>Skylight</i> Plafon dengan Ventilasi	Perbedaan
1.			
2.			
3.			



b) Konservasi Energi Terbarukan

Salah satu usaha untuk memenuhi kebutuhan energi yang semakin meningkat, yaitu dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), terbarukan adalah dapat diperbarui. Sumber energi yang dapat diperbarui tersedia secara melimpah di alam.



Aktivitas Mandiri 2.10

Mengevaluasi Energi Terbarukan untuk Bangunan Perumahan

Perhatikan gambar beberapa energi terbarukan di bawah ini!



Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini!

1. Mengapa ketiga energi terbarukan pada gambar di atas disebut teknologi hijau? Jelaskan pendapat kalian!
2. Dari ketiga contoh energi terbarukan pada gambar di atas, manakah yang dapat diaplikasikan pada bangunan perumahan? Tuliskan pilihan kalian dan jelaskan alasannya dalam satu lembar paparan/salindia!

Setelah selesai, presentasikan di depan kelas!

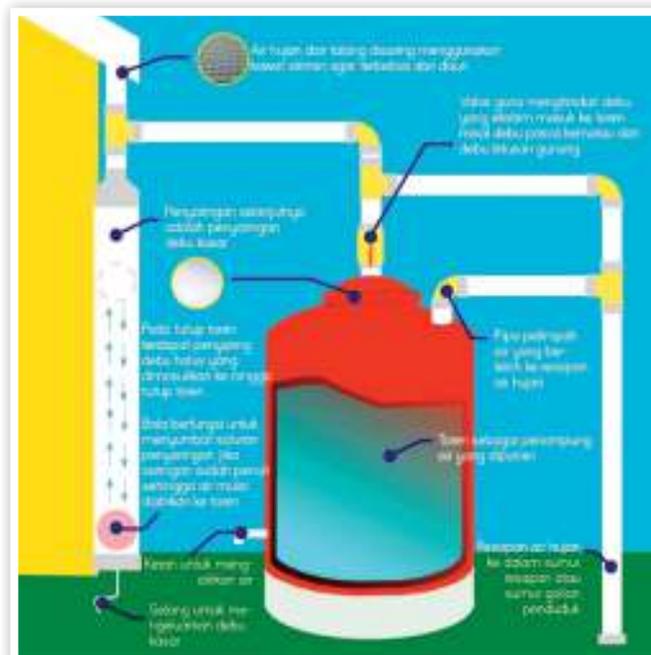
b. Konservasi Air

Salah satu kriteria *green building*, yaitu konservasi air dengan melakukan efisiensi atau pengurangan penggunaan air bersih. Air hujan dapat menjadi salah satu alternatif untuk mengurangi penggunaan air bersih pada beberapa pekerjaan yang memungkinkan.



Aktivitas Kelompok 2.11

Perhatikan infografik pemanenan air hujan berikut ini!



Sumber: clapeyronmedia.com /Agus Maryono (2018)

Buatlah kelompok bersama 3-4 orang teman kalian, kemudian jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini!

1. Jelaskan proses yang digambarkan pada infografik di atas!
2. Menurut kalian, pekerjaan apa sajakah yang dapat dilakukan dengan produk air dari proses di atas? Jelaskan alasan kalian!
3. Menurut kalian, apakah proses tersebut dapat membantu usaha konservasi air? Jelaskan alasan kalian!



c. Pengelolaan Limbah

Konsep *green building* dikembangkan untuk mengonstruksi sebuah bangunan yang ramah lingkungan. Tidak dapat dihindari bahwa dalam masa operasional sebuah bangunan akan terjadi pembuangan limbah. Namun, sebuah bangunan yang mengusung konsep *green building* akan didesain untuk meminimalkan dampak negatif limbah, baik terhadap kesehatan penghuninya maupun terhadap alam.



Aktivitas Mandiri 2.12

Memaparkan Proses Pengelolaan Limbah

Pindai kode QR di bawah ini dan simaklah videonya. Perhatikan kriteria *green building* untuk mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan, bahkan akan lebih baik jika proses pengolahan limbah tersebut dapat memberikan dampak positif.

Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik (SPALD)



<https://www.youtube.com/watch?v=YCXgQ4DKhpc>

Sumber: PuslitbangKPT (2020)

Setelah menyimak video di atas, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini!

1. Apa nama sistem pengelolaan limbah yang terdapat pada video di atas?
2. Apa peraturan yang menjadi dasar standar baku mutu limbah pada video di atas?

3. Ada berapa jenis pengelolaan limbah yang dijelaskan pada video di atas? Jelaskan perbedaannya pada tabel berikut ini!

No.	Komponen	Sistem 1 (.....)	Sistem 2 (.....)
1.	Jumlah Kepala Keluarga (KK)		
2.	Sistem pengolahan		
3.	.....	

4. Dampak negatif apakah yang dapat diminimalkan? Jelaskan mengapa terjadi pengurangan dampak negatif!
5. Apa dampak positif yang dihasilkan dari sistem SPALD ini? Jelaskan alasan kalian!

d. Ruang Terbuka Hijau

Dalam menanggapi isu pemanasan global, salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah menjaga dan memelihara area yang berisi tanaman atau pohon. Area pepohonan atau taman ini selain memberikan keindahan, juga membantu menjaga kesehatan lingkungan sekitarnya, seperti menjaga kualitas udara.

Dalam Undang-Undang No. 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang pada pasal 1 butir 31 disebutkan bahwa, “Ruang Terbuka Hijau (selanjutnya disebut RTH) adalah area memanjang/jalur dan/atau mengelompok yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam”.



Aktivitas Kelompok 2.13

Buatlah kelompok bersama 2-3 orang teman kalian. Bacalah teks di bawah ini dan selesaikan tugas berikut secara berkelompok!

1. Desainlah sebuah ruang terbuka hijau pada lahan sempit berukuran 1×2 m di sebuah rumah tinggal.



2. Pilihlah tanaman yang juga dapat memberikan nilai ekonomi bagi penghuninya. Sebutkan alasan pemilihan tanaman tersebut!
3. Presentasikan desain kelompok kalian di depan kelas.

Teks:

Menciptakan Ruang Terbuka Hijau di Lahan Perumahan yang Sempit

Oleh: I Gusti Nyoman Alit Suparta, S.E.

Kehadiran ruang terbuka dalam sebuah hunian bagaikan sebuah oase di gurun pasir karena ruang terbuka hijau dapat menjaga sirkulasi udara tetap baik sehingga suhu di dalam rumah tetap nyaman. Selain itu, ruang terbuka hijau juga dapat dimanfaatkan sebagai area relaksasi sejenak bagi penghuninya dan menciptakan rasa nyaman bagi keluarga dekat maupun para sahabat pemilik rumah yang bersangkutan, tatkala datang bertamu ke rumah tersebut. Dengan warna daun yang hijau dan segar serta warna-warni bunga, tentu semakin nyaman untuk berlama-lama tinggal di area ruang terbuka hijau. Terlebih bagi kita yang memiliki pekerjaan dengan mobilitas tinggi dan menginginkan suasana damai dan sejuk lewat taman di rumah.

Menurut pendapat Esya Rosa, seorang arsitek sekaligus pendiri desain dekor.com mengatakan bahwa, “Berapapun luas area yang diperuntukkan sebagai ruang terbuka haruslah dimanfaatkan secara optimal”. Keterbatasan lahan merupakan tantangan yang menyenangkan. Akan tetapi, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam mendesain area hijau di lahan atau rumah dengan halaman yang sempit, bahkan tanpa konsep yang diinginkan. Namun menurut Esya, pengetahuan dasar mengenai jenis tanaman dan karakter tanaman yang cocok dan cara merawatnya pun perlu dipelajari, terutama jika letak ruang terbuka tidak terkena sinar matahari secara langsung. Lantas apa yang dapat dilakukan untuk menghadirkan ruang terbuka hijau di lahan yang terbatas? Berikut cara menyiasati jika ingin menghadirkan sebuah ruang terbuka hijau di sebuah hunian dengan lahan terbatas.

1. Taman Vertikal atau *Vertical Garden*

Salah satu cara mengoptimalkan area hijau di lahan sempit, yaitu dengan memanfaatkan bidang vertikal, seperti dinding atau tembok sebagai area bertanam. Taman vertikal memerlukan media tertentu dan teknik menanam khusus.

Berbeda dengan kebun atau taman konvensional yang dibangun secara mendatar, bercocok tanam dengan konsep *vertical garden* memiliki banyak kelebihan yang menguntungkan. Tak hanya membuat elemen dekorasi dinding menjadi semakin hidup, *vertical garden* juga menambah estetika sebuah bangunan atau ruangan.

Jenis tanaman yang umumnya digunakan dalam *vertical garden* adalah tanaman yang mudah ditanam dengan metode penanaman vertikal, seperti tanaman perdu, rumput-rumputan, suplir, phytonia, bromelia, kadaka, sirih gading, paku tanduk rusa, dan lain sebagainya. Selain tanaman hias, sayuran, buah-buahan berukuran kecil, dan rempah-rempah juga bisa menjadi pilihan untuk ditanam di *vertical garden*. Salah satu metode yang sering diaplikasikan adalah hidroponik dengan cara menata tanaman sedemikian rupa pada dinding dan juga dilakukan dengan pemeliharaan khusus serta pengaturan otomatis.

2. Taman Gantung atau *Hanging Garden*

Kreativitas dalam mendesain taman vertikal saat ini terus berkembang sehingga memunculkan ragam ide baru yang dapat dicontoh, termasuk *hanging garden*. Metode yang satu ini memanfaatkan botol-botol bekas, pipa pembuangan air, atau berbagai pot tanaman yang disusun atau digantung pada dinding. Selain lebih murah dalam membuatnya, metode ini juga lebih mudah perawatannya.

3. Taman Atap atau *Roof Garden*

Cara lain menghadirkan ruang terbuka hijau pada area terbatas adalah mengaplikasikan taman atap, yaitu teknik menanam tanaman pada bagian atap rumah atau kanopi teras/*carport* rumah. Tanaman yang dapat digunakan adalah jenis tanaman ringan yang tahan terhadap



sinar matahari, tidak berakar ganas, dan tidak membutuhkan banyak air. Hal utama yang perlu diperhatikan dalam teknik pembuatan taman atap adalah sistem drainase sisa air penyiraman.

Pemilihan Tanaman

Menciptakan ruang terbuka hijau di area yang sempit perlu diperhatikan jenis tanaman yang akan ditanam, karakteristik tanamannya, serta perawatan yang rutin. Sesuaikan tanaman dengan jenis dan karakter taman yang akan dibuat. Untuk taman yang ada di dalam rumah, pilih tanaman yang dapat hidup dengan paparan sinar matahari minim. Sebaiknya untuk taman terbuka pilih tanaman yang tahan terhadap paparan sinar matahari. Pelajari dan lakukan teknik cara merawat tanaman dengan baik dan benar karena pada akhirnya indah tidaknya ruang hijau ini sangat ditentukan oleh kualitas perawatan yang dilakukan. Tanaman adalah makhluk hidup. Maka dari itu, diperlukan kesabaran dan ketelatenan dalam merawatnya.

Sumber: https://dlh.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/69_menciptakan-ruang-terbuka-hijau-di-lahan-perumahan-yang-sempit

e. Pengenalan Teknologi BIM

Untuk mencapai tujuan kota yang berkelanjutan, salah satu aspek yang perlu dilakukan adalah manajemen aset (*asset management*) yang ada di dalam kota tersebut. Salah satu aset adalah bangunan. Agar suatu bangunan gedung memenuhi tujuan dan fungsinya secara berkelanjutan, bangunan tersebut perlu dikelola mulai dari tahap perencanaan, konstruksi, operasional/perawatan, hingga demolisi atau alih fungsi bangunan.

Di era digital saat ini, memungkinkan adanya integrasi data atau informasi dari elemen-elemen suatu bangunan ke dalam satu lingkungan kolaborasi. Teknologi *Building Information Management* (BIM) dikembangkan untuk dapat melakukan digitalisasi informasi semua elemen bangunan dari sebuah objek bangunan. BIM memungkinkan integrasi data atau informasi setiap elemen bangunan dalam satu lingkungan kolaborasi. Dengan terintegrasinya beragam informasi tersebut, maka akan memudahkan simulasi desain maupun kegiatan konstruksi secara

virtual untuk mengenali kemungkinan terjadinya ketidaksesuaian, baik dari segi desain maupun dari segi pelaksanaan di lapangan, terutama tentang konflik tata ruang.

Dengan mengenali kemungkinan konflik tata ruang pada tahap perencanaan, maka dapat mengurangi kegiatan *rework* (perbaikan) pada tahap konstruksi. Hal ini memungkinkan para *stakeholder* untuk mengambil keputusan dengan lebih cepat. Mengurangi kegiatan perbaikan akan berdampak pada berkurangnya material maupun sumber daya lainnya (*waste management*) yang terbuang.



Gambar 2.5 Building Information Modeling (BIM)

Menurut Panduan Adopsi BIM dalam Organisasi (Tim BIM PUPR, 2018), BIM adalah representasi digital dari karakter fisik dan karakter fungsional suatu bangunan (atau obyek BIM). Oleh karena itu, di dalamnya terkandung semua informasi mengenai elemen-elemen bangunan tersebut yang digunakan sebagai basis pengambilan keputusan dalam kurun waktu siklus umur bangunan, sejak konsep hingga demolisi (alih fungsi bangunan).

Penjelasan lebih lanjut mengenai fungsi dan jenis-jenis perangkat lunak BIM terdapat pada Bab 4.



C. Mendeskripsikan Penerapan Konsep *Green Building* pada Perencanaan Rumah Sederhana dan Bertingkat



Aktivitas Kelompok 2.14

Buatlah kelompok bersama 3-4 teman kalian, kemudian buatlah infografik rumah sederhana berukuran 36 m² dengan mengaplikasikan konsep *green building*.

Langkah-langkahnya sebagai berikut.

1. Kunjungilah sebuah perumahan berukuran 36 m² yang terletak di sekitar kalian.
2. Jika tidak ada perumahan, kalian dapat menggunakan informasi rumah yang ada di sekitar kalian.
3. Cermati komponen *green building* yang sudah tersedia.
4. Tambahkan komponen *green building* yang belum tersedia dan berilah tanda pada infografik yang kalian buat sebagai rencana tambahan untuk mencapai konsep *green building*.
5. Presentasikan di depan kelas. Jelaskan alasan penambahan komponen sesuai dengan usulan kalian.

D. Mendeskripsikan Penerapan Konsep *Sustainable Building* pada Perencanaan Rumah Sederhana dan Bertingkat

Konsep *sustainable building* merupakan desain yang berkelanjutan pada skala bangunan gedung yang mengacu pada prinsip pembangunan kota dan permukiman berkelanjutan dari *United Nations Development Programme* (UNDP). *Sustainable building* merupakan bagian tak terpisahkan dari *sustainable city*. Menurut UNDP, desain atau pengembangan yang berkelanjutan pada skala kota mempunyai tujuan sebagai berikut.



Gambar 2.6 Tujuan Kota yang Berkelanjutan

1. Inklusif

Meningkatkan taraf hidup masyarakat perkotaan dari beragam lapisan masyarakat (*diverse*), termasuk masyarakat rentan (disabilitas, wanita, anak-anak, lansia).

2. Aman

Memperbaiki kualitas udara (mengurangi jejak karbon), kualitas air, pengelolaan limbah, akses terhadap transportasi publik yang berkelanjutan, akses terhadap ruang terbuka hijau dan ruang publik.

3. Tangguh

Meningkatkan kemampuan tanggap bencana alam, termasuk iklim ekstrem dan kemampuan untuk bangkit kembali.

4. Berkelanjutan

Membangun gedung dengan memanfaatkan material lokal (dekat dari lokasi pembangunan), memperkuat usaha untuk melindungi warisan budaya maupun situs dunia.



Aktivitas Mandiri 2.15

Salah satu contoh usaha pengembangan untuk mencapai *sustainable city and community* adalah usaha revitalisasi Kota Tua Jakarta. Revitalisasi ini tidak dilakukan secara sekaligus, tetapi dilakukan secara bertahap mengikuti perkembangan tujuan pembangunan berkelanjutan (TPB atau SDGs).

Bacalah artikel di bawah ini dengan saksama!

Pengamat Sebut Revitalisasi Kota Tua Jadi Contoh Pembangunan Ruang Terbuka di Jakarta

Oleh: Rakhmat Nur Hakim

JAKARTA, KOMPAS.com - Pengamat tata kota Nirwono Yoga mengatakan proyek pembangunan zona rendah emisi atau *Low Emission Zone* (LEZ) di Kota Tua bisa dilanjutkan ke sejumlah lokasi lain di Jakarta. Yoga mengatakan, “Pedestrianisasi seperti di kawasan Kota Tua dengan konsep LEZ bisa dilanjutkan ke kawasan serupa, seperti *Sudirman Central Business and District* (SCBD). Selain itu juga kawasan wisata Taman Impian Jaya Ancol, Kebun Binatang Ragunan, dan GBK Senayan”.

Yoga mengatakan, pembangunan kawasan LEZ dengan konsep pedestrianisasi juga akan mendorong masyarakat untuk menggunakan transportasi publik. Sebab, di kawasan Kota Tua telah terintegrasi dengan sejumlah moda transportasi massal, seperti Transjakarta dan Kereta Rel Listrik (KRL). Adapun di sana tak banyak tersedia tempat parkir sehingga masyarakat didorong untuk menggunakan Transjakarta dan KRL ketika hendak berkunjung ke Kota Tua. Jadi, keberadaan LEZ dapat mendorong warga beralih ke transportasi publik untuk menuju ke kawasan-kawasan tersebut.

Adapun Gubernur DKI Jakarta Anies Baswedan sebelumnya membuka Festival Batavia Kota Tua di kawasan wisata Kota Tua, Jumat. Festival tersebut diselenggarakan oleh Dinas Pariwisata dan Ekonomi Kreatif Provinsi DKI Jakarta hingga Minggu (28/8/2022). Festival Batavia ini diselenggarakan untuk menyambut wajah baru Kota Tua yang baru saja selesai direvitalisasi. Kini, Kota Tua menjadi semakin terhubung dengan transportasi umum dengan adanya stasiun kereta api *Commuter Line* dan halte Transjakarta.

Lalu, ada pula penataan jalur pedestrian yang membuat kawasan tersebut menjadi lebih ramah pejalan kaki. Trotoar di kawasan Kota Tua kini dilengkapi dengan *street furniture*, pohon teduh, taman, air mancur, serta *guiding block* untuk memudahkan pergerakan penyandang tunanetra. Total luas fasilitas pejalan kaki yang tersedia setelah revitalisasi mencapai 329 ribu meter persegi. Jalanan di depan stasiun Jakarta Kota pun kini telah disulap menjadi kawasan pejalan kaki yang lebih luas yang sebelumnya merupakan akses kendaraan bermotor.

Dikutip dengan perubahan: <https://megapolitan.kompas.com/read/2022/08/29/16025591/pengamat-sebut-revitalisasi-kota-tua-jadi-contoh-pembangunan-ruang>.

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini!

1. Revitalisasi Kota Tua Jakarta telah mengedepankan pembangunan secara inklusif. Menurut pendapat kalian, apakah pernyataan ini benar atau salah? Jelaskan alasan kalian!
2. Desain apakah yang diterapkan untuk memperbaiki kualitas udara di Kota Tua Jakarta?
3. Desain apakah yang disebutkan dalam bacaan di atas yang memfasilitasi akses transportasi publik yang berkelanjutan? Jelaskan pendapat kalian!
4. Apakah hubungan antara revitalisasi Kota Tua Jakarta dengan aspek berkelanjutan yang terdapat pada prinsip *sustainable city* (UNDP)?



Rangkuman

1. Berdasarkan Peraturan Menteri No. 21 tahun 2021, “Bangunan hijau (*green building*) adalah bangunan yang ramah lingkungan dengan mengadopsi usaha konservasi energi, konservasi air, pengolahan limbah, dan menyediakan ruang terbuka hijau”.
2. Bangunan gedung hijau menerapkan efisiensi energi dengan melakukan konservasi energi maupun mendayagunakan sumber energi terbarukan, seperti matahari dan angin pada tahap desain, konstruksi, maupun operasional.



3. Konservasi air adalah melakukan efisiensi penggunaan air bersih, di antaranya dengan melakukan proses pemanenan air hujan atau mendaur ulang air sisa buangan untuk penyiraman atau pengairan.
4. Perencanaan pengolahan limbah padat, cair, dan gas dimulai dari desain bangunan gedung yang mengakomodasi daur ulang, pemisahan limbah, dan lain sebagainya.
5. Ruang Terbuka Hijau (RTH) adalah area terbuka yang terdapat tanaman atau ditanami tanaman. RTH membantu menjaga sirkulasi dan kesehatan udara, serta mengurangi dampak pemanasan global.
6. Menurut UNDP, *sustainable city* adalah kota yang inklusif, aman, tangguh, dan berkelanjutan. SDGs diformulasikan untuk mencapai tujuan *sustainable city* pada tahun 2030.
7. *Sustainable building* adalah pembangunan yang berkelanjutan pada skala bangunan untuk mendukung tercapainya kota dan permukiman yang berkelanjutan.
8. Konsep bangunan yang berkelanjutan didukung oleh pemilihan material yang meminimalkan jejak karbon. Material bangunan yang diperoleh dari lokasi yang dekat atau di sekitar tempat konstruksi dapat mengurangi jejak karbon. Material daur ulang maupun material dengan teknologi hijau juga dapat mengurangi jejak karbon.



Asesmen



Asesmen Mandiri 2.1

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini secara mandiri!

1. Sebutkan 4 komponen *green building* berdasarkan Permen No. 21 tahun 2021 tentang Bangunan Gedung Hijau!

2. Menurut kalian, apa yang dapat ditambahkan pada bangunan rumah sederhana untuk melakukan efisiensi energi? Sebutkan 2 contoh efisiensi energi dan jelaskan alasannya!
3. Jelaskan secara singkat mengapa proses teknologi pemanenan air hujan dapat menjadi alternatif untuk konservasi air!
4. Pak Jati membeli hunian rumah di daerah yang cukup padat. Jendela rumah yang ada hanya di bagian depan dan belakang rumah. Dinding kiri dan kanan rumah menempel pada rumah tetangga. Ruang keluarga dan dapur menggunakan penerangan lampu biasa dan cukup redup. Pak Jati ingin menambah penerangan di kedua ruangan tersebut. Menurut pendapat kalian, desain perbaikan apa yang akan kalian usulkan? Jelaskan alasannya!
5. Ibu Dini membeli sebuah rumah tinggal yang tidak mempunyai lahan terbuka. Teras depan rumahnya berukuran 4×1 m. Namun, Ibu Dini ingin mempunyai ruang terbuka hijau yang dapat menunjang kebutuhan pangan keluarga. Menurut kalian, tanaman dan RTH apakah yang sesuai?
6. Pada teks tentang revitalisasi Kota Tua Jakarta, dilakukan perubahan dari area kendaraan bermotor menjadi area bagi pejalan kaki. Menurut pendapat kalian, mengapa hal ini dilakukan? Apa dampak positif yang diperoleh dari usaha tersebut?



Asesmen Kelompok 2.2

Membuat Infografik Mengenai *Green Building*

Buatlah infografik yang menarik tentang komponen-komponen untuk kriteria *green building* sesuai Peraturan Menteri No. 21 Tahun 2021 dengan ketentuan sebagai berikut.

1. Buatlah kelompok bersama 3-4 orang teman kalian.
2. Pelajari topik kriteria *green building* sesuai Peraturan Menteri No. 21 Tahun 2021.
3. Perhatikan bahwa sasaran pembaca pada infografik ini adalah peserta didik dan guru di sekolah kalian.
4. Kumpulkan data dan visualisasikan ke dalam infografik dengan menarik dan jelas.



5. Buatlah tata letak (*layout*) pada kertas ukuran A3.
6. Serahkan karya kelompok kalian kepada Ibu/Bapak guru.



Proyek



Proyek 2.1

Proyek Menyajikan Usulan Renovasi Desain Pencahayaan Sesuai dengan Konsep *Green Building*

Langkah-langkahnya sebagai berikut.

- Bentuklah kelompok bersama 2-3 teman kalian.
- Kunjungilah sebuah gedung publik di daerah kalian. Cermatilah strategi efisiensi energi yang dilakukan di gedung tersebut.
- Jika ada, buatlah sebuah laporan sebanyak dua halaman, lengkapi dengan foto dan sketsa sesuai keperluan.
- Jika tidak ada, pilihlah dua hal yang akan kalian usulkan untuk diperbaiki. Buatlah sebuah laporan sebanyak dua halaman tentang hal ini, lengkapi dengan foto atau sketsa sesuai keperluan.



Pengayaan

- Jika kalian ingin mengetahui lebih banyak tentang teknologi yang dikembangkan Balai Litbang PU, silakan pindai kode QR di samping ini atau akses melalui tautan:
<http://elearning.litbang.pu.go.id/>
- Jika kalian tertarik untuk mengetahui proses pengolahan sampah, silakan pindai kode QR di samping ini atau akses melalui tautan:
<https://www.youtube.com/watch?v=-IZVnB4y8g4>





Refleksi

Merefleksikan hasil belajar Bab 2 untuk mengetahui topik yang sudah berhasil dipahami dengan baik dan yang perlu dikuasai lebih lanjut.

Selamat! Kalian sudah selesai mempelajari Bab 2. Tentu banyak yang sudah kalian pelajari.

Tandai kegiatan yang sudah kalian lakukan atau pengetahuan yang kalian pahami dengan memberi tanda centang (✓). Pada kolom “Masih Perlu Belajar Lagi”, tuliskan topik yang ingin kalian pelajari lebih lanjut!

No.	Capaian Pembelajaran	Sudah Memahami	Masih Perlu Belajar Lagi	Catatan
1.	Saya mampu mengenali kriteria <i>green building</i> .			
2.	Saya mampu mengenali kriteria <i>sustainable building</i> .			
3.	Saya mampu menyajikan isu-isu global terkait <i>green building</i> .			
4.	Saya mampu menyajikan isu-isu global terkait <i>sustainable building</i> .			



No.	Capaian Pembelajaran	Sudah Memahami	Masih Perlu Belajar Lagi	Catatan
5.	Saya mampu mendeskripsikan perkembangan teknologi terkait <i>green building</i> .			
6.	Saya mampu mendeskripsikan perkembangan teknologi terkait <i>sustainable building</i> .			
7.	Saya mampu mendeskripsikan penerapan konsep <i>green building</i> pada perencanaan rumah sederhana dan bertingkat.			
8.	Saya mampu mendeskripsikan penerapan konsep <i>sustainable building</i> pada perencanaan rumah sederhana dan bertingkat.			

Hitunglah persentase penguasaan materi kalian menggunakan rumus berikut.

$$\frac{\text{Jumlah materi yang kalian kuasai}}{\text{Jumlah seluruh materi}} \times 100\%$$

- Jika 70-100% materi di atas sudah dikuasai, kalian dapat meminta kegiatan pengayaan kepada guru.
- Jika materi yang dikuasai masih di bawah 70%, kalian dapat mendiskusikan kegiatan remedial yang dapat dilakukan bersama guru kalian.

Jurnal Membaca



Pada bagian ini, kalian dapat memilih buku untuk dibaca sebagai bagian dari kegiatan jurnal membaca. Pilihlah salah satu dari beberapa alternatif karya pada tabel di bawah ini. Lengkapi formulir 'Jurnal Membaca' yang disediakan sebagai tindak lanjut dari kegiatan membaca ini.

Pilihlah salah satu karya dari beberapa karya berikut yang dapat kalian jadikan alternatif pada kegiatan jurnal membaca Bab 2!

No.	Judul	Penulis	Jenis Karya	Penerbit	Sumber Daring
1.	Memanen Air Hujan (<i>Rainwater Harvesting</i>)	Agus Maryono	Nonfiksi	UGM Press	ipusnas
2.	Mengenal Kecerdasan Ruang dari Arsitektur Rumah Adat Indonesia	Muhaimin	Nonfiksi	Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa, Kemdikbud-ristek	



Lengkapilah formulir ‘Jurnal Membaca’ berikut ini sebagai tindak lanjut kegiatan membaca salah satu karya yang direkomendasikan di atas. Gunakan formulir berbeda untuk setiap buku!

JURNAL MEMBACA

Hari/tanggal :

Nama :

Kelas :

Judul Buku :

Penulis :

Penerbit :

Tahun :

Pilihlah salah satu kegiatan dari dua alternatif kegiatan berikut untuk menindaklanjuti buku yang telah kalian baca.

1. Buatlah peta konsep dari bab yang kalian sukai.
2. Sebutkan bab atau subbab yang kalian sukai dan berikan alasannya.

Menurut pendapatku,

.....
.....
.....
.....
.....

Bab
3

Gambar Teknik dan Pengukuran



Saat melakukan pengukuran seperti pada gambar di atas, alat tulis apa sajakah yang perlu dibawa?

Alat ukur apa sajakah yang diperlukan pada bidang konstruksi rumah tinggal?



Tujuan Pembelajaran



Pada bab ini, kalian akan memahami macam-macam alat gambar teknik dan alat ukur sederhana, serta cara menggunakannya.



Peta Konsep



Kata Kunci

Gambar teknik, alat gambar manual, alat ukur sederhana, alat ukur optik, alat ukur elektronik, proyeksi ortogonal, proyeksi piktorial



Sumber: <https://informazone.com/contoh-gambar-3-dimensi/amp/>

Ayo, kalian pindai kode QR di atas dan masuk ke dalam tautannya, lalu bacalah dan perhatikan artikel tersebut!

A. Peralatan Gambar Teknik

Setelah kalian mengamati gambar pada artikel di atas, sekarang kalian akan mencoba memperkirakan alat apa saja yang digunakan untuk membuat gambar tersebut.

Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan merupakan kompetensi keahlian yang dasar kompetensinya adalah menggambar. Menggambar yang dimaksud adalah menggambar teknik. Kalian sebagai peserta didik Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan sangat membutuhkan kemampuan menggambar, baik menggambar secara manual maupun digital. Sebelum kalian dapat menggambar secara digital, diharapkan kalian sudah mampu menggambar secara manual.

Peralatan gambar manual dan digital masing-masing mempunyai kegunaan dan cara yang berbeda dalam pemakaiannya. Hasil dari menggambar manual dan digital pada intinya sama. Hanya saja menggambar secara digital lebih cepat dan efisien karena proses dan pengeditan gambar akan lebih mudah. Untuk menggambar secara manual dalam hal ini adalah menggambar teknik, kita perlu mengetahui alat gambar apa saja yang diperlukan.

Pada bab ini, kita tidak hanya akan membahas alat apa saja yang digunakan untuk menggambar teknik, tetapi juga cara penggunaannya sesuai dengan standar gambar teknik. Berikut ini beberapa alat gambar manual yang diperlukan untuk gambar teknik.



1. Pensil Gambar

Secara garis besar, pensil terbagi dalam 2 jenis, yaitu pensil biasa dan pensil gambar. Pensil berbahan dasar grafit yang kemudian dilapisi dengan kayu. Selain dilapisi kayu, ada juga pensil yang lebih modern yang biasa disebut dengan pensil mekanik.



Gambar 3.1 Pensil Biasa

Sumber: Eko Supriyanto (2022)



Gambar 3.2 Pensil Mekanik

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

Pensil gambar berbeda dengan pensil biasa yang digunakan untuk menulis. Letak perbedaannya, yaitu pada kualitas dan kekerasannya. Pensil gambar biasanya tidak disertai karet penghapus pada salah satu ujungnya. Selain itu, pada pensil gambar tercantum kode kekerasan pensil pada salah satu ujung pensilnya, sedangkan pada pensil biasa tidak terdapat keterangan apapun pada pensilnya. Kode kekerasan ini berfungsi untuk menentukan gambar apa yang cocok untuk pensil tersebut. Semakin keras pensil maka goresannya akan terlihat tipis, dan sebaliknya semakin lunak pensil maka goresannya akan semakin tebal atau hitam pada gambar.

Tingkat kekerasan pada pensil dilambangkan dengan huruf F (*Firm*), H (*Hard*), HB (*Hard Black*), dan B (*Black*). Adapun arti dari masing-masing lambang yang tertera pada pensil sebagai berikut.

a. Pensil F (*Firm*)

Pensil dengan lambang F (*Firm*) merupakan pensil yang biasanya digunakan untuk menulis. Pensil dengan lambang ini tidak memiliki skala angka dikarenakan bukan merupakan pensil gambar.

b. Pensil H (*Hard*)

Lambang H merupakan singkatan dari kata *Hard* yang artinya keras. Pensil H memiliki kekerasan tertentu dengan beberapa tingkat skala. Semakin tinggi angka di depan huruf H maka semakin keras isi pensilnya. Pensil H (*Hard*) ini akan menghasilkan goresan tipis pada kertas.

c. Pensil HB (*Hard Black*)

Pensil dengan lambang HB atau kepanjangan dari *Hard Black* merupakan pensil yang digunakan untuk menulis dan tanpa skala. Pensil dengan lambang HB dapat dikategorikan tipe *fine* yang artinya pensil ini memiliki tingkat kehitaman yang seimbang. Oleh karena itu, pensil jenis ini menghasilkan goresan hitam agak keras.

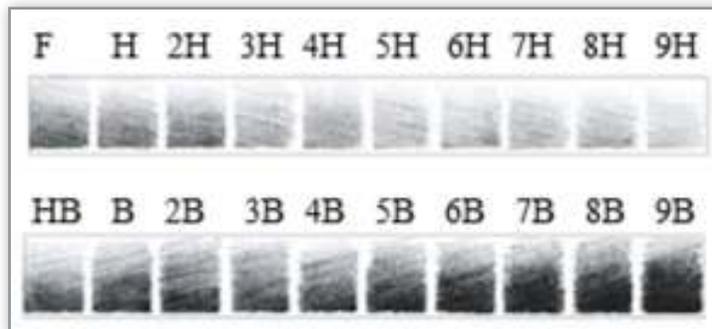
d. Pensil B (*Black*)

Pensil dengan lambang B merupakan pensil yang artinya *Blackness*.

Skala angka pada pensil menunjukkan bahwa semakin tinggi angkanya maka semakin keras untuk pensil H atau semakin lunak untuk pensil B. Adapun untuk mengetahui skala tingkat kekerasan dan kelunakan pensil dapat dilihat pada tabel berikut ini.

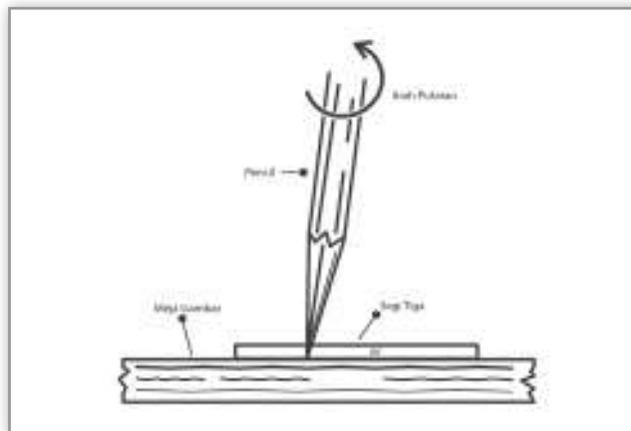
Tabel 3.1 Tingkat Kekerasan Pensil

TINGKAT KEKERASAN					
Keras		Sedang		Lunak	
Makin Keras ⇓	4H	Makin Keras ⇓	3H	Makin Lunak ⇓	2B
	5H		2H		3B
	6H		H		4B
	7H		F		5B
	8H		HB		6B
	9H		B		7B



Gambar 3.3 Skala Pensil

Peserta didik Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan tidak hanya dituntut untuk memahami jenis-jenis pensil saja. Cara menggunakan pensil yang benar untuk menggambar juga perlu dipahami dengan baik. Adapun cara menggunakan pensil yang benar untuk menggambar, yaitu dengan mengarahkan pensil pada kemiringan 80° ke arah tarikan garis, yakni ke kanan. Selain itu, saat menarik garis pensil harus sambil diputar menggunakan telunjuk dan ibu jari.



Gambar 3.4 Cara menarik garis menggunakan pensil.



Aktivitas Mandiri 3.1

Untuk menambah pemahaman kalian tentang jenis-jenis pensil, silakan kalian pindai kode QR di bawah ini dan simaklah videonya sampai selesai!



<https://www.youtube.com/watch?v=6n9nZwvx6ss>

Sumber: Dcafe Drawing (2020)

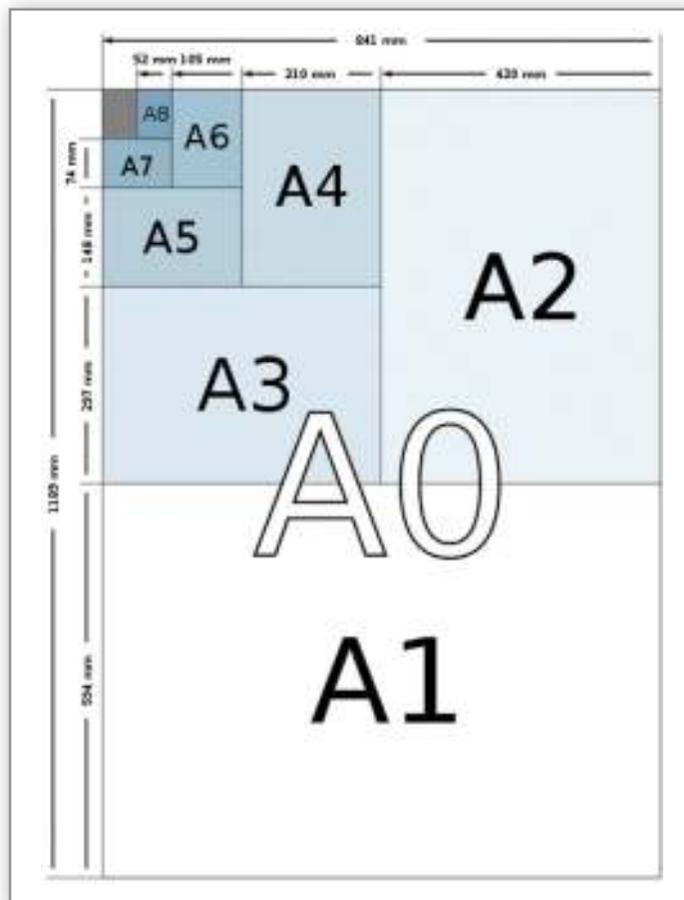
Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini!

1. Terbuat dari bahan apakah pensil?
2. Apa kelemahan pensil *graphite*?
3. Apa campuran dari pensil *graphite*?
4. Apa arti kode H pada pensil? Jika angka pada H semakin tinggi, apakah artinya?
5. Apa arti kode B pada pensil? Jika angka pada B semakin tinggi, apakah artinya?

2. Kertas Gambar

Kertas yang digunakan untuk gambar teknik dasar umumnya berwarna putih dan permukaannya tidak kasar. Jenis kertas yang digunakan antara lain manila, *sketching*, milimeter atau *tracing paper*. Ukuran kertas terdiri dari beberapa seri, yaitu seri A, seri B, seri C, dan seri R. Ukuran kertas yang biasa digunakan untuk menggambar adalah seri A.

Standar ukuran kertas internasional, yaitu ISO 216 sedangkan untuk kertas gambar berdasarkan peraturan standardisasi oleh badan standardisasi Jerman, yaitu DIN 476-A. Ukuran gambar dari DIN 476-A biasanya disebut seri A. Dasar ukuran kertas ISO adalah A0 yang memiliki ukuran dalam milimeter, yaitu 841×1.189 milimeter ($33,1 \text{ in} \times 46,8 \text{ in}$). Ukuran gambar seri A ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.5 Ukuran Kertas Seri A

Sumber: commons.wikimedia.org /Bromskloss (2006)

3. Drawing Pen

Drawing pen merupakan alat untuk menggambar seperti pensil, tetapi berbasis tinta. *Drawing pen* biasanya digunakan untuk menggambar di atas kertas kalkir atau transparan. Adapun cara menggunakannya sama seperti pensil, yaitu dengan menarik garis di atas kertas. Hanya saja bahan dasar *drawing pen* adalah tinta khusus sehingga tidak mudah dihapus.

Drawing pen dapat membuat garis dengan rapi dan konsisten sehingga cocok untuk menggambar teknik. Fungsi penggunaan *drawing pen*, yaitu untuk memudahkan pengguna membuat gambar kerja dengan garis ketebalan yang berbeda. Oleh karena dalam gambar

kerja terdapat garis tebal untuk menggambarkan sebuah objek utama dan garis tipis untuk menggambarkan objek pendukung sebagai referensi, maka *drawing pen* tersedia dalam berbagai ketebalan mata pena. Secara umum, ukuran ketebalannya mulai dari 0,03 mm sampai 1,5 mm tergantung mereknya. Pilihlah ketebalan *drawing pen* sesuai dengan kebutuhan kita.

Drawing pen perlu dirawat dengan baik terutama pada mata penanya. Apabila sudah selesai digunakan untuk menggambar, *drawing pen* harus cepat ditutup agar jika jatuh ke lantai tidak patah atau bengkok pada bagian ujungnya.



Gambar 3.6 *Drawing Pen*

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

Cara menggunakan *drawing pen* yang baik, yaitu ketika menarik garis sebaiknya ditempelkan saja pada kertas dan jangan ditekan, kemudian ditarik dengan kemiringan antara 60° - 80° dari arah kiri ke kanan. Jangan menarik garis dari arah atas ke bawah. Penggunaan *drawing pen* yang benar perlu diperhatikan sudut dan kedudukannya terhadap penggaris yang berfungsi sebagai penghantarnya.

4. Meja Gambar

Meja gambar mempermudah kita dalam melakukan penggambaran secara manual. Meja gambar yang baik dapat membantu memberikan hasil gambar yang maksimal. Meja gambar umumnya terbuat dari kayu yang tidak terlalu keras, misalnya kayu pinus. Meja gambar yang baik mempunyai bidang permukaan yang rata dan tidak melengkung. Sambungan papannya rapat dan tidak berongga. Jika permukaannya diraba, tidak terasa ada sambungan atau tonjolan.

Pada beberapa meja gambar, bagian atasnya dilapisi lapisan kayu yang halus seperti melamin. Meja gambar sebaiknya dibuat miring dengan bagian depan lebih tinggi agar tidak melelahkan saat menggambar.



Gambar 3.7 Meja Gambar

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

Ukuran papan gambar disesuaikan dengan ukuran kertas gambar berdasarkan standaryangtelahdetermined, tetapi dapat juga disesuaikan dengan kebutuhan. Papan gambar umumnya memiliki ukuran lebar 90 cm, panjang 100 cm, dan tebal 3 cm. Dengan menggunakan meja gambar ini, kita akan lebih cepat dalam membuat gambar sehingga lebih efisien dan menghemat waktu.

5. Penghapus

Saat menggambar secara manual, terkadang kita melakukan kesalahan dalam menggambar atau gambar yang dibuat perlu adanya perbaikan. Oleh karena itu, kita memerlukan sebuah alat untuk memperbaiki kesalahan gambar yang dibuat. Penghapus merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk memperbaiki kesalahan gambar manual.

Ada dua jenis penghapus yang digunakan untuk memperbaiki kesalahan pada gambar, yaitu penghapus pensil (menghapus garis yang dihasilkan pensil di atas kertas biasa) dan penghapus tinta (menghapus garis yang dihasilkan *drawing pen* di atas kertas kalkir, biasanya berwarna kuning).

Untuk menghapus kesalahan garis saat menggambar, diperlukan penghapus dengan mutu yang baik. Ada penghapus yang terbuat dari karet dan plastik. Penghapus yang baik harus dapat menghilangkan garis atau gambar yang tidak diinginkan dengan tidak merusak gambar tersebut.



Gambar 3.8 Penghapus dan Pelindung Penghapus

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

Pelindung penghapus digunakan untuk menghilangkan atau menghapus garis salah yang berdekatan dengan garis-garis lain. Dengan menggunakan alat ini, garis-garis lain yang tidak akan dihapus dapat terlindungi dari penghapus.

6. Penggaris

Sebelum membahas tentang alat gambar manual penggaris, silakan kalian pindai kode QR berikut ini dan masuk ke dalam tautannya, lalu perhatikan videonya sampai selesai.



<https://youtu.be/Wn6LK1YL2Hg>

Sumber: NF Design & Buildings (2019)

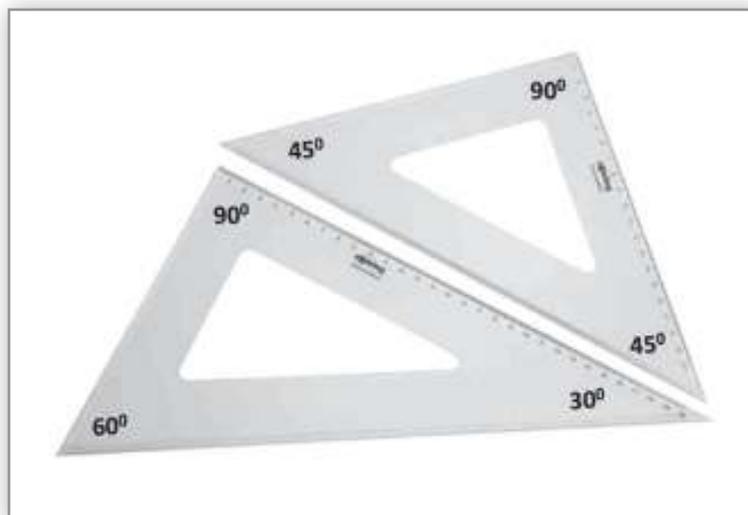
Setelah melihat video di atas, apakah kalian sudah memahami cara menggunakan penggaris yang benar? Sebelum kalian praktik menggunakan penggaris, mari pelajari dahulu tentang macam-macam penggaris berikut ini.

Penggaris merupakan sebuah alat yang digunakan untuk membantu membuat garis, baik garis lurus maupun garis lengkung. Penggaris juga dapat digunakan sebagai alat ukur praktis dalam menggambar karena pada penggaris terdapat angka untuk mengukur. Pengukuran yang digunakan adalah pengukuran besaran panjang.

Penggaris dapat terbuat dari kayu, plastik, dan besi. Terdapat beberapa jenis penggaris sesuai dengan kegunaannya masing-masing. Berikut ini beberapa jenis penggaris yang biasanya digunakan untuk menggambar.

a. Penggaris segitiga siku-siku

Dalam membuat garis lurus pada gambar teknik, tidak disarankan hanya menggunakan 1 penggaris lurus. Untuk menggambar teknik biasanya menggunakan penggaris siku meskipun hanya menggambar 1 garis lurus. Penggaris siku digunakan untuk membuat garis-garis horizontal dan garis miring lainnya dengan cara menariknya sepanjang salah satu sisi-sisi segitiga. Dalam menggambar teknik diharuskan menggunakan sepasang segitiga secara bersamaan untuk mendapatkan hasil garis yang baik sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 3.9 Penggaris Segitiga Siku-Siku

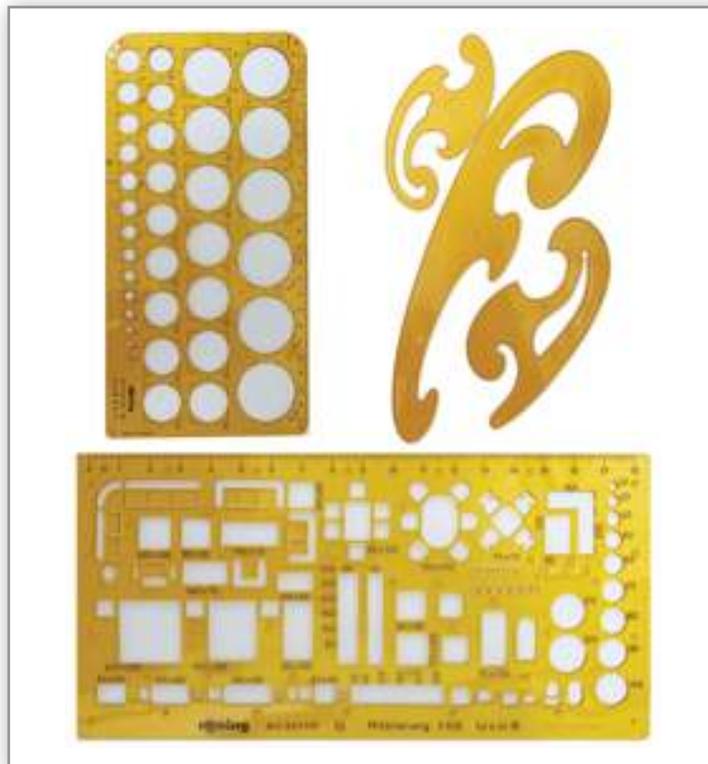
Sumber: feriadianto.my.id /feriadianto (2021)

b. Penggaris lengkung/mal dan sablon

Fungsi penggaris lengkung/mal adalah sebagai alat bantu untuk menggambar atau mempercepat proses penggambaran garis lengkung atau berbagai macam bentuk, sedangkan sablon berfungsi untuk membuat huruf dan angka.

Mal bentuk adalah alat bantu yang digunakan untuk menggambar bentuk-bentuk tertentu, seperti segitiga, persegi, lingkaran, dan lain sebagainya. Ada juga jenis mal yang digunakan untuk membuat huruf dan angka atau untuk membentuk objek tertentu.





Gambar 3.10 Penggaris Lengkung dan Sablon

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

Pada penggunaan mal lengkung yang tidak teratur sebaiknya menggunakan 3 titik pedoman agar hasil lengkungannya sesuai dengan bentuk yang diharapkan. Penggaris/mal lengkung biasanya digunakan untuk menggambar proyeksi atau perspektif dari suatu benda yang melengkung (tidak mempunyai radius tertentu).

7. Jangka

Jangka merupakan alat gambar yang digunakan untuk membuat lingkaran, membagi garis atau sudut, serta membuat konstruksi geometri. Bagian-bagian jangka pada dasarnya terdiri dari beberapa bagian yang disambungkan. Jangka mempunyai dua ujung kaki, salah satunya berupa logam runcing sebagai pijakan yang diperkuat dengan sekrup. Pada bagian kaki lainnya dapat diisi dengan ujung pensil, mata rapido, *trek pen*, dan jarum jangka untuk membagi atau mengukur *divider* (jangka tusuk).

Berdasarkan ukurannya, jangka terbagi menjadi jangka kecil, jangka sedang, dan jangka besar. Jika kita hendak membuat lingkaran dengan jari-jari besar sedangkan kaki jangka tersebut kurang panjang, maka salah satu kakinya dapat diperpanjang menggunakan kaki sambungan. Besar kecilnya jari-jari yang dikehendaki dapat diperoleh dengan mengatur sekrup.



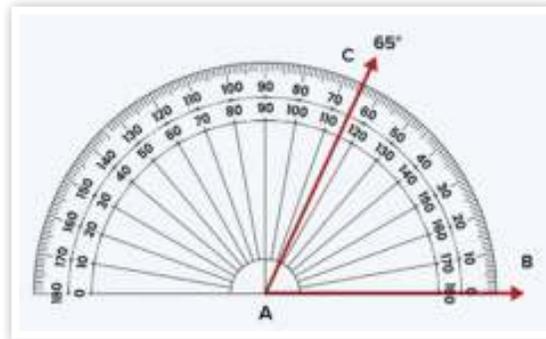
Gambar 3.11 Jangka

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

Hal yang harus diperhatikan saat menggunakan jangka, yaitu kedudukan ujung kaki jangka harus tegak lurus pada bidang gambar. Pensil yang digunakan untuk jangka sebaiknya berujung pipih dan tajam agar menghasilkan garis yang baik. Jika kita menggunakan mata *drawing pen* pada ujung jangka, kita perlu menambahkan konektor (penghubung mata rapido dengan kaki jangka). Mata *drawing pen* yang digunakan disesuaikan dengan ketebalan garis yang akan digambarkan.

8. Busur Derajat

Busur derajat merupakan alat bantu menggambar teknik yang digunakan untuk mengukur sudut. Bentuk dari busur derajat pada umumnya adalah setengah lingkaran yang dapat mengukur sudut dari 0° sampai 180° .



Gambar 3.12 Busur Derajat

Sumber: ruangguru.com/E.Lestari (2022)

Alat-alat di atas merupakan alat dasar yang digunakan untuk menggambar garis dalam gambar teknik. Dalam menggambar garis, kita juga perlu mengetahui tentang macam-macam garis dalam gambar teknik, antara lain:

a. Garis Menerus Tebal

Garis menerus tebal merupakan jenis garis yang digunakan sebagai garis nyata, garis objek, dan garis tepi utama.

b. Garis Menerus Tipis

Garis menerus tipis merupakan garis yang dipergunakan untuk membuat garis bantu, ukur, tuntunan, imajiner, sumbu pendek, serta garis arsir.

c. Garis Kontinu Bebas

Garis kontinu bebas atau tipis adalah garis yang digunakan untuk membatasi bagian objek yang dipotong-potong.

d. Garis Setrip Titik Tebal

Garis setrip titik tebal merupakan jenis garis yang digunakan untuk menunjukkan permukaan bagian dalam suatu objek yang

memerlukan penanganan khusus atau bisa juga digunakan untuk menandai bagian yang masih terpotong.

e. Garis Putus-Putus

Garis putus-putus adalah jenis garis yang memiliki fungsi sebagai garis objek atau garis tepi yang terhalang.

f. Garis Putus-Putus Titik Tebal

Garis putus-putus tebal merupakan garis yang digunakan untuk menunjukkan permukaan bagian dalam suatu objek yang memerlukan penanganan khusus.

g. Garis Putus-Putus Titik Tipis

Garis putus-putus tipis adalah jenis garis yang digunakan untuk garis trek, garis sumbu, dan garis simetri. Jika garis ini menebal di ujung dan bengkok, maka fungsinya berubah menjadi garis bidang potong.

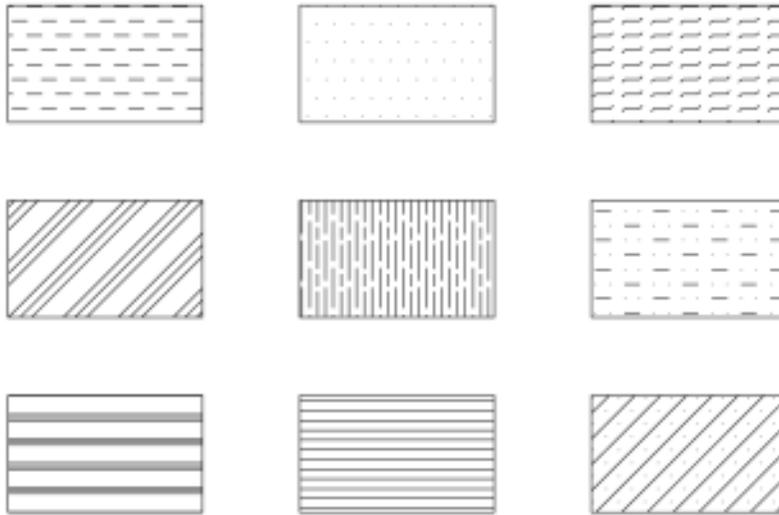


Aktivitas Mandiri 3.2

Setelah membaca dan mempelajari materi peralatan gambar teknik, kalian harus membiasakan tangan kalian untuk menggambar seperti berikut.

Gambarlah pada kertas A3 dengan garis tepi 2 cm, serta menggunakan pensil HB, 2B, dan 4B. Saat menarik gambar diharapkan tanpa penggaris (*freehand*) agar tangan kalian lebih terbiasa!





Sumber: Octis Desfiar Widiandress (2023)

Setelah selesai, jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini!

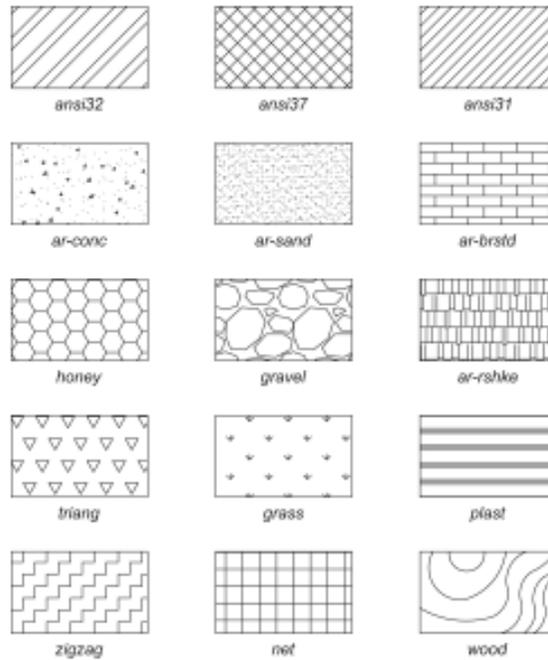
1. Ada berapa jenis garis pada gambar kalian?
2. Apakah ketebalan setiap garis sama? Jika berbeda, mengapa hal itu terjadi?
3. Pada gambar terdapat garis yang miring, berapa derajatkah kemiringan sudutnya? Silakan gunakan busur derajat!
4. Carilah di internet mengenai jenis-jenis garis, lalu buatlah tabel jenis garis pada gambar teknik!



Aktivitas Mandiri 3.3

Setelah mengerjakan tugas mandiri di atas mengenai jenis-jenis garis, silakan kerjakan kembali tugas mandiri berikut agar tangan kalian lebih terlatih lagi.

Gambarlah pada kertas A3 dengan garis tepi 2 cm, serta menggunakan pensil HB dan 2B. Saat menarik gambar diharapkan tanpa penggaris (*freehand*) agar tangan kalian lebih terbiasa!



Sumber: Octis Desfiar Widiandress (2023)

Menurut kalian adakah arsiran lain yang tidak ada pada gambar di atas? Jika ada, silakan gambarkan!



Aktivitas Kelompok 3.4

Untuk menambah pemahaman kalian terkait tentang garis, silakan kalian pindai kode QR di bawah ini dan simaklah videonya sampai selesai!



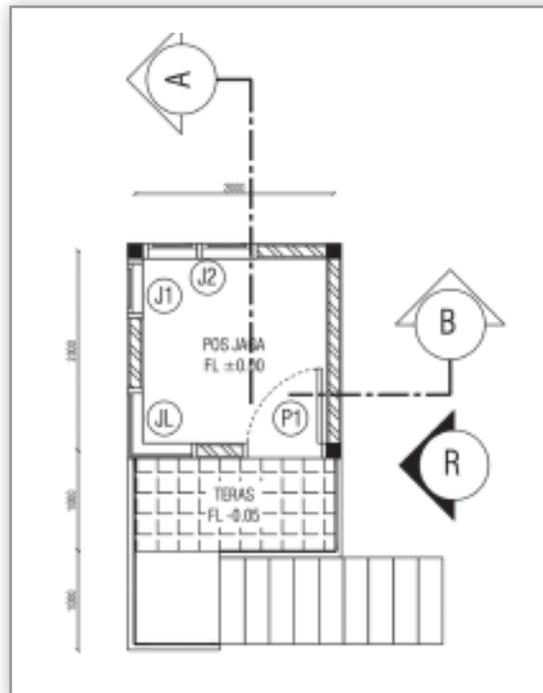
https://www.youtube.com/watch?v=zuh_03TVDmQ

Sumber: Anik Rahmawati (2020)



Selanjutnya, bersama kelompok kalian diskusikan pertanyaan-pertanyaan di bawah ini!

1. Mengapa perlu adanya perbedaan garis pada gambar?
2. Apakah garis yang dijelaskan tersebut hanya berlaku pada gambar manual?
3. Pada gambar denah, garis apa saja yang digunakan?
4. Berdasarkan pengetahuan tentang garis yang sudah disampaikan, silakan gambar denah pos jaga berikut ini!



Sumber: Eko Supriyanto (2022)

B. Peralatan Ukur tanah

Ilmu ukur tanah merupakan sesuatu yang penting dalam konstruksi bangunan gedung, jalan, dan jembatan. Dalam dunia konstruksi, ilmu ukur tanah tidak hanya diperlukan untuk mengukur jarak, tetapi juga untuk mengukur ketinggian dan sudut. Sebelum mempelajari tentang peralatan ukur tanah kalian perlu mengetahui besaran dan satuan dalam ukur tanah.

a. Jarak

Besaran satuan jarak digunakan untuk mengukur bidang mendatar (horizontal). Satuan yang umumnya digunakan di Indonesia adalah meter (m) atau kilometer (km).

b. Tinggi

Besaran satuan tinggi digunakan untuk mengukur jarak tegak atau bidang vertikal. Dalam konstruksi bangunan biasanya dinamakan elevasi. Satuan tinggi yang umumnya digunakan adalah meter (m).

c. Luas

Di Indonesia, satuan luas yang biasanya digunakan adalah meter persegi (m^2) atau untuk wilayah yang lebih luas kita menggunakan satuan kilometer persegi (km^2) atau hektar (ha).

d. Volume

Volume pada pengukuran tanah biasanya digunakan untuk menghitung besaran galian atau timbunan tanah. Satuan yang digunakan adalah meter kubik (m^3).

e. Sudut

Satuan sudut yang biasanya kita gunakan adalah derajat, mulai dari 0° sampai dengan 360° .

Selain besaran dan satuan, kalian sebagai peserta didik Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan perlu memahami tentang skala penggambaran. Hal ini dikarenakan bidang tanah yang diukur tidak mungkin digambar pada kertas gambar sesuai dengan ukuran aslinya. Ukuran asli dari bidang yang diukur akan dibandingkan dengan kertas gambar yang digunakan.

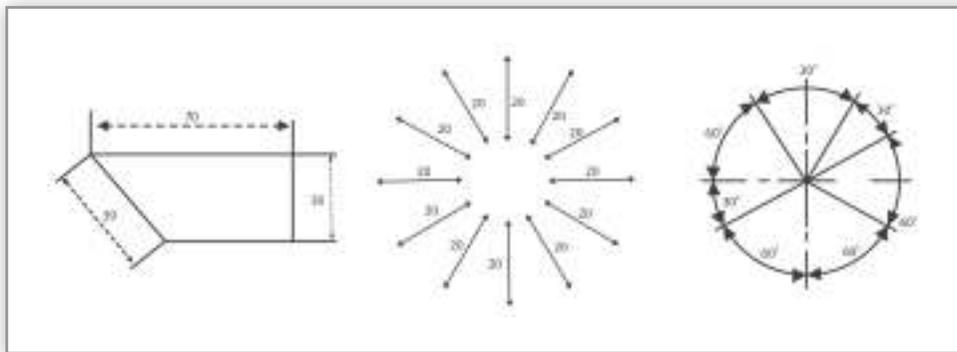
Skala merupakan perbandingan antara ukuran asli dengan ukuran yang ada pada kertas gambar. Sebagai contoh, untuk penggambaran denah rumah biasanya menggunakan skala 1 : 100. Yang dimaksud skala 1 : 100, yaitu jika ukuran rumah aslinya 6 m \times 12 m maka pada kertas gambar menjadi 6 m : 100 = **0,06 m** dan 12 m : 100 = **1,2 m**. Jika kita jadikan cm maka ukuran pada kertas gambar adalah 6 cm \times 12 cm.



Ada 2 metode penulisan ukuran atau dimensi pada gambar teknik, yaitu sebagai berikut.

a. Sistem sejajar atau lurus (*aligned system*)

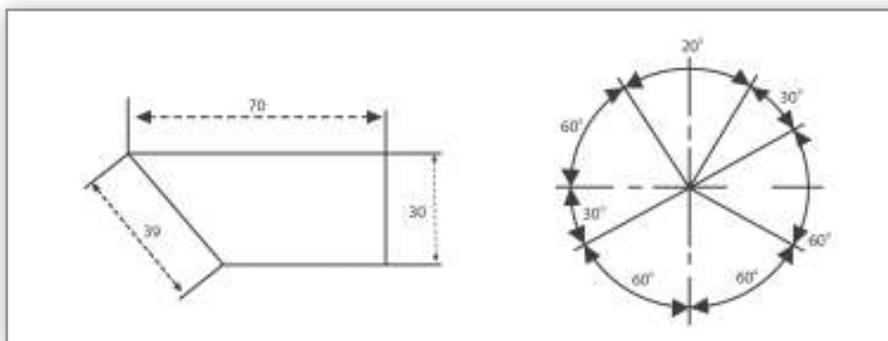
Penulisan ukuran diletakkan secara sejajar dengan garis dimensi, yaitu di tengah dan di atas garis dimensi. Dimensi dengan sistem ini lebih sering digunakan karena dapat dibaca dari sisi kanan dan sisi atas gambar.



Gambar 3.13 Sistem Lurus atau Sejajar

b. Sistem arah tunggal (*uni-directional system*)

Penulisan ukuran atau dimensi pada garis horizontal diletakkan di atas garis sedangkan pada garis vertikal ataupun bersudut diletakkan di antara garis. Penulisan dimensi dengan sistem ini hanya dapat dibaca dari depan pada gambar.



Gambar 3.14 Sistem Arah Tunggal

Konstruksi bangunan gedung, jalan, dan jembatan tidak selalu dibangun di atas permukaan bumi yang rata sehingga perlu adanya pengukuran jarak, beda tinggi, dan sudut. Tujuan ilmu ukur tanah dalam bidang konstruksi, yaitu:

- a. Mengukur panjang, lebar, dan tinggi permukaan tanah untuk mengetahui luas dan volume.
- b. Menentukan garis batas tanah.
- c. Menentukan titik lokasi pekerjaan pembangunan.
- d. Memperoleh data ketinggian permukaan tanah.

Dari tujuan di atas maka kita perlu memahami alat apa saja yang digunakan untuk pengukuran dan bagaimana proses pengukuran tersebut dilakukan. Alat ukur tanah terbagi dalam 3 kategori, yaitu alat ukur sederhana, alat ukur optik, dan alat ukur elektronik.

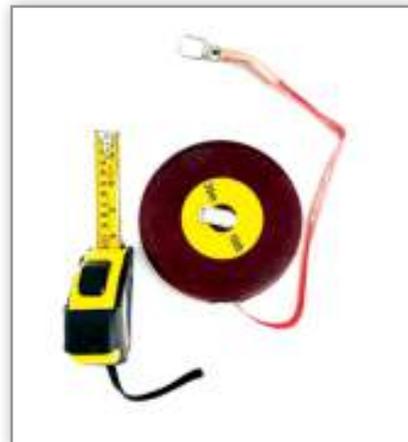
1. Alat Ukur Sederhana

Alat ukur sederhana ini mudah diperoleh dan hampir semua orang yang terjun di dunia konstruksi memilikinya. Alat ukur sederhana biasanya dioperasikan oleh satu orang. Adapun yang termasuk alat ukur sederhana sebagai berikut.

a. Meteran

Meteran biasanya digunakan untuk mengukur besaran panjang. Meteran ada yang terbuat dari bahan metal dan bahan kanvas. Ukuran yang terdapat pada meteran ini, antara lain centimeter (cm), meter (m), atau inchi.

Panjang meteran berbahan metal biasanya tidak lebih dari 5 meter dan digunakan untuk bidang yang tidak terlalu panjang atau jauh, sedangkan meteran berbahan kanvas umumnya lebih panjang. Pada saat pengukuran, tingkat peregangan meteran sangat



Gambar 3.15 Meteran Metal dan Kanvas

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

berpengaruh sehingga jika menggunakan meteran berbahan kanvas sebaiknya pengukuran dilakukan oleh dua orang.

b. Odometer

Alat ukur sederhana odometer adalah alat ukur yang berbentuk seperti roda dengan tongkat yang didorong dan terdapat ukuran jarak yang dihasilkan dari putaran roda. Odometer hanya digunakan untuk mengukur panjang, umumnya mengukur panjang jalan.



Gambar 3.16 Odometer

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

Cara menggunakan odometer cukup mudah, yaitu hanya dengan mendorong alat tersebut ke jalan yang akan diukur maka roda akan berputar dan menunjukkan angka jarak dari putaran roda. Meskipun terlihat mudah, namun diperlukan ketelitian dan konsentrasi dalam mendorong alat ini agar perhitungannya akurat.

Pada saat mendorong atau menggelindingkan odometer sebaiknya berjalan sesuai dengan bidang yang akan diukur jaraknya. Ketika mulai mendorong perlu diperhatikan angka pencatat jaraknya, apakah sudah mulai dari 0 atau melanjutkan pengukuran yang sebelumnya. Ketika berhenti sebaiknya segera dicatat hasil pengukurannya karena roda yang mudah berputar ini dikhawatirkan akan berputar secara tidak sengaja dan mengaburkan hasil pengukuran.

c. Klinometer



Gambar 3.17 Klinometer

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

Klinometer merupakan alat ukur sederhana untuk mengukur ketinggian. Prinsip kerja klinometer, yaitu mengukur tinggi suatu benda berdasarkan sudut elevasi yang terbentuk dari titik pengamatan dengan titik posisi ketinggian benda yang diamati. Jika kita perhatikan Gambar 3.17, angka yang ditunjukkan pada alat tersebut adalah angka yang menunjukkan sudut. Pada saat menggunakan klinometer untuk mengukur ketinggian, kita juga memerlukan meteran untuk mengukur jaraknya.

Untuk mengetahui cara penggunaan klinometer, silakan kalian pindai kode QR berikut ini dan masuklah ke dalam tautannya, lalu perhatikan videonya dengan saksama.



<https://youtu.be/6KMFA1DU6Qo>

Sumber: Wisnutapa (2020)

2. Alat Ukur Optik

Alat ukur tanah selanjutnya adalah alat ukur tanah yang dilengkapi dengan optik atau lensa. Alat ukur optik biasanya digunakan untuk pengukuran yang sulit dijangkau oleh alat ukur sederhana. Penggunaan alat ukur optik ini memerlukan kemampuan khusus dan tidak semudah menggunakan alat ukur sederhana. Orang yang dapat mengoperasikan alat ukur optik disebut *surveyor*.

Ada 2 macam alat ukur yang dilengkapi dengan optik, antara lain sebagai berikut.

a. *Waterpass* (Penyipat Datar)

Waterpass atau yang biasa disebut dengan ‘penyipat datar’ merupakan alat ukur yang dilengkapi dengan optik atau lensa. Optik pada *waterpass* berfungsi sebagai teropong untuk melihat titik secara horizontal. Dalam penggunaannya, *waterpass* perlu dibantu dengan statif sebagai dudukannya. Untuk penentuan titik awal atau *centering* pengukuran, *waterpass* dibantu oleh alat yang dinamakan ‘unting-unting’.

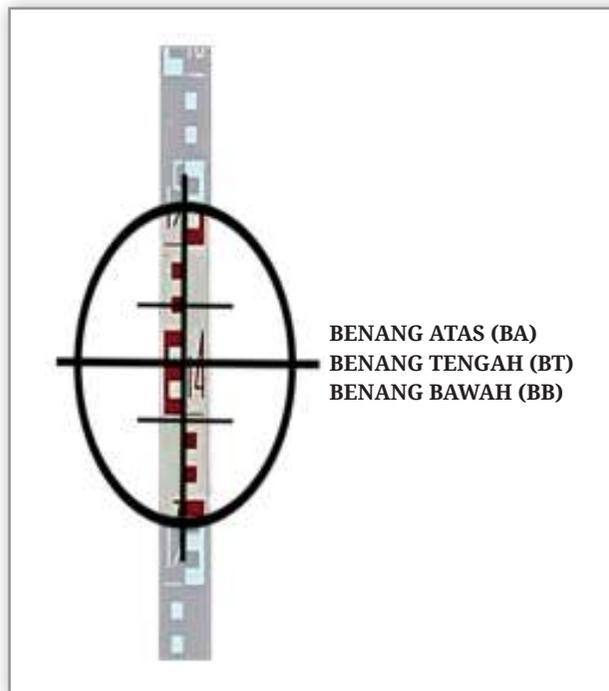


Gambar 3.18 *Waterpass*, Statif, Rambu Ukur, dan Unting-Unting

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

Titik yang diamati *waterpass* adalah rambu ukur yang berbentuk seperti penggaris dengan panjang antara 2-3 meter, serta bertuliskan angka yang menunjukkan ketinggian dari permukaan tanah. *Waterpass* ini dapat berputar sudutnya secara horizontal 360°. Dalam mengoperasikan *waterpass* minimal dilakukan oleh 2 orang, yaitu 1 orang pada posisi pembidik di *waterpass* dan 1 orang lagi pada posisi memegang rambu ukur di tempat tujuan pengukuran.

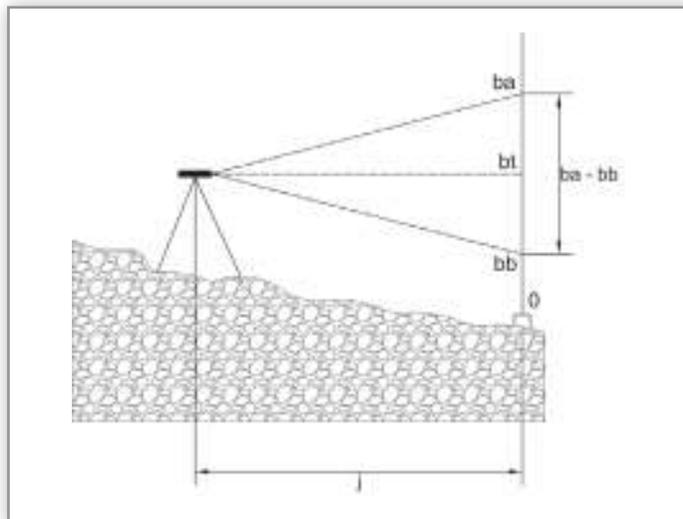
Saat akan memasang *waterpass* pada statif, perlu diperhatikan bahwa kedudukan *waterpass* harus dalam posisi datar. Pada teropong *waterpass* kita akan melihat posisi jarum pada bidikan kita. Jarum pada *waterpass* yang akan kita baca dikenal dengan istilah Benang Atas (BA), Benang Tengah (BT), dan Benang Bawah (BB).



Gambar 3.19 Benang Atas, Benang Tengah, dan Benang Bawah pada *Waterpass*

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

Posisi *waterpass* menghadap ke rambu ukur untuk membidik angka yang tertera. Setelah terlihat angka bidikannya, segera dicatat untuk kemudian akan dianalisis hasil pengukurannya.



Gambar 3.20 Peletakan *Waterpass*

Sumber: Octis desfiar widiandress (2023)

Untuk cara penggunaan *waterpass*, silakan kalian pindai kode QR berikut dan masuk ke dalam tautannya, lalu perhatikan video tersebut dengan saksama.



<https://youtu.be/qb80eSLerBo>

Sumber: FadhilFlux (2020)

b. *Theodolite* (Teodolit)

Alat ukur tanah yang dilengkapi dengan perlengkapan optik lainnya adalah *theodolite*. Fungsi dari *theodolite* pada dasarnya sama seperti *waterpass*. Letak perbedaannya adalah pada pembacaan sudutnya. *Theodolite* tidak hanya dapat membaca sudut secara horizontal, tetapi juga secara vertikal. Selain itu, optik yang terletak pada teropong selain dapat diputar secara horizontal juga dapat diputar secara vertikal.

Dalam penggunaannya, *theodolite* dibantu dengan statif, unting-unting, dan rambu ukur. Pada teropong *theodolite* kita juga akan melihat Benang Atas (BA), Benang Tengah (BT), dan Benang Bawah (BB) sama seperti yang ada pada *waterpass*. Pada saat pemasangannya juga sama seperti pemasangan *waterpass*, yaitu harus dalam posisi yang datar.

Teropong optik yang dapat diputar secara vertikal memungkinkan *theodolite* dapat digunakan pada lahan yang lebih berbukit dibandingkan *waterpass*. Untuk cara penggunaan *theodolite*, kalian dapat memahaminya melalui tayangan video pada tautan kode QR berikut ini.



<https://youtu.be/EqInrktluV0>

Sumber: 16_arifyoga pratama (2020)

3. Alat Ukur Elektronik

a. Total Station

Alat ukur tanah yang sudah modern tidak hanya didukung oleh perlengkapan optik saja, melainkan juga perlengkapan elektronik. Alat tersebut dinamakan *total station*. *Total station* merupakan gabungan antara *theodolite* dan *Electronic Distance Measurement* (EDM). *Total station* ada yang sudah dilengkapi dengan *Global Positioning System* (GPS) dan program *Geographic Information System* (GIS) sehingga alat ini juga dapat memudahkan pekerjaan pemetaan.

Penggunaan *total station* memerlukan tingkat keahlian dan ketelitian yang tinggi sehingga pekerja yang mengoperasikan alat ini termasuk pada keahlian yang dibayar cukup tinggi. Alat ukur



elektronik dapat mengukur sampai dengan jarak 3 km. Kesalahan pembacaan secara manual dapat diminimalkan dengan pembacaan secara elektronik.

Pada beberapa alat *total station* dapat langsung terhubung dengan *excavator* generasi baru secara elektronik sehingga dapat digunakan secara akurat untuk pekerjaan *cut and fill* (galian dan timbunan). Untuk proyek skala besar, alat ini sangat membantu pekerjaan pengukuran karena dapat terkoneksi dengan komputer, terutama jika proyek tersebut sudah menggunakan teknologi *Building Information Modelling* (BIM).

Harga *total station* memang masih terbilang cukup mahal sehingga hanya beberapa perusahaan besar saja yang memilikinya. Jika kita memerlukan alat ini namun tidak memilikinya, ada beberapa perusahaan yang bergerak di bidang jasa pengukuran yang menggunakan alat *total station* ini sehingga kita dapat menggunakan jasa mereka. Untuk cara pemasangannya masih sama seperti cara pemasangan *theodolite*.



Gambar 3.21 *Total Station*

Sumber: Ahmad Suprptono (2022)

Jika pada *theodolite* yang diteropong adalah rambu ukur maka pada alat ukur elektronik seperti *total station* ini yang diteropong atau dibidik adalah prisma target.



Gambar 3.22 Prisma Target

Sumber: Ahmad Suprptono (2022)

Untuk cara mengoperasikannya, kalian dapat pindai kode QR berikut ini dan masuk ke dalam tautannya, lalu perhatikan videonya dengan saksama.



https://youtu.be/FPC9Gs_xKE0

Sumber: I Ketut Hendra Wiryasutra (2021)

b. Global Positioning System (GPS)

Global Positioning System (GPS) merupakan alat ukur elektronik. Meskipun ada beberapa *total station* sudah dilengkapi dengan GPS, tetapi ada juga GPS merupakan alat ukur tersendiri yang terpisah dengan *total station*.

Prinsip kerja dari GPS adalah membaca titik dari peletakan alat GPS kemudian dihubungkan ke satelit menggunakan aplikasi bawaan



alat tersebut. Aplikasi dari alat ini dapat menggunakan *handphone* atau komputer. Alat ukur GPS lebih efektif jika digunakan untuk pengukuran lahan yang sangat luas.



Gambar 3.23 *Global Positioning System (GPS)*

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

Data pengukuran GPS dapat dengan cepat diperoleh menggunakan aplikasi yang disediakan oleh produsen GPS. Hasil analisis dan gambar langsung tersedia pada aplikasi seperti di bawah ini.



Gambar 3.24 *Data Pengukuran Global Positioning System (GPS)*

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

C. Merawat Peralatan Pengukuran

Peserta didik Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan selain diharapkan dapat mengetahui dan mengoperasikan alat-alat ukur tanah, juga diharapkan dapat merawat alat-alat tersebut dengan baik. Perawatan dilakukan sebelum dan sesudah menggunakan alat sehingga alat dapat terhindar dari kerusakan dan dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama. Perawatan juga bertujuan agar tidak ada kendala saat alat digunakan.

Perawatan yang dapat dilakukan sebelum menggunakan alat ukur tanah, antara lain:

- Memeriksa kelengkapan dari alat yang digunakan.
- Membawa alat tersebut dengan hati-hati menuju lokasi pengukuran.
- Membuka alat dari tempat penyimpanan sesuai dengan prosedur.
- Menyiapkan buku panduan penggunaan alat atau terlebih dahulu melihat video cara penggunaan alat.
- Gunakan alat sesuai dengan tempat dan fungsinya.
- Tetap konsentrasi ketika menggunakan alat.

Pemeriksaan terhadap alat yang akan digunakan penting dilakukan agar terhindar dari masalah saat menggunakannya. Kalian sebagai peserta didik Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan perlu mengetahui kelayakan dari alat ukur yang akan digunakan. Berikut ini beberapa contoh pemeriksaan alat ukur tanah.

1. Meteran

Kelayakan meteran dapat dilihat dari jelas atau tidak angka yang tertulis pada meteran tersebut. Pastikan juga ujung awalnya tidak terputus dan sudah benar dimulai dari angka nol.

2. Odometer

Untuk odometer pastikan roda masih berputar dengan baik dan tidak tersendat. Perhatikan angka penunjuk jarak apakah masih berfungsi sesuai dengan putaran roda.



3. Klinometer

Perhatikan angka yang menunjukkan sudut apakah masih berfungsi dengan baik atau tidak.

4. *Waterpass* (penyipat datar)

Amati gelembung *nouvo* pada alat tersebut apakah masih berfungsi dengan baik atau tidak. Selanjutnya periksa putaran untuk memastikan gelembung *nouvo* tersendat atau tidak, atau bahkan tidak dapat diputar sama sekali. Periksa juga putaran sudut secara horizontal. Bersihkan lensa atau optik agar jelas melihat bidikan.

5. *Theodolite* (teodolit)

Untuk pemeriksaan pada *theodolite* sama seperti pemeriksaan pada *waterpass*, ditambah dengan pemeriksaan putaran sudut teropong secara vertikal.

6. *Total station*

Pemeriksaan *total station* sama seperti pemeriksaan pada *theodolite*. Selain itu, lakukan pemeriksaan apakah fungsi elektroniknya berfungsi dengan baik atau tidak. Pemeriksaan pada baterai sebagai sumber daya dari alat ini juga penting dilakukan. Tanpa adanya daya alat ini tidak dapat berfungsi. Penyimpanan baterai *total station* harus diperhatikan dengan baik. Jangan sampai umur baterai menjadi sangat pendek karena harga baterai *total station* cukup mahal.

7. Prisma target

Oleh karena alat ini berupa prisma maka pastikan tidak ada goresan, retak, atau pecah pada prisma target. Pastikan juga baut dudukan untuk ke statif tidak longgar atau aus.

8. *Global Positioning System* (GPS)

GPS merupakan alat ukur elektronik sehingga perawatannya sama seperti *theodolite*, terutama baterai harus selalu dalam kondisi baik agar dapat digunakan dengan nyaman.

D. Menganalisis Hasil Pekerjaan Pengukuran

Hasil pekerjaan pengukuran menggunakan alat ukur optik *waterpass* dan *theodolite* tidak dapat langsung digunakan, melainkan harus dianalisis terlebih dahulu. Hasil yang diperoleh pada pengukuran ini adalah angka hasil bidikan teropong, antara lain angka Benang Atas (BA), Benang Tengah (BT), dan Benang Bawah (BB) seperti tampak pada Gambar 3.19. Pencatatan hasil pengukuran dapat kita masukan ke dalam tabel seperti berikut.

Tabel 3.2 Data Hasil Pengukuran Awal

TITIK		BACAAN RAMBU UKUR						JARAK	
ALAT	RAMBU	BELAKANG			MUKA			BELAKANG	MUKA
		BA	BT	BB	BA	BT	BB		
	T0	1,100	1,050	1,000					
A								10	6
	T1	1,200	1,160	1,120	1,400	1,370	1,340		
B								8	10
	T2	1,350	1,320	1,290	1,400	1,350	1,300		
C								6	10
	T3	1,650	1,600		1,350	1,300	1,250		
D								30	10
	T0			1,350	1,120	1,070	1,020		

Berdasarkan hasil pengukuran pada tabel di atas, kita dapat menganalisis data sementara dengan menentukan jarak antartitik menggunakan rumus berikut.

$$\text{Jarak} = (\text{BA} - \text{BB}) \times 100$$

Analisis data sementara untuk perhitungan jarak yang diperoleh dari Tabel 3.2 dengan menggunakan rumus di atas.

1. Jarak titik AT0 = $(1,100 - 1,000) \times 100 = 10$ meter
2. Jarak titik AT1 = $(1,400 - 1,340) \times 100 = 6$ meter



3. Jarak titik BT1 = $(1,200 - 1,120) \times 100 = 8$ meter
4. Jarak titik BT2 = $(1,400 - 1,300) \times 100 = 10$ meter
5. Jarak titik CT2 = $(1,350 - 1,290) \times 100 = 6$ meter
6. Jarak titik CT3 = $(1,350 - 1,250) \times 100 = 10$ meter
7. Jarak titik DT3 = $(1,650 - 1,350) \times 100 = 30$ meter
8. Jarak titik DT0 = $(1,120 - 1,020) \times 100 = 10$ meter

Hasil pengukuran pada Benang Tengah (BT) dapat dicek kebenarannya menggunakan rumus berikut.

$$\mathbf{BT = 0,5 \times (BA + BB)}$$

Jika hasil pengukuran BT dicocokkan dengan rumus di atas dan sudah sesuai maka analisis data pada Tabel 3.2 dapat digunakan. Akan tetapi, apabila tabel hasil pengukuran Benang Tengah (BT) tidak sesuai dengan pengecekan menggunakan rumus di atas, maka perlu dilakukan pembacaan rambu ulang.

Pada analisis hasil pengukuran, kita dapat menghitung beda tinggi antartitik. Cara menghitung beda tinggi antartitik, yaitu dengan mencari selisih antara Benang Tengah (BT) rambu belakang dengan Benang Tengah (BT) rambu muka.

$$\mathbf{\text{Beda Tinggi} = \text{Benang Tengah (BT) rambu belakang} - \text{Benang Tengah (BT) rambu muka}}$$

Contoh perhitungannya sebagai berikut.

1. Antara titik T0 ke T1 = $1,050 - 1,370 = -0,320$
2. Antara titik T1 ke T2 = $1,160 - 1,350 = -0,190$
3. Antara titik T2 ke T3 = $1,320 - 1,300 = +0,020$
4. Antara titik T3 ke T0 = $1,600 - 1,050 = +0,550$

Angka pada perhitungan di atas ada yang menunjukkan angka negatif dan positif. Angka negatif menunjukkan bidang kontur menurun sedangkan angka positif menunjukkan konturnya naik.



Data pada perhitungan selisih beda tinggi kita masukan ke dalam tabel berikut ini.

Tabel 3.3 Data Hasil Pengukuran Beda Tinggi

TITIK		BACAAN RAMBU UKUR						JARAK		BEDA TINGGI	
ALAT	RAMBU	BELAKANG			MUKA			BELAKANG	MUKA	POSITIF	NEGATIF
		BA	BT	BB	BA	BT	BB				
	T0	1,100	1,050	1,000							
A								10	6		0,320
	T1	1,200	1,160	1,120	1,400	1,370	1,340				
B								8	10		0,190
	T2	1,350	1,320	1,290	1,400	1,350	1,300				
C								6	10		0,020
	T3	1,650	1,600		1,350	1,300	1,250				
D								30	10	0,530	
	T0			1,350	1,120	1,070	1,020				

Untuk mengetahui data hasil pengukuran sudah benar atau belum, kita dapat melakukan pengecekan hasil analisis beda tinggi. Cara pengecekannya, yaitu total perhitungan beda tinggi harus bernilai 0. Sebagai contoh, perhitungannya sebagai berikut.

$$-0,320 - 0,190 - 0,020 + 0,53 = 0$$

Tahap analisis selanjutnya adalah penggambaran hasil kerja pengukuran. Berikut ini cara analisis untuk menggambar hasil kerja pengukuran.

Misalkan pengukuran awal pada titik T0 adalah 1,5 meter, maka:

1. Ketinggian titik

$$T1 = 1,5 - 0,320 = 1,180 \text{ meter}$$

$$T2 = 1,18 - 0,190 = 0,990 \text{ meter}$$

$$T3 = 0,99 - 0,020 = 0,970 \text{ meter}$$

$$T0 = 0,970 + 0,530 = 1,5 \text{ meter}$$



2. Jarak antartitik

Jarak titik AT0 = 10 meter

Jarak titik AT1 = 6 meter

Jarak titik BT1 = 8 meter

Jarak titik BT2 = 10 meter

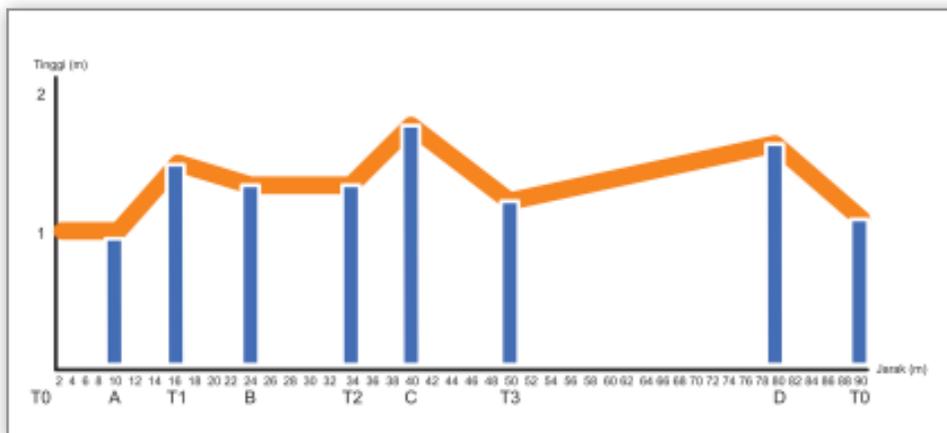
Jarak titik CT2 = 6 meter

Jarak titik CT3 = 10 meter

Jarak titik DT3 = 30 meter

Jarak titik DT0 = 10 meter

Dari data di atas, dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 3.25 Grafik hasil kerja pengukuran



Aktivitas Kelompok 3.5

Setelah membaca dan memahami mengenai peralatan ukur tanah, cara merawat peralatan pengukuran, dan menganalisis hasil pekerjaan pengukuran, buatlah kelompok yang terdiri dari 3 orang dan diskusikanlah mengenai hal-hal berikut!

1. Tanyakan kepada *toolman* atau penjaga ruang alat di DPIB, apa saja alat ukur tanah yang ada di ruangan tersebut? Tuliskan dalam bentuk tabel seperti di bawah ini!

No.	Nama Alat	Jumlah	Kondisi
1.			
2.			
3.			
...			

2. Jika terdapat alat ukur dengan kondisi yang kurang baik, jelaskan cara merawatnya sesuai dengan pemahaman kalian!
3. Ukurlah luas lapangan di sekolah kalian menggunakan meteran dan *waterpass*, lalu lakukan analisis apakah hasilnya ada perbedaan!

Presentasikan hasil perhitungan kalian di depan kelas!



Aktivitas Mandiri 3.6

Untuk mempertajam pemahaman kalian, isilah tabel di bawah ini dan jabarkan tahapan pengerjaannya pada kertas A4!

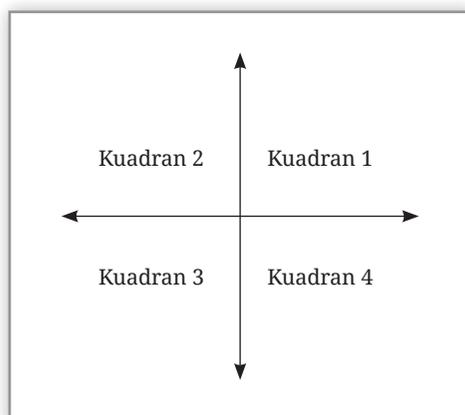
No.	Benang Atas (BA)	Benang Tengah (BT)	Benang Bawah (BB)
1.	.....	1,725	0,450
2.	1,800	1,400	.....
3.	1,500	.....	1,725
4.	.....	1,725	0,825
5.	2,950	.....	1,725



E. Mengaplikasikan Gambar Teknik dengan Proyeksi Ortogonal (2D)

Pengetahuan tentang gambar teknik bukan sekadar menggambar garis lurus dan garis lengkung saja. Peserta didik Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan diharapkan dapat menggambar benda nyata atau 3 Dimensi (3D) ke dalam gambar 2 Dimensi (2D).

Cara menggambar 3D dalam bentuk 2D, yaitu dengan memproyeksikannya dari beberapa tampak. Gambar proyeksi yang dimaksud adalah gambar proyeksi ortogonal. Ortogonal secara bahasa artinya tegak lurus. Proyeksi ortogonal adalah proyeksi gambar secara tegak lurus, baik ke sisi atas, bawah, kanan, dan kiri. Gambar proyeksi ortogonal bertujuan untuk menggambarkan objek 3 Dimensi (3D) secara 2 Dimensi (2D). Proyeksi ortogonal memiliki ruang proyeksi yang disebut kuadran. Terdapat 4 kuadran pada proyeksi ortogonal, yaitu kuadran 1, 2, 3, dan 4.



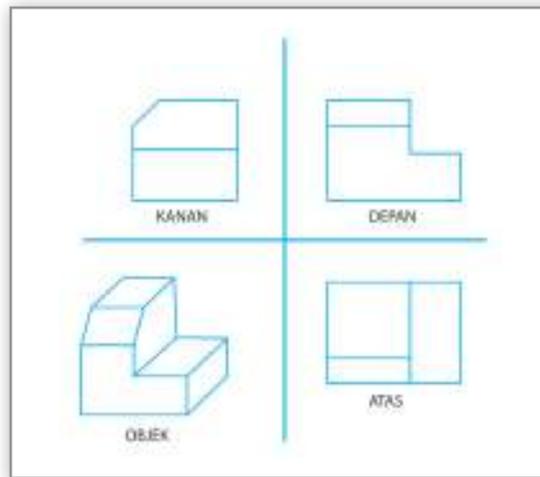
Gambar 3.26 4 Kuadran Proyeksi Ortogonal

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

Standar ISO (ISO/DIS 128) yang digunakan untuk gambar proyeksi ortogonal sebagai berikut.

1. Proyeksi Eropa

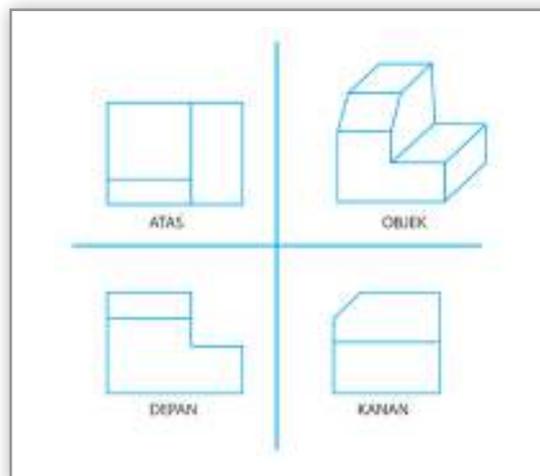
Proyeksi Eropa dikenal dengan proyeksi sudut pertama atau terletak pada kuadran 1 untuk gambar tampak depan.



Gambar 3.27 Proyeksi Eropa

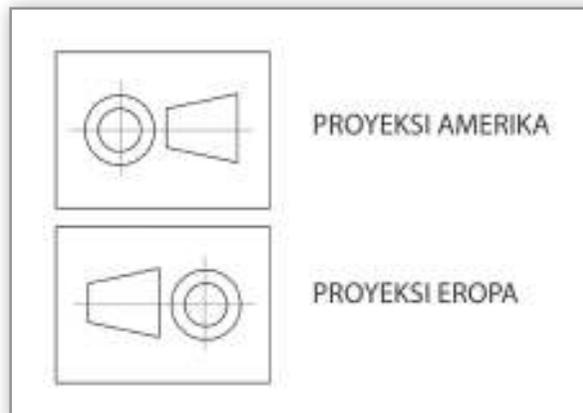
2. Proyeksi Amerika

Pada proyeksi Amerika, gambar tampak depan terletak pada kuadran ketiga atau dikenal dengan proyeksi sudut ketiga.



Gambar 3.28 Proyeksi Amerika

Pada gambar proyeksi ortogonal biasanya disertakan simbol pada etiket gambar. Simbol ini digunakan sebagai identitas gambar yang digunakan, yaitu proyeksi Eropa atau proyeksi Amerika. Simbol yang digunakan sebagai berikut.



Gambar 3.29 Simbol Proyeksi Amerika dan Proyeksi Eropa

Untuk mempelajari gambar proyeksi ortogonal ini, silakan kalian pindai kode QR berikut ini dan masuk ke dalam tautannya, lalu perhatikan video tersebut dengan saksama.



<https://youtu.be/INVtm8AlDnw>

Sumber: Didik Sarwanto (2021)

F. Mengaplikasikan Gambar Teknik dengan Proyeksi Piktorial (3D)

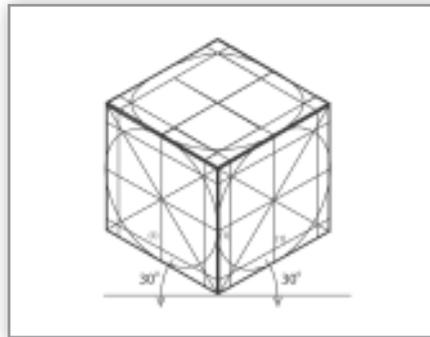
Gambar proyeksi piktorial merupakan teknik penggambaran objek secara 3 Dimensi (3D). Macam-macam gambar proyeksi piktorial sebagai berikut.

1. Proyeksi Aksonometri

Proyeksi aksonometri dibagi dalam 3 jenis, yaitu isometri, dimetri, dan trimetri.

a. Isometri

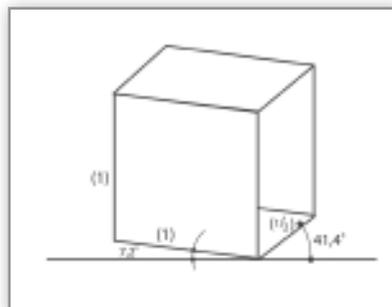
Proyeksi isometri merupakan bentuk proyeksi aksonometri yang didatarkan sehingga sudut-sudut sisi sebuah bujur sangkar menjadi 60° dan 120° . Jika digambarkan bentuknya seperti bujur sangkar dengan perbandingan ukuran tinggi, lebar, dan dalam adalah 1:1:1.



Gambar 3.30 Proyeksi Isometri

b. Dimetri

Proyeksi dimetri adalah bentuk isometri yang termodifikasi dengan ukuran tinggi, lebar, dan dalam, serta jika diubah terkesan nyata seperti objek aslinya. Perbandingan gambar proyeksi dimetri adalah 2:2:1 atau 3:3:1. Dimetri dapat diartikan dua ukuran, yaitu dua macam skala untuk dua macam sudut.

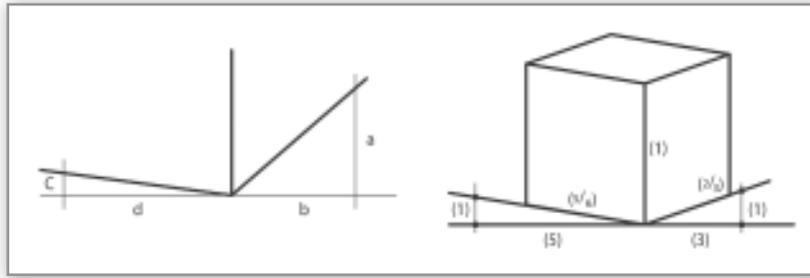


Gambar 3.31 Proyeksi Dimetri

c. Trimetri

Proyeksi trimetri adalah hasil modifikasi dari isometri yang ukuran tinggi, lebar, dan dalam dapat disesuaikan. Perbandingan untuk gambar proyeksi trimetri ini adalah 10:9:5 atau 6:5:4.

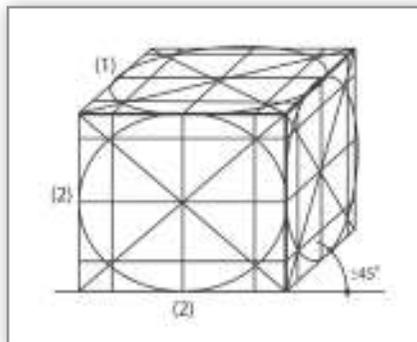




Gambar 3.32 Proyeksi Trimetri

2. Proyeksi Miring (*Oblique*)

Proyeksi miring merupakan penggambaran dua bidang yang diproyeksikan miring serta cara penggambaran bentuk berskala yang termodifikasi. Perbandingan ukuran tinggi, lebar, dan dalam dapat dipertahankan pada angka 1:1:1 atau 2:2:1. Sudut kemiringan objek terhadap bidang proyeksi $\pm 45^\circ$.



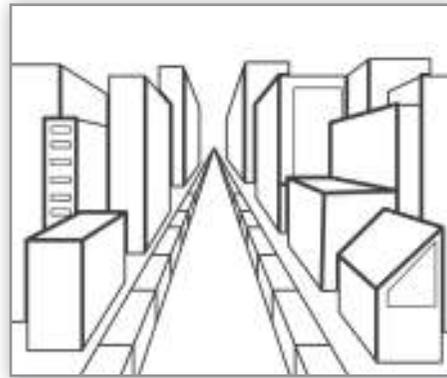
Gambar 3.33 Proyeksi Miring (*Oblique*)

3. Gambar Perspektif

Gambar perspektif merupakan gambar proyeksi 3 Dimensi (3D) dari sebuah objek atau bidang. Gambar proyeksi perspektif diperoleh dari pandangan mata seseorang pada sebuah titik tertentu. Pada dasarnya gedung, jalan, mobil, dan lain sebagainya memiliki bentuk yang tetap.

Mata manusia memiliki jarak pandang yang terbatas. Ketika kita melihat objek atau bidang dari jarak jauh maka akan terlihat kecil, sebaliknya akan terlihat lebih besar ketika kita melihatnya dari jarak dekat. Apa yang terlihat tersebut merupakan sebuah gambar yang

tercetak oleh mata kita pada suatu bidang gambar yang terdapat di antara mata dan objek tersebut. Pada gambar perspektif, pengamatan objek berasal dari satu titik pandang, yaitu titik pandang tempat pengamat berdiri melihat objek.

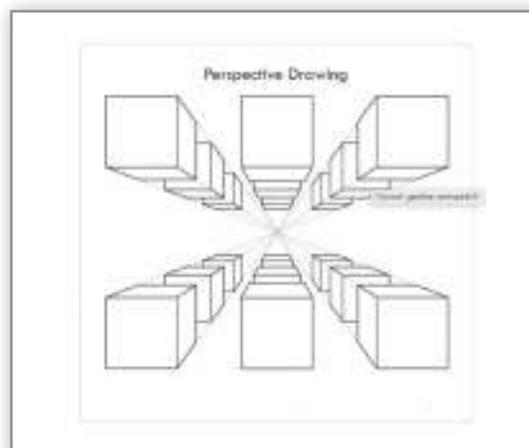


Gambar 3.34 Gambar Perspektif

Gambar perspektif terbagi dalam 3 macam tergantung dari titik pengamatan, antara lain:

a. Gambar perspektif 1 titik hilang (*one point perspective*)

Gambar perspektif 1 titik hilang adalah gambar objek atau bidang yang pengamatannya dari 1 titik. Gambar perspektif 1 titik hilang ini merupakan gambar yang objeknya terlihat dekat oleh mata. Gambar ini sering digunakan untuk gambar desain interior.



Gambar 3.35 Perspektif 1 Titik Hilang

Sumber: anidraw.net/Anidraw (2019)



b. Gambar perspektif 2 titik hilang (two point perspective)

Gambar perspektif 2 titik hilang adalah gambar dengan posisi mata pengamatan tidak sejajar dan letak posisi pengamatan yang jauh sehingga menyebabkan sudut pandang melebar pada garis batas objek. Gambar perspektif 2 titik hilang ini sering digunakan untuk gambar desain eksterior.

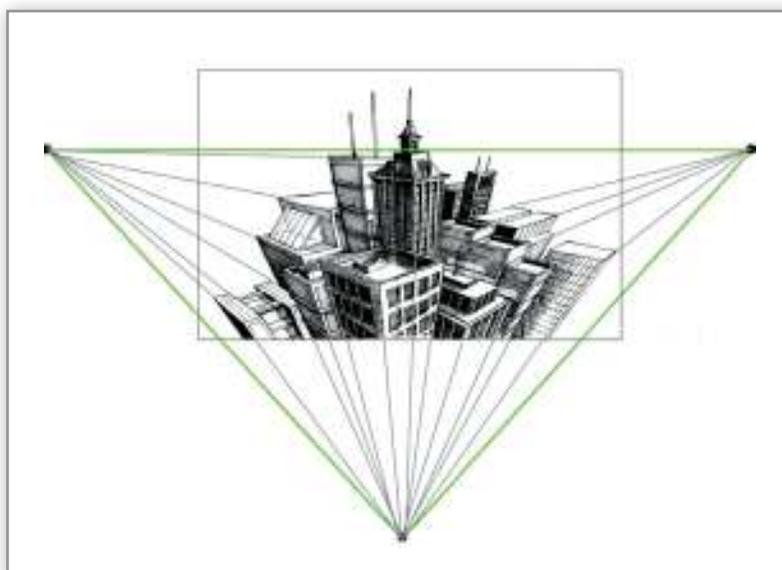


Gambar 3.36 Perspektif 2 Titik Hilang

Sumber: kibrispdr.org/Admin (2020)

c. Gambar perspektif 3 titik hilang (three point perspective)

Gambar perspektif 3 titik hilang ini dilakukan jika objek pengamatan berada jauh dari atas atau bawah titik horizon. Gambar dengan teknik perspektif 3 titik hilang ini umumnya digunakan untuk menggambar objek yang luas dan tinggi.



Gambar 3.37 Perspektif 3 Titik Hilang

Sumber: lezgetreal.com/Admin (2023)

Untuk keperluan konstruksi, terdapat beberapa jenis gambar konstruksi, antara lain:

1) Sketsa

Sketsa merupakan hasil coretan awal berdasarkan ide yang diperoleh dari suatu rancangan atau dari data informasi yang diterima dalam suatu rancangan bangunan.

2) Prarencana

Gambar prarencana merupakan versi lengkap dari gambar sketsa. Meskipun pada gambar ini hanya berupa tarikan garis sederhana atau coretan gambar, tetapi sudah dapat mendeskripsikan gambar dari beberapa sudut pandang.

3) Situasi

Gambar situasi merupakan gambar yang terdapat arah dari lokasi yang akan dibangun dan menggambarkan situasi lokasi sekitar bangunan.

4) Denah

Denah adalah gambar bangunan yang terlihat dari atas pada ketinggian 1 m dari permukaan lantai bangunan. Pada gambar denah ini kita dapat melihat informasi pada bangunan tersebut, seperti ukuran ruang, nama ruang, ketinggian ruang, serta jika diperlukan terkait rencana posisi furnitur pada bangunan tersebut.

5) *Layout*

Layout merupakan denah yang dilengkapi dengan situasi lingkungan di sekitar bangunan, baik jalan ataupun bangunan lainnya.

6) Potongan

Gambar potongan adalah gambar yang memperlihatkan rencana ruangan dengan cara memotong gambar bangunan tersebut secara vertikal dari posisi memanjang dan melintang. Gambar potongan ini memperlihatkan bangunan dari mulai fondasi sampai atap yang terlihat pada garis arah potongan.

7) Tampak

Gambar tampak adalah gambar bangunan secara 2 Dimensi (2D) dari arah depan, belakang, samping kiri, dan samping kanan.



8) Detail

Gambar detail berfungsi untuk memperlihatkan gambar secara jelas dengan skala yang lebih besar dari potongan, serta untuk melihat secara detail bagian bangunan tersebut agar pada pelaksanaan pembangunan sesuai dengan ukuran dan material yang direncanakan. Selain ukuran dan bentuk, komponen material yang digunakan juga disebutkan pada gambar detail.

G. Aplikasi Perangkat Lunak Untuk Gambar Teknik

Menggambar teknik pada era digital seperti saat ini sudah menggunakan bantuan aplikasi digital atau komputer. Kalian sebagai peserta didik Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan diharapkan dapat mengenal dan menggunakan perangkat lunak untuk menggambar teknik.

Pada bab ini kita akan membahas macam-macam perangkat lunak untuk gambar teknik pada desain pemodelan dan informasi bangunan. Untuk perangkat lunak, ada yang secara khusus hanya untuk menggambar 2 Dimensi (2D) atau menggambar 3 Dimensi (3D) saja, bahkan terdapat aplikasi yang dapat digunakan untuk menggambar 2D dan 3D sekaligus.

Beberapa contoh aplikasi perangkat lunak untuk menggambar teknik di bidang konstruksi, antara lain:

1. AutoCAD

AutoCAD adalah aplikasi menggambar teknik yang dikeluarkan oleh perusahaan Autodesk pada tahun 1982. AutoCAD merupakan aplikasi menggambar teknik 2D dan 3D, tetapi pada penggunaannya lebih sering digunakan untuk menggambar 2D. Perusahaan yang bergerak di bidang jasa gambar konstruksi banyak menggunakan aplikasi ini. Untuk pembuatan gambar kerja, AutoCAD sangat membantu proses dengan efektif sehingga aplikasi ini sangat terkenal di dunia konstruksi.

2. SketchUp

SketchUp adalah aplikasi menggambar yang populer untuk menggambar 3 Dimensi (3D). Penggunaan aplikasi ini terbilang cukup mudah sehingga banyak orang yang menggunakannya.

3. 3D Studio Max

Sesuai namanya, 3D Studio Max adalah aplikasi untuk menggambar 3 Dimensi (3D).

4. ArchiCAD

Perusahaan Graphisoft membuat aplikasi menggambar teknik yang sangat bermanfaat untuk bidang konstruksi. Aplikasi tersebut adalah ArchiCAD. Aplikasi ini sudah mendukung penggambaran 2D dan 3D secara langsung, di mana ketika menggambar 2 Dimensi pada ArchiCAD kita dapat langsung melihat tampilan 3 Dimensinya. Selain itu, ArchiCAD sudah mendukung sistem integrasi gambar konstruksi, yaitu *Building Information Modelling* (BIM).

5. Revit

Autodesk sebagai perusahaan yang membuat AutoCAD, juga mengeluarkan aplikasi menggambar teknik yang mendukung sistem integrasi gambar konstruksi. Aplikasi keluaran Autodesk yang mendukung *Building Information Modelling* (BIM) adalah Revit. Aplikasi Revit cukup populer di dunia konstruksi, hanya saja kebutuhan *hardware* dan *software* Revit masih terbilang cukup mahal.

Beberapa aplikasi di atas merupakan perangkat lunak yang cukup banyak digunakan di dunia konstruksi untuk menggambar teknik. Aplikasi di atas hanyalah beberapa contoh saja, masih banyak aplikasi menggambar teknik lainnya yang dapat kalian pelajari.

H. Standar dan Peraturan yang Berlaku Terkait Bangunan Perumahan

Sebagai peserta didik Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan, diharapkan kalian mengetahui beberapa peraturan yang berkaitan dengan perumahan atau permukiman.

Berdasarkan Undang-Undang No. 4 Tahun 1992 tentang Perumahan dan Permukiman, dijelaskan beberapa pengertian sebagai berikut.



- Rumah adalah bangunan yang berfungsi sebagai tempat tinggal atau hunian dan sarana pembinaan keluarga.
- Perumahan adalah kelompok rumah yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian yang dilengkapi dengan prasarana dan sarana lingkungan.
- Permukiman adalah bagian dari lingkungan hidup di luar kawasan lindung, baik yang berupa kawasan perkotaan maupun perdesaan yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung peri kehidupan dan penghidupan.
- Satuan lingkungan permukiman adalah kawasan perumahan dalam berbagai bentuk dan ukuran dengan penataan tanah dan ruang, prasarana dan sarana lingkungan yang terstruktur.
- Prasarana lingkungan adalah kelengkapan dasar fisik lingkungan yang memungkinkan lingkungan permukiman dapat berfungsi sebagaimana mestinya.
- Sarana lingkungan adalah fasilitas penunjang yang berfungsi untuk penyelenggaraan dan pengembangan kehidupan ekonomi, sosial dan budaya.
- Utilitas umum adalah sarana penunjang untuk pelayanan lingkungan.

Berdasarkan Undang-Undang No. 1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman, yang dimaksud dengan rumah, perumahan, dan permukiman sebagai berikut.

- Rumah adalah bangunan gedung yang berfungsi sebagai tempat tinggal yang layak huni, sarana pembinaan keluarga, cerminan harkat dan martabat penghuninya, serta aset bagi pemiliknya.
- Perumahan adalah kumpulan rumah sebagai bagian dari permukiman, baik perkotaan maupun perdesaan yang dilengkapi dengan prasarana, sarana, dan utilitas umum sebagai hasil upaya pemenuhan rumah yang layak huni.
- Permukiman adalah bagian dari lingkungan hunian yang terdiri atas lebih dari satu satuan perumahan yang mempunyai prasarana, sarana, utilitas umum, serta mempunyai penunjang kegiatan fungsi lain di kawasan perkotaan atau kawasan perdesaan.



Wilayah Indonesia merupakan daerah geografis dan rawan terhadap gempa. Oleh karena itu, bangunan perumahan diharapkan tahan terhadap gempa. Terdapat pedoman teknis untuk pembangunan perumahan agar bangunan sederhana tahan terhadap gempa. Kalian dapat melihat pedoman yang telah disusun oleh Direktorat Jendral Cipta Karya atau yang sekarang kita kenal dengan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Di dalam pedoman tersebut sudah dilengkapi dengan metode dan cara perbaikan kerusakan yang sudah dipersiapkan oleh panitia teknik standardisasi bidang konstruksi dan bangunan.



Rangkuman

1. Peralatan gambar teknik manual banyak jenisnya sesuai dengan fungsi dan peruntukannya.
2. Ilmu ukur tanah merupakan unsur yang penting dalam dunia konstruksi sehingga peserta didik Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan diharapkan dapat mengetahui macam-macam alat ukur, di antaranya alat ukur sederhana, alat ukur optik, dan alat ukur elektronik.
3. Peserta didik Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan diharapkan tidak hanya dapat mengenal dan mengoperasikan alat ukur tanah, tetapi juga dapat merawat alat tersebut dengan baik sehingga dapat dipergunakan dalam jangka waktu yang panjang.
4. Analisis hasil pengukuran menggunakan alat manual diperlukan untuk memperoleh data ketinggian tanah, jarak antartitik, dan luas dari bidang pengukuran.
5. Menggambar teknik manual 2 Dimensi (2D) dilakukan dengan menggunakan proyeksi sesuai standar proyeksi ortogonal, baik proyeksi Eropa atau proyeksi Amerika.
6. Menggambar teknik 3 Dimensi (3D) dilakukan dengan menggunakan proyeksi piktorial, baik menggunakan 1 titik hilang, 2 titik hilang, atau 3 titik hilang.



7. Era digital saat ini memengaruhi cara menggambar teknik yang dipermudah dengan beberapa aplikasi pendukungnya, seperti AutoCAD, SketchUp, 3D Studio Max, ArchiCAD, dan Revit. Aplikasi-aplikasi tersebut memang sudah populer, terutama di bidang konstruksi.
8. Pembangunan perumahan sederhana di Indonesia diatur dalam beberapa peraturan dan pedoman teknis.

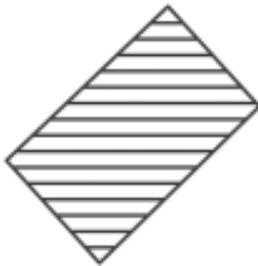
>>>> Asesmen



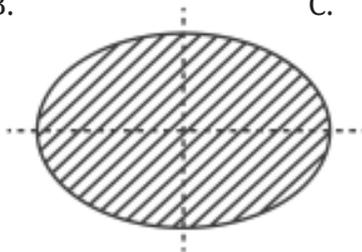
Asesmen Mandiri 3.1

Persiapkan alat-alat gambar teknik yang sudah dijelaskan pada bab ini, kemudian pilihlah alat gambar yang sesuai untuk membuat gambar di bawah ini. Gunakanlah kertas gambar A4 untuk gambar nomor 1 dan kertas A3 untuk gambar nomor 2!

1. A.



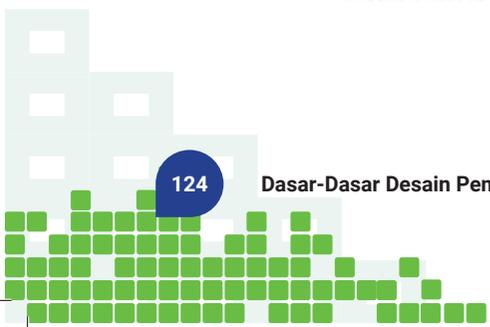
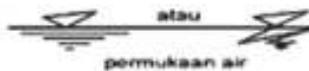
B.

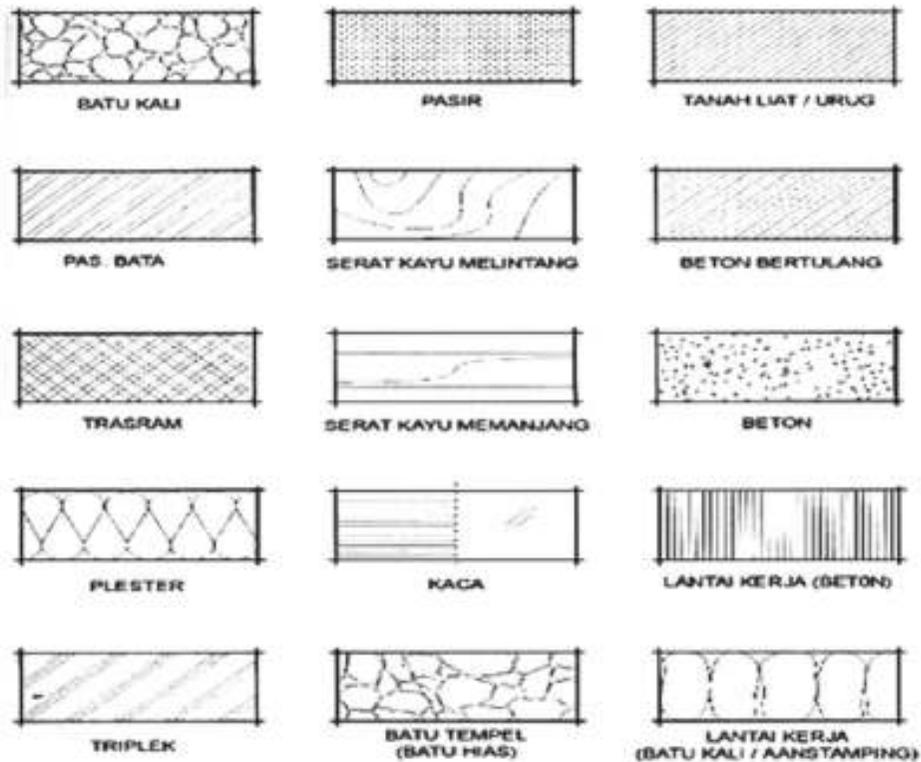


C.



2.





Asesmen Kelompok 3.2

Langkah-langkahnya sebagai berikut.

1. Buatlah kelompok yang beranggotakan maksimal 3 orang, kemudian lakukan kegiatan mengukur panjang pagar sekolah dengan menggunakan alat ukur sederhana.
2. Buatlah kelompok yang beranggotakan maksimal 5 orang. Selanjutnya, lakukan kegiatan mengukur dan menganalisis ketinggian dan luas lapangan upacara sekolah kalian dengan menggunakan alat ukur optik yang ada di sekolah. Setelah itu, catatlah hasil pengukuran kalian pada tabel berikut ini.



TTIK		BACAAN RAMBU UKUR						JARAK		BEDA TINGGI	
ALAT	RAMBU	BELAKANG			MUKA			BELAKANG	MUKA	POSITIF	NEGATIF
		BA	BT	BB	BA	BT	BB				



Pengayaan

Bagi kalian yang telah menyelesaikan asesmen di atas, buatlah kesimpulan dari beberapa hal berikut ini.

1. Alat apa sajakah yang kalian gunakan saat menggambar teknik pada Asesmen Mandiri 3.1?
2. Alat ukur tanah apakah yang efektif digunakan untuk mengukur panjang pagar sekolah kalian, baik bagian depan, belakang, ataupun samping kiri dan kanan?
3. Apakah penggunaan alat ukur optik sudah sesuai pada pengukuran lapangan upacara sekolah?



Refleksi

Merefleksikan hasil belajar Bab 3 untuk mengetahui topik yang sudah berhasil dipahami dengan baik dan yang perlu dikuasai lebih lanjut.

Selamat! Kalian sudah selesai mempelajari Bab 3. Tentu banyak yang sudah kalian pelajari dan pahami.

Tandai kegiatan yang sudah kalian lakukan atau pengetahuan yang sudah kalian pahami dengan memberi tanda centang (✓). Pada kolom



“Masih Perlu Belajar Lagi”, tuliskan topik yang ingin kalian pelajari lebih lanjut!

No.	Capaian Pembelajaran	Sudah Memahami	Masih Perlu Belajar Lagi	Catatan
1.	Saya mampu mengetahui dan menggunakan alat-alat gambar teknik sesuai fungsinya.			
2.	Saya mampu membedakan alat ukur sederhana, alat ukur optik, dan alat ukur elektronik.			
3.	Saya mampu merawat alat ukur sesuai dengan jenisnya.			
4.	Saya mampu menganalisis hasil pengukuran berupa jarak antartitik dan ketinggian titik pengukuran.			
5.	Saya mampu menggambar teknik dengan menggunakan proyeksi ortogonal, baik metode proyeksi Eropa atau proyeksi Amerika.			



No.	Capaian Pembelajaran	Sudah Memahami	Masih Perlu Belajar Lagi	Catatan
6.	Saya mampu menggambar teknik 3 Dimensi (3D) dengan menggunakan proyeksi piktorial, baik menggunakan 1 titik hilang, 2 titik hilang, ataupun 3 titik hilang.			
7.	Saya mampu mengetahui aplikasi perangkat lunak untuk menggambar teknik yang umum digunakan pada bidang konstruksi.			
8.	Saya mampu mengetahui beberapa peraturan terkait bangunan perumahan.			

Hitunglah persentase penguasaan materi kalian menggunakan rumus berikut.

$$\frac{\text{Jumlah materi yang kalian kuasai}}{\text{Jumlah seluruh materi}} \times 100\%$$

- Jika 70-100% materi di atas sudah dikuasai, kalian dapat meminta kegiatan pengayaan kepada guru.
- Jika materi yang dikuasai masih di bawah 70%, kalian dapat mendiskusikan kegiatan remedial yang dapat dilakukan bersama guru kalian.

Jurnal Membaca



Pada bagian ini, kalian dapat memilih buku untuk dibaca sebagai bagian dari kegiatan jurnal membaca. Pilihlah salah satu dari beberapa alternatif buku atau karya tulis tentang gambar teknik dan pengukuran di bawah ini. Lengkapi formulir 'Jurnal Membaca' yang telah disediakan sebagai tindak lanjut dari kegiatan membaca ini.

Pilihlah salah satu karya dari beberapa karya berikut yang dapat kalian jadikan alternatif pada kegiatan jurnal membaca Bab 3!

No.	Judul	Penulis	Jenis Karya	Penerbit	Sumber Daring
1.	Pengertian Proyeksi dan Macam-Macam Proyeksi Gambar Teknik (Proyeksi Piktorial dan Proyeksi Ortogonal)		Bahan Ajar	Deepublish	
2.	Ilmu Ukur Tanah	Arief Syaifullah	Modul	Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional	



Lengkapilah formulir ‘Jurnal Membaca’ berikut ini sebagai tindak lanjut kegiatan membaca salah satu karya yang direkomendasikan di atas. Gunakan formulir berbeda untuk setiap buku!

JURNAL MEMBACA

Hari/tanggal :

Nama :

Kelas :

Judul Buku:

Penulis :

Penerbit :

Tahun :

Pilihlah salah satu kegiatan dari dua alternatif kegiatan berikut untuk menindaklanjuti buku yang telah kalian baca.

1. Buatlah peta konsep dari bab yang kalian sukai.
2. Sebutkan bab atau subbab yang kalian sukai dan berikan alasannya.

Menurut pendapatku,

.....

.....

.....

.....

.....

Bab
4

Building Information Modelling (BIM)



Apakah yang dimaksud dengan konsep *Building Information Modelling* (BIM)?

Perangkat lunak apa sajakah yang mendukung *Building Information Modelling* (BIM)?



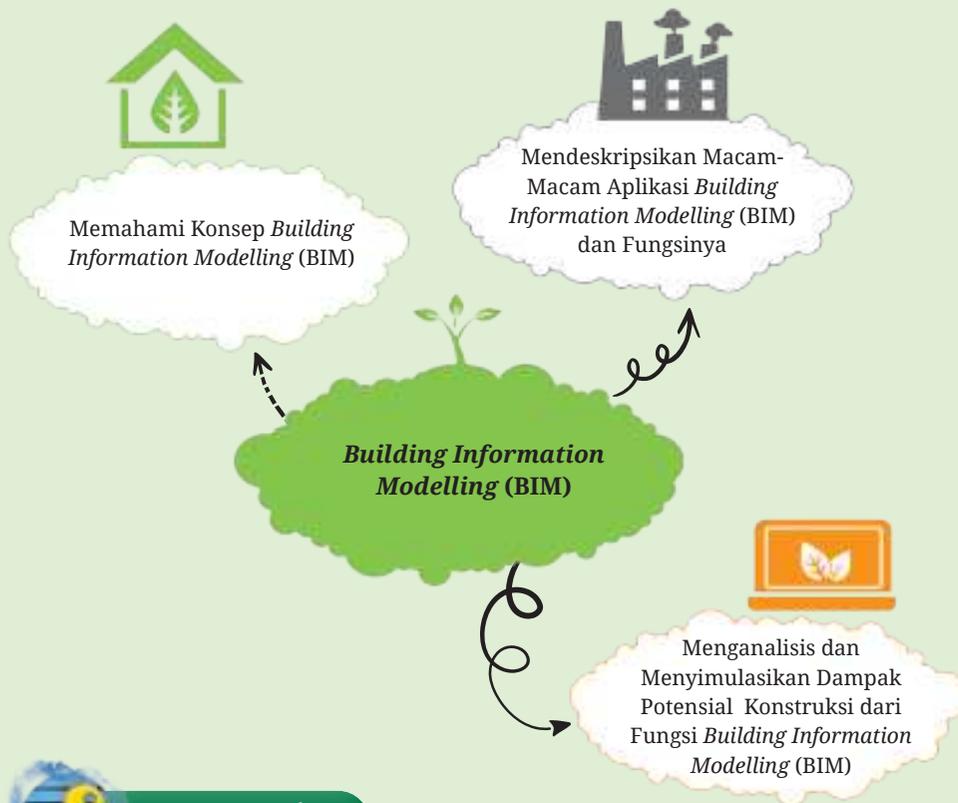
Tujuan Pembelajaran



Pada bab ini, kalian akan memahami tentang konsep *Building Information Modelling* (BIM) dan beberapa aplikasi pendukungnya yang dapat menganalisis dampak potensial sederhana pada konstruksi.



Peta Konsep



Kata Kunci

BIM, perangkat lunak, *cloud*, *clash detection*, *green building XML (gbXML)*

A. Membandingkan Jenis Aplikasi Berbasis *Building Information Modelling* (BIM)

Pada bab ini, kalian akan mempelajari tentang apa yang dimaksud dengan *Building Information Modelling* (BIM) dan aplikasi pendukungnya. Sebelum kita pelajari lebih lanjut, sebagai pengetahuan awal silakan pindai kode QR berikut ini dan masuk ke dalam tautannya, lalu perhatikan videonya dengan saksama.



<https://www.youtube.com/watch?v=omaw1mdk9xg>

Sumber: *Bouygues Construction* (2016)

Setelah melihat video singkat di atas, apa kesimpulan kalian tentang *Building Information Modelling* (BIM)? Menurut ISO 19650: 2019, BIM adalah penggunaan representasi digital bersama dari aset yang dibangun untuk memfasilitasi desain, konstruksi, dan proses operasi untuk membentuk dasar yang dapat diandalkan dalam pengambilan keputusan.

Dari tayangan video singkat di atas dan definisi BIM menurut ISO 19650: 2019, kita dapat mengambil kesimpulan bahwa *Building Information Modelling* (BIM) adalah konsep/metode/sistem kerja yang berusaha menggabungkan informasi dari seluruh tahapan konstruksi, mulai dari perencanaan, perancangan, konstruksi, dan operasi untuk membantu mengambil keputusan.

Pada bab sebelumnya kita sudah mempelajari tentang beberapa perangkat lunak yang mendukung gambar teknik. Dari beberapa perangkat lunak tersebut ada yang sudah mendukung sistem *Building Information Modelling* (BIM). Perangkat lunak tersebut sangat berguna



di dunia konstruksi karena merupakan sistem kerja pada bidang konstruksi, mulai dari desain, pembangunan, perawatan, sampai umur bangunan tersebut sesuai yang direncanakan.

Banyak sekali aplikasi di bidang konstruksi yang mendukung *Building Information Modelling* (BIM), bahkan dapat mencapai lebih dari 20 aplikasi. Dari sekian banyak aplikasi pendukung *Building Information Modelling* (BIM), kita akan membahas beberapa aplikasi yang umum digunakan di Indonesia. Jika dahulu kita menggunakan aplikasi untuk menggambar teknik secara terpisah antara masing-masing disiplin ilmu, maka dengan sistem BIM ini setiap aplikasi dapat berkoordinasi dengan baik.

Aplikasi pendukung *Building Information Modelling* (BIM) di antaranya sebagai berikut.

1. Revit

Revit adalah aplikasi buatan sebuah perusahaan yang sudah terkenal dalam membuat aplikasi di bidang konstruksi. Perusahaan tersebut adalah Autodesk yang sudah kalian kenal dengan aplikasi buatanya, yaitu AutoCAD.



Gambar 4.1 Revit

Sumber: [knowledge.autodesk.com/Neha Somani](https://knowledge.autodesk.com/Neha_Somani) (2019)

Revit merupakan aplikasi perangkat lunak konstruksi pendukung sistem *Building Information Modelling* (BIM) yang bertujuan untuk memecahkan berbagai masalah teknik dan desain. Beberapa disiplin

ilmu dan profesional di bidang konstruksi dapat memanfaatkan fitur yang ada pada Revit, di antaranya desainer, arsitek, ahli struktur, bidang Mekanikal Elektrikal dan Perpipaan (MEP), estimator, kontraktor, dan beberapa profesi lainnya yang berkaitan dengan bidang konstruksi.

Perangkat lunak ini sendiri menawarkan pendekatan cerdas untuk berbagai tahapan proses konstruksi melalui model. Revit juga dapat melacak seluruh siklus hidup proyek konstruksi tertentu, mulai dari konsep pertama hingga pemeliharaan rutin dan/atau pembongkaran. Biaya perangkat lunak Revit ini cukup mahal dan lisensinya harus diperpanjang setiap tahun.

2. ArchiCAD

Graphisoft merupakan perusahaan perangkat lunak yang mengeluarkan sebuah aplikasi pendukung sistem *Building Information Modelling* (BIM), yaitu aplikasi ArchiCAD. ArchiCAD adalah aplikasi perangkat lunak berbasis 3D *modelling*. BIM 3D *modelling* dengan desain dan pemodelan sebagai tujuan utamanya.



Gambar 4.2 ArchiCAD

Sumber: Graphisoft.com (2022)

ArchiCAD sangat populer di bidang perencanaan kota dan perancangan gedung. Semua fitur ArchiCAD di desain untuk tujuan perancangan, estetika, dan tekniknya. Untuk lisensi ArchiCAD tidak setiap tahun seperti pada Revit, tetapi lisensinya dapat dibeli sesuai dengan

versinya dan dapat digunakan selama kita masih membutuhkannya. Untuk versi belajarnya, kita dapat menggunakan versi untuk pelajar. ArchiCAD juga dianggap sebagai salah satu implementasi BIM pertama dan dapat bekerja dengan geometri 3D dan 2D jika diperlukan.

3. SketchUp

SketchUp merupakan aplikasi perangkat lunak penggambaran 3D yang paling umum digunakan karena penggunaannya terbilang mudah. Prinsip kerja pada SketchUp adalah alat pemodelan yang mudah digunakan yang memungkinkan pengguna untuk mengubah garis dan bentuk biasa menjadi berbagai bentuk 3D.

Kelebihan aplikasi SketchUp ini, yaitu memiliki berbagai model 3D yang ada di dalamnya sehingga terkadang kita tidak perlu membuat dari awal untuk objek tertentu. Ada beberapa alat yang dapat disertakan di SketchUp, misalnya berupa *plugin*. Alat tersebut dapat memperlihatkan gambar 3D terlihat seperti nyata dengan proses yang dinamakan *rendering*, sama seperti pada aplikasi ArchiCAD dan Revit. Alat atau *plugin* pemodelan 3D ada yang berbayar dan ada yang gratis, kita tinggal memilih sesuai dengan keinginan. Untuk SketchUp sendiri menawarkan versi standar dan pro. Versi pro lebih lengkap, yaitu memiliki klien desktopnya sendiri dan menawarkan pilihan-pilihan yang lebih serbaguna untuk proyek 3D.



Gambar 4.3 SketchUp

Sumber: *sketchup.com* (2022)

4. Tekla BIMsight

Aplikasi perangkat lunak pendukung BIM yang berkaitan dengan struktur bangunan adalah Tekla BIMsight. Cara kerja Tekla BIMsight, yaitu menggabungkan model 3D dan mengidentifikasi bentrokan atau disebut *clash detection*, serta mencari solusi untuk masalah tersebut dengan proses lainnya. Tujuan utama dari perangkat lunak ini adalah sistem BIM dengan sistem rekayasa struktural. Mengidentifikasi dan menyelesaikan masalah menjadi lebih mudah jika kalian dapat menemukannya pada tahap desain sebelum proses pembangunan konstruksi dimulai.

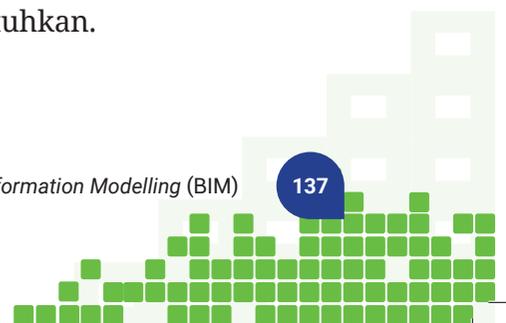


Gambar 4.4 Tekla BIMsight

Sumber: lifewire.com/Tim Fisher (2022)

5. Autodesk BIM 360

Perangkat lunak lainnya yang diproduksi Autodesk adalah BIM 360. Aplikasi berbasis BIM ini sangat berguna bagi mereka yang bekerja dengan manajemen konstruksi dan pengiriman proyek. Aplikasi ini menggabungkan berbagai proses desain, proyek, dan konstruksi menjadi satu proses yang dihubungkan dengan jaringan. Dengan kata lain, aplikasi ini adalah layanan web berbasis *cloud* untuk menghindari penundaan dan meningkatkan pengambilan keputusan dengan memberikan akses kepada tim yang berbeda terkait data yang dibutuhkan.





Gambar 4.5 Autodesk BIM 360

Sumber: Aplicit.com/Nimsi G (2020)

Seperti pada konsep BIM, seluruh siklus hidup pekerjaan konstruksi yang dikerjakan dapat dikelola dengan Autodesk BIM 360. Fitur penting pada aplikasi ini, antara lain tinjauan desain, koordinasi BIM, daftar periksa program keselamatan, manajemen masalah, koordinasi pengiriman, dan lain sebagainya yang berhubungan dengan manajemen konstruksi.

6. BIMx

BIMx merupakan salah satu aplikasi pendukung BIM yang dibuat oleh perusahaan yang sama seperti aplikasi ArchiCAD, yaitu Graphisoft. Salah satu kegunaan BIMx adalah mempresentasikan hasil desain yang dibuat pada ArchiCAD melalui komputer desktop atau perangkat gawai dengan sistem operasi Android maupun IOS.



Gambar 4.6 Tampilan BIMx pada telepon pintar

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

Aplikasi BIMx didesain untuk menampilkan *file* konstruksi jadi, khususnya yang dibuat menggunakan ArchiCAD. Desain 2D maupun 3D yang dibuat pada ArchiCAD model akan terlihat lebih menarik jika ditampilkan. Fitur *finger control* sebagai penunjuk arah berjalan lancar dan responsif ketika digunakan untuk melihat, memperbesar, atau memutar gambar. Dengan adanya aplikasi ini, ketika kita melakukan presentasi atau memberikan penjelasan kepada klien atau pelaksana tidak perlu mencetak seluruh gambar. Dengan demikian, kebutuhan kertas untuk cetak dokumen gambar dapat diminimalisasi.

Aplikasi pendukung BIM banyak sekali jumlahnya. Beberapa aplikasi yang dijelaskan pada bab ini merupakan aplikasi yang umum digunakan di bidang konstruksi di Indonesia dan mewakili aplikasi BIM untuk arsitektur, struktur, manajemen proyek, sampai dengan keperluan presentasi.



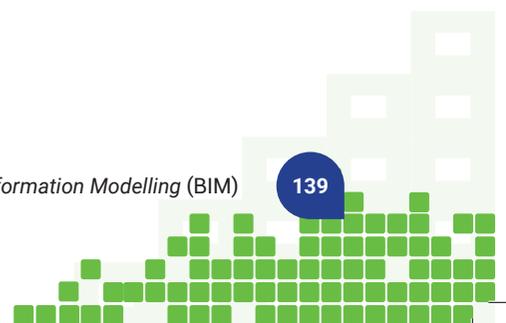
Aktivitas Mandiri 4.1

Untuk menambah pemahaman kalian tentang BIM, silakan kalian pindai kode QR di bawah ini dan simaklah videonya sampai selesai. Setelah itu, buatlah rangkuman dari video tersebut!



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

Sumber: Direktorat Bina Penataan Bangunan (2022)



B. Memahami Fungsi Aplikasi *Building Information Modelling* (BIM)

Aplikasi *Building Information Modelling* (BIM) sangat membantu pekerjaan di bidang konstruksi. Adapun fungsi dari aplikasi BIM ini sebagai berikut.

1. Fungsi Sepanjang Umur Siklus Hidup Konstruksi

Maksud dari fungsi ini, yaitu dari mulai konstruksi direncanakan, dibangun, sampai dengan ketika konstruksi akan mengalami perubahan atau dihancurkan kembali.

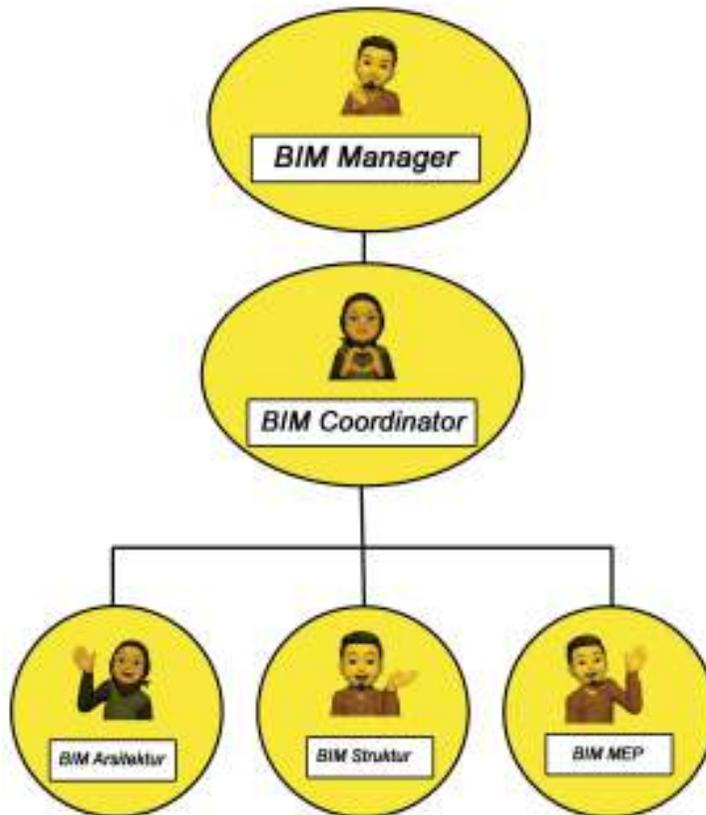
2. BIM sebagai Manajemen Model Informasi Gedung

BIM pada fungsi ini mencakup seluruh rentang waktu dari mulai konsep hingga pengerjaan. Seperti diketahui bahwa dalam perencanaan dan pembangunan sebuah konstruksi gedung dibutuhkan beberapa profesional yang terlibat di dalamnya, baik arsitek, ahli struktur, ahli mekanikal elektrik, dan ahli desain interior. Para profesional di bidang konstruksi tersebut dapat saling memberikan informasi dalam satu kolaborasi melalui aplikasi BIM sehingga proses perencanaan ataupun pembangunan lebih efektif dan meminimalkan kesalahan.

Pada sistem ini biasanya ada yang bertugas sebagai *BIM manager*, *BIM coordinator*, dan *BIM operator*. *BIM operator* bertugas pada masing-masing disiplin ilmu. *BIM coordinator* memimpin *BIM operator* sesuai dengan bidang disiplin ilmu masing-masing, sedangkan *BIM manager* bertugas mengomunikasikan dan menggabungkan informasi kepada semua pihak yang terlibat dalam proses tersebut. Seorang *BIM manager* (terkadang juga didefinisikan sebagai *Virtual Design to Construction-VDC*, *Project Manager-VDCPM*) juga bertugas untuk memastikan manajemen yang efisien dari proses informasi selama rentang ini.

BIM manager dipertahankan oleh tim perancangan desain atas nama klien dari mulai tahap pradesain dan seterusnya untuk mengembangkan dan melacak BIM berorientasi objek terhadap tujuan kinerja yang diprediksi dan diukur, mendukung model informasi bangunan multi disiplin yang mendorong analisis, jadwal, lepas landas, dan logistik.

Saat ini perusahaan juga mempertimbangkan untuk mengembangkan BIM dalam berbagai tingkat detail dan berupaya menghasilkan model informasi bangunan pada tingkat detail yang berbeda.



Gambar 4.7 Struktur Manajerial BIM

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

3. BIM sebagai Manajemen Konstruksi

Dalam dunia konstruksi, pembangunan secara terus menerus dituntut untuk menyelesaikan proyek dengan baik dan sukses meskipun anggarannya terbatas, tenaga kerja terbatas, jadwal dipercepat, dan informasi yang terbatas atau bertentangan. Profesional yang ahli di bidang arsitektur, struktur, serta Desain Mekanikal Elektrikal dan Perpipaan (MEP) harus terkoordinasi dengan baik.

BIM dapat menginformasikan jika pada perencanaan terdapat *clash detection* atau deteksi benturan dan mengidentifikasi perbedaan



lokasi melalui gambar atau simulasi virtual. Prinsip kerja pada BIM adalah membayangkan konstruksi secara virtual sebelum adanya konstruksi fisik sebenarnya untuk mengurangi ketidakpastian, meningkatkan keselamatan, mengatasi masalah, serta menyimulasikan dan menganalisis dampak yang akan timbul. Setiap pihak yang terlibat dalam pembangunan dapat memasukkan informasi penting ke dalam model sebelum memulai konstruksi. Mereka memiliki kesempatan untuk membuat atau merakit sebelum melaksanakan pembangunan yang sebenarnya.

Penggunaan kertas dan limbah sisa material dapat diminimalkan di tempat dan produk dikirim tepat waktu sesuai jadwal daripada menumpuk di tempat. Kuantitas, kualitas, dan sifat dari bahan dapat diketahui dengan mudah. Bidang pekerjaan dapat difokuskan ke salah satu pekerjaan yang memerlukan perhatian lebih.

BIM mencegah terjadinya kesalahan dengan mengaktifkan deteksi konflik atau 'benturan', di mana model komputer secara visual menyoroti pekerjaan bagian-bagian bangunan, seperti rangka bangunan dan pipa atau saluran layanan bangunan yang mungkin berpotongan salah atau tidak sesuai desain.

4. Fungsi BIM pada Konsep *Green Building*

Sebelum kalian mempelajari tentang fungsi BIM dalam *green building*, silakan pindai kode QR berikut dan masuk ke dalam tautannya, lalu amati video tersebut dengan saksama.



<https://www.youtube.com/watch?v=CrBaAm17byM>

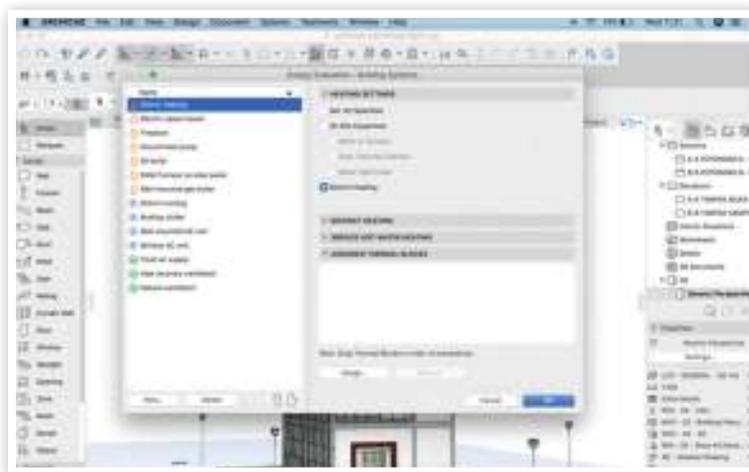
Sumber: ArchiCAD (2012)

Bagaimana tanggapan kalian setelah melihat video tersebut? Apakah BIM mendukung konsep *green building*?

BIM mendukung konsep *green building*, yaitu proses yang dapat membantu perusahaan arsitektur, teknik, dan konstruksi untuk meningkatkan keberlanjutan bangunan setelah proses pelaksanaan. Hal ini memungkinkan arsitek dan insinyur melakukan analisis terkait masalah lingkungan dalam desain mereka selama siklus hidup gedung dan semua yang berkaitan dengan gedung tersebut.

Green Building XML (gbXML) adalah skema yang muncul dan merupakan bagian dari BIM yang berfokus pada desain dan pengoperasian bangunan hijau. *Green Building XML (gbXML)* digunakan sebagai input untuk beberapa mesin simulasi energi. Dengan revolusi industri 4.0 beberapa alat simulasi kinerja gedung sudah tersedia di pasaran. Akan tetapi, perhatikan saat memilih alat simulasi yang akan digunakan. Kita sebagai pengguna harus mempertimbangkan keandalan dan keakuratan alat tersebut.

Perusahaan kelas dunia kini sudah mengembangkan pendekatan kecerdasan buatan untuk menilai hasil simulasi kinerja gedung dan menemukan bahwa alat simulasi yang lebih rinci memiliki kinerja simulasi terbaik dalam hal konsumsi listrik pemanas dan pendingin dalam 3% dari tingkat kesalahan.



Gambar 4.8 Menu Pendukung *Green Building*

Sumber: Eko Supriyanto (2022)

5. Fungsi BIM dalam Pengoperasian Fasilitas Gedung

Seperti yang telah diuraikan sebelumnya bahwa BIM tidak hanya digunakan saat proses perencanaan dan pembangunan gedung. Dalam pengoperasian fasilitas gedung, BIM juga dapat ikut mengambil peran. BIM dapat menjembatani kehilangan atau kekurangan informasi yang berkaitan dengan penanganan proyek dari tim desain ke tim pelaksana dan ke pemilik/operator gedung. Caranya dengan mengizinkan setiap kelompok untuk menambah dan merujuk kembali ke semua informasi yang mereka peroleh selama periode kontribusi mereka terhadap model BIM. Hal ini dapat memberikan keuntungan bagi pemilik atau operator fasilitas yang mana ketika proses pembangunan sudah selesai ini menjadi tanggung jawab pemilik atau operator fasilitas.

Sebagai contoh, pemilik bangunan mungkin menemukan bukti kebocoran pada gedungnya ketika gedung sudah selesai dibangun. Dibandingkan harus menelusuri bangunan fisik, pemilik dapat beralih ke model dan melihatnya secara virtual bahwa katup air terletak di lokasi yang dicurigai. Pemilik juga dapat mengakses model ukuran katup tertentu, pabrikan, nomor bagian, dan informasi lain yang pernah diteliti di masa lalu sambil menunggu daya komputasi yang memadai.

Informasi yang dinamis tentang gedung, seperti pengukuran sensor dan sinyal kontrol dari sistem gedung juga dapat digabungkan dalam perangkat lunak BIM untuk mendukung analisis pengoperasian dan pemeliharaan gedung. Salah satu tantangan pada pemeliharaan dan pengelolaan fasilitas gedung, yaitu memahami bagaimana BIM dapat digunakan untuk mendukung pemahaman praktik pengelolaan gedung dan prinsip biaya kepemilikan yang mendukung siklus hidup sebuah bangunan.

6. Fungsi BIM dalam Hal Pertukaran Informasi

Konsep BIM memanfaatkan koordinasi dan interoperabilitas (kemampuan bertukar informasi) yang mudah antara berbagai domain sehingga dapat menghasilkan pertukaran informasi yang efektif.



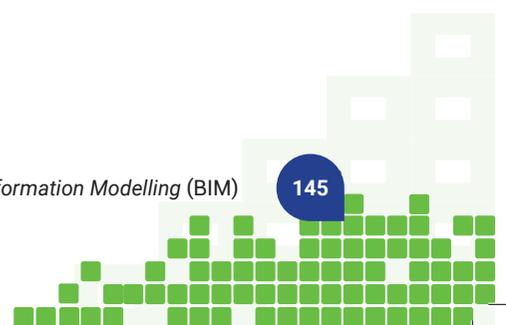
BIM menyediakan database terintegrasi tunggal yang umum untuk mendukung sistem jaringan berbasis *cloud* terkait proses pengiriman. Oleh karena berbagi data yang sama dimungkinkan, hilangnya informasi dalam proses komunikasi diminimalkan.

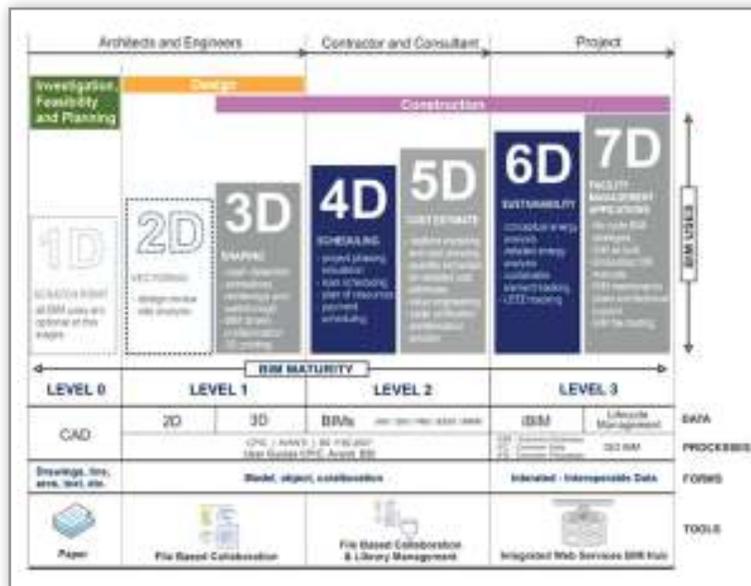
Kemampuan untuk menghasilkan simulasi virtual yang akurat dari model bangunan akan memberikan gambaran yang jelas tentang bagaimana bangunan sebenarnya akan terlihat. Hal ini dapat mengurangi jumlah pengeluaran dengan menghilangkan pemborosan bahan konstruksi, membantu mengurangi kesalahan dan kelalaian sehingga akan mengurangi pengerjaan ulang.

Model BIM saat dibuat sebagai ilustrasi grafis dapat membantu mengidentifikasi potensi kegagalan, kebocoran, rencana evakuasi, dan lain sebagainya. BIM juga dapat memperkirakan biaya yang dibutuhkan. Jumlah material secara otomatis dapat diketahui dan diubah sesuai dengan perubahan yang dilakukan dalam model.

Penggunaan BIM menghasilkan produktivitas yang lebih tinggi dan mengurangi terjadinya kesalahan. Objek yang dibuat menggunakan BIM didefinisikan sebagai elemen bangunan, seperti dinding, ruang, balok, kolom, dan lain sebagainya. BIM dapat digunakan untuk mendemonstrasikan seluruh siklus hidup bangunan dari mulai konstruksi hingga pengoperasian fasilitas. Teknologi BIM juga membantu memeriksa bentrokan dan tabrakan saat model BIM dibuat dalam ruang 3D, misalnya dapat memeriksa tabrakan antara pipa dan balok baja, dinding atau saluran.

Fungsi BIM pada konstruksi merupakan jawaban dari keinginan para profesional di dunia konstruksi. Jika sebelumnya kita hanya mengenal sebuah desain berupa 2D dan 3D saja, maka dengan BIM dimensinya mencapai 7D. Adapun untuk 2D berupa gambar desain saja, 3D berupa deteksi benturan dan *rendering* sampai dengan 3D *printing* jika diperlukan, 4D berupa penjadwalan, 5D berupa data volume dan biaya, 6D berupa data tentang analisis energi, dan yang terakhir 7D berupa data yang dibutuhkan untuk perawatan gedung.





Gambar 4.9 Dimensi BIM

Sumber: binamarga.pu.go.id/Admin (2020)



Aktivitas Kelompok 4.2

Untuk menambah pemahaman kalian tentang BIM, perhatikan video di bawah ini dengan saksama!



<https://www.youtube.com/watch?v=eCAk98HNoyk>

Sumber: Rangkuman Teknik Sipil (2020)

Bentuklah kelompok yang beranggotakan maksimal 4 orang, kemudian tuliskan hasil yang kalian peroleh dari video tersebut dan presentasikan di depan kelas!

C. Menganalisis Dampak Potensial Benturan (*Clash Detection*) pada Konstruksi

Salah satu kelebihan dari aplikasi BIM adalah dapat menganalisis dampak potensial benturan atau dalam BIM dikenal dengan istilah *clash detection*. *Clash* atau benturan terjadi apabila elemen-elemen dari model-model berbeda mendiami sebuah ruang yang sama. Sebuah *clash* dapat berbentuk:

- Geometrik (misalnya pipa yang melewati/menjebol dinding).
- Penjadwalan (misalnya penahapan yang rencananya akan dilakukan secara bertahap ternyata dilaksanakan bersamaan).
- Adanya perubahan yang tidak tergambarkan.

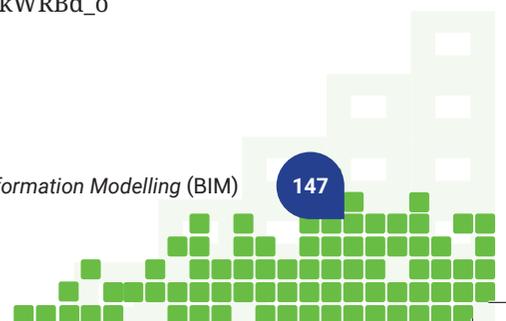
Pengecekan terhadap bentrok dapat dilakukan tanpa menggunakan BIM. Akan tetapi, pengerjaannya memerlukan waktu yang lama karena harus melakukan *overlay* beberapa gambar untuk melihat adanya konflik. Dengan menggunakan BIM, proses pengecekan akan berjalan efektif dan menghemat waktu karena BIM mempunyai sistem deteksi bentrok yang berjalan secara otomatis. Secara umum, *clash detection* (deteksi benturan) atau *clash test* bertujuan untuk mengidentifikasi, meninjau, dan melaporkan adanya gangguan dalam suatu model proyek pada tahap desain dan prakonstruksi.

Untuk lebih memahami tentang *clash detection*, silakan kalian pindai kode QR di bawah ini dan masuk ke dalam tautannya, lalu perhatikan videonya dengan saksama.



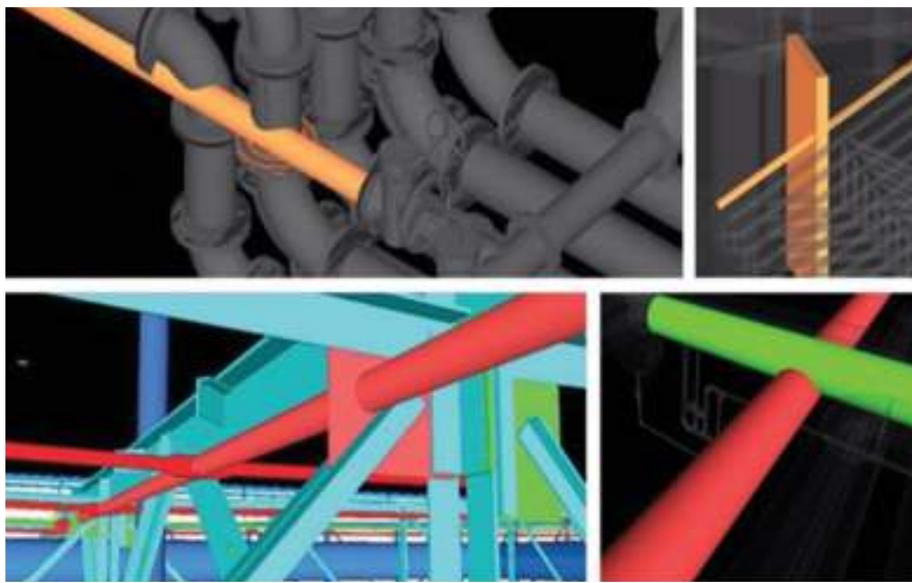
https://www.youtube.com/watch?v=iRylkWRBd_o

Sumber: BuildingPoint Pacific (2022)



Clash detection atau potensi dampak benturan pada BIM ini sangat bermanfaat, baik sebelum bangunan dikerjakan, saat pengerjaan bangunan, ataupun ketika bangunan tersebut sudah digunakan. Hal ini dapat meminimalkan risiko terjadinya kesalahan, terutama yang disebabkan karena faktor manusia yang mungkin saja terjadi dalam tahap konstruksi. Pekerjaan ini perlu dilakukan melalui proses penggabungan berbagai model yang berasal dari berbagai disiplin ilmu yang berkaitan dengan konstruksi, di antaranya arsitektur, struktur, manajemen proyek dan atau Mekanikal Elektrikal dan Perpipaan (MEP).

Kesalahan yang timbul tidak hanya dapat dilihat dari kondisi langsung di lapangan, tetapi juga dapat dilihat secara virtual. Proses ini bahkan dapat melihat benturan objek di dalam objek, contohnya seperti yang terdapat pada video di atas, yaitu bagaimana ada benturan antara pipa dan beton. Dengan adanya *clash detection* akan membantu menurunkan biaya, meminimalkan perubahan jadwal pembangunan, dan lain sebagainya.



Gambar 4.10 *Clash Detection*

Sumber: schmidt-arch.com/Schmidt Associate (2017)

D. Menyimulasikan Dampak Potensial Benturan (*Clash Detection*) pada Konstruksi

Clash detection atau deteksi benturan pada penggunaan BIM bidang konstruksi dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu:

1. Benturan keras (*hard clash*)

Benturan keras terjadi ketika dua benda menempati ruang yang sama, baik sebagian ruang atau keseluruhan. Contohnya, pipa melewati dinding yang mana tidak ada jalur untuk memisahkannya.

2. Benturan lembut (*clearance/soft clash*)

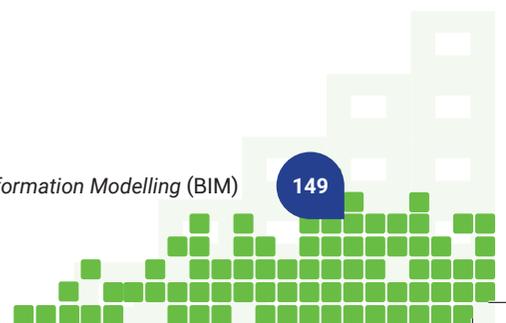
Benturan lembut adalah benturan yang masih dapat ditoleransi, misalnya bagian penyangga antara komponen yang tersisa disediakan untuk ke depannya pada saat pemeliharaan.

3. Benturan alur kerja (*workflow clash*)

Benturan ini lebih kepada manajemen proyek, di mana bentrokan ini terjadi penjadwalan tenaga kerja, pengiriman material/materialisasi pengiriman benturan, dan masalah waktu lainnya.

Salah satu kelebihan menggunakan aplikasi pendukung BIM, yaitu kita dapat menyimulasikan desain perencanaan ke proses pembangunan, bahkan sebelum pembangunan dilaksanakan. Dengan adanya proses simulasi ini, kita dapat mendeteksi masalah-masalah yang akan timbul sebelum bangunan tersebut dikerjakan.

Simulasi penggunaan teknologi *Building Information Modeling* (BIM) sudah dikenal dari tahun 2003 di Amerika Serikat. *Building Information Modeling* (BIM) di Amerika Serikat dimulai dengan meluncurkan 9 proyek percobaan yang dilakukan oleh *General Service Administration* (GSA). Selanjutnya pada tahun 2006 sudah mulai menggunakan alat bantu seperti alat pemindai laser terhadap bangunan dan menggunakan data yang dihasilkan untuk membuat model *BIM as-built* dari bangunan tersebut. Dengan konsep ini, bangunan dapat secara optimal melihat potensi udara dan pencahayaan alami.



Dengan menerapkan *Building Information Modeling* (BIM) ini, kita dapat melihat rencana bangunan sebelum dibangun dengan menggunakan simulasi sehingga dampak benturan dapat diminimalkan sebelum pembangunan dilaksanakan. Pada BIM kita juga dapat melihat dampak dari bangunan jika terjadi kondisi bencana.

Salah satu teknologi untuk mengantisipasi terjadinya bencana, yaitu teknologi *virtual reality*. Teknologi ini biasanya dikenal pada industri *game* atau permainan digital untuk menciptakan simulasi perilaku manusia di dalam model virtual. Melalui simulasi tersebut, model *Building Information Modeling* (BIM) akan diisi oleh manusia virtual yang memiliki kemampuan untuk berjalan, berlari, atau mencari pintu keluar terdekat. Melalui simulasi ini juga akan diperoleh pola pergerakan dan waktu yang dibutuhkan pengguna untuk menyelamatkan diri ketika terjadi bencana pada bangunan yang dirancang.

Untuk memahami penerapan simulasi BIM pada penggunaan alat *virtual reality*, silakan kalian pindai kode QR di bawah ini dan masuk ke dalam tautanya, lalu perhatikan videonya dengan saksama.



<https://www.youtube.com/watch?v=rF47qxVaBEE>

Sumber: *Bim Indo* (2022)



Aktivitas Kelompok 4.3

Untuk menambah pemahaman kalian tentang BIM, silakan kalian pindai kode QR di bawah ini dan perhatikan videonya dengan saksama!

Pindai



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

Sumber: M. Mirza Abdillah Pratama (2022)

Bersama kelompok kalian, jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini!

1. Ada berapa *clash detection* pada video tersebut?
2. Apa yang dimaksud dengan *hard clash*?
3. Apa yang dimaksud dengan *soft clash*?
4. Apa yang dimaksud dengan *workflow clash*?
5. Apakah keuntungan dari *clash detection*?



Rangkuman

1. Aplikasi pendukung sistem atau metode *Building Information Modelling* (BIM) banyak jenisnya, baik aplikasi di bidang arsitektur, struktur, manajemen proyek, ataupun mekanikal elektrik dan perpipaan. Semua aplikasi tersebut dapat berkolaborasi satu sama lain melalui teknologi BIM sehingga memudahkan koordinasi dan mempercepat proses sebuah desain.
2. Fungsi BIM pada konstruksi tidak hanya digunakan saat perencanaan saja dan tidak hanya satu bidang, melainkan mencakup hampir seluruh bidang yang ada pada konstruksi,



- mulai dari perencanaan, pelaksanaan, perawatan, sampai dengan sepanjang siklus hidup bangunan tersebut.
3. Dengan menggunakan BIM, analisis dampak potensi yang terjadi pada konstruksi dapat diketahui terlebih dahulu sebelum pelaksanaan sehingga dapat meminimalkan kesalahan di lapangan.
 4. Analisis dampak potensi yang terjadi pada konstruksi dapat disimulasikan menggunakan teknologi yang mendukung BIM. Salah satu teknologinya adalah *virtual reality*.



Asesmen



Asesmen Mandiri 4.1

Setelah membandingkan berbagai macam aplikasi pendukung BIM, silakan kalian cari dan unduh salah satu aplikasi pendukung BIM bidang arsitektur untuk versi gratis atau versi pelajar. Setelah itu, periksa spesifikasi perangkat keras pendukung yang dapat menjalankan aplikasi tersebut, lalu jika kalian memiliki komputer pribadi silakan pasang pada komputer kalian sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan!



Asesmen Kelompok 4.2

Buatlah kelompok yang masing-masing terdiri dari 4 orang. Selanjutnya, diskusikan tentang analisis dan simulasi pada BIM, lalu presentasikan hasil diskusi kalian!



Pengayaan

Bagi peserta didik yang telah menyelesaikan asesmen di atas, buatlah kesimpulan dari beberapa hal berikut ini.

1. Apa saja kelebihan dan kekurangan menggunakan BIM pada bidang desain pemodelan dan informasi bangunan?
2. Menurut kalian, apakah BIM sudah mendukung revolusi industri 4.0? Jelaskan alasannya!
3. Apakah BIM wajib diterapkan pada seluruh bidang konstruksi?



Refleksi

Merefleksikan hasil belajar Bab 4 untuk mengetahui topik yang sudah berhasil dipahami dengan baik dan yang perlu dikuasai lebih lanjut.

Selamat! Kalian sudah selesai mempelajari Bab 4. Tentu banyak yang sudah kalian pelajari dan pahami.

Tandai kegiatan yang sudah kalian lakukan atau pengetahuan yang kalian pahami dengan memberi tanda centang (✓). Pada kolom “Masih Perlu Belajar Lagi”, tuliskan topik yang ingin kalian pelajari lebih lanjut!

No.	Capaian Pembelajaran	Sudah Memahami	Masih Perlu Belajar Lagi	Catatan
1.	Saya mampu mengetahui macam-macam aplikasi pendukung BIM pada bidang konstruksi			



No.	Capaian Pembelajaran	Sudah Memahami	Masih Perlu Belajar Lagi	Catatan
2.	Saya mampu mendeskripsikan fungsi BIM pada bidang konstruksi			
3.	Saya mampu memilih aplikasi BIM sesuai dengan bidang arsitektur, struktur, manajemen konstruksi, ataupun mekanikal elektrik dan perpipaan			
4.	Saya mampu mengetahui metode yang digunakan BIM untuk mensimulasikan dampak potensi pada konstruksi sebelum dilakukan pembangunan			

Hitunglah persentase penguasaan materi kalian menggunakan rumus berikut.

$$\frac{\text{Jumlah materi yang kalian kuasai}}{\text{Jumlah seluruh materi}} \times 100\%$$

- Jika 70-100% materi di atas sudah dikuasai, kalian dapat meminta kegiatan pengayaan kepada guru.

- Jika materi yang dikuasai masih di bawah 70%, kalian dapat mendiskusikan kegiatan remedial yang dapat dilakukan bersama guru kalian.

Jurnal Membaca



Pada bagian ini, kalian dapat memilih buku untuk dibaca sebagai bagian dari kegiatan jurnal membaca. Pilihlah salah satu dari beberapa alternatif buku atau karya tulis tentang *Building Information Modelling* (BIM) di bawah ini. Lengkapi formulir 'Jurnal Membaca' yang disediakan sebagai tindak lanjut dari kegiatan membaca ini.

Pilihlah salah satu karya dari beberapa karya berikut yang dapat kalian jadikan alternatif pada kegiatan jurnal membaca Bab 4!

No.	Judul	Penulis	Jenis Karya	Penerbit	Sumber Daring
1.	Apa itu BIM (<i>Building Information Modelling</i>)?	Admin Pendidikan teknik Bangunan, Universitas Padang	Artikel		
2.	Pengertian <i>Building Information Modelling</i> (BIM)		Jurnal		



Lengkapilah formulir 'Jurnal Membaca' berikut ini sebagai tindak lanjut kegiatan membaca salah satu karya yang direkomendasikan di atas. Gunakan formulir berbeda untuk setiap buku!

JURNAL MEMBACA

Hari/tanggal :

Nama :

Kelas :

Judul Buku :

Penulis :

Penerbit :

Tahun :

Pilihlah salah satu kegiatan dari dua alternatif kegiatan berikut untuk menindaklanjuti buku yang telah kalian baca.

1. Buatlah infografik dari bab yang kalian sukai.
2. Sebutkan bab atau subbab yang kalian sukai dan berikan alasannya.

Menurut pendapatku,

.....

.....

.....

.....

.....

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan
untuk SMK/MAK Kelas X

Penulis: K. Waskitaningtyas dan Eko Supriyanto

ISBN: 978-623-194-527-3 (PDF)

Bab
5

Perhitungan Statika Bangunan

Pernahkah kalian melihat pekerjaan konstruksi sebuah gedung?
Menurut kalian, mengapa konstruksi gedung tinggi seperti pada
gambar di atas tetap dapat berdiri kukuh?



Tujuan Pembelajaran



Pada bab ini, kalian akan mempelajari tentang elemen dan perhitungan kesetimbangan gaya pada struktur bangunan gedung. Kalian juga akan mempelajari perhitungan gaya batang pada rangka sederhana agar kalian dapat melakukan perhitungan pekerjaan konstruksi bangunan dengan baik.



Peta Konsep



Kata Kunci

Struktur bangunan, elemen struktur, beban, kesetimbangan gaya, gaya batang, rangka sederhana, kayu, baja, beton.



Perhatikan gambar di atas dan jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini!

1. Bangunan apakah pada gambar di atas? Menurut kalian, apa fungsi bangunan gedung tersebut?
2. Apa nama struktur bangunan pada bagian paling bawah (A)?
3. Apa nama struktur bangunan tempat genteng dipasang?
4. Menurut kalian, mengapa bagian bangunan yang berbentuk segitiga tersebut tidak runtuh? Berikan alasannya!

A. Mendeskripsikan Elemen-Elemen Struktur Bangunan

1. Bagian-Bagian Struktur Utama Bangunan

Salah satu target dari tujuan pembangunan berkelanjutan adalah akses perumahan yang layak, aman, dan terjangkau bagi masyarakat. Bangunan rumah yang layak huni dan aman perlu ditopang oleh struktur bangunan yang memadai agar bangunan tersebut kuat, stabil, dan tidak mudah runtuh saat adanya tantangan kondisi alam, misalnya gempa, angin, dan lain sebagainya. Struktur bangunan adalah



susunan atau rakitan dari elemen-elemen struktur yang membentuk satu kesatuan dan mampu menjaga kekukuhan bangunan tersebut. Elemen-elemen struktur tersebut bekerja secara bersama-sama untuk menyalurkan beban yang diterimanya sampai ke tanah keras.

Rumah atau bangunan gedung sederhana mempunyai struktur utama bangunan tertentu. Struktur utama bagian bawah terletak di dalam tanah, yaitu fondasi. Struktur utama yang terletak di atas tanah, antara lain *sloof*, pelat lantai, balok, kolom, dan atap.

a. Fondasi

Fondasi adalah bagian struktur yang akan meneruskan beban dari bagian struktur atas ke tanah. Struktur fondasi dibangun di atas tanah keras agar bentuknya tidak berubah sehingga tetap dapat menjaga kestabilan bangunan di atasnya. Selain mendukung beban bangunan itu sendiri, fondasi juga harus mampu mendukung gaya-gaya luar yang diterima oleh bangunan tersebut. Dari segi instalasi atau konstruksi, fondasi adalah struktur bangunan yang dibangun terlebih dahulu. Setelah pembangunan rumah atau gedung selesai, fondasi tidak tampak lagi.

Berdasarkan kedalamannya, terdapat dua jenis fondasi, yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam.

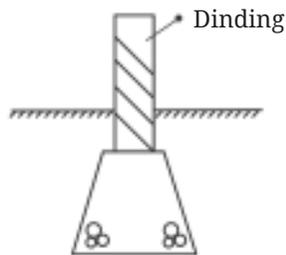
1) Fondasi Dangkal

Fondasi dangkal diaplikasikan di atas lapisan tanah keras yang kedalamannya tidak lebih dari 3 m.

Jenis-jenis fondasi dangkal sebagai berikut.

a) Fondasi Lajur

Fondasi lajur disebut juga fondasi menerus. Bentuk fondasi lajur adalah memanjang. Desain fondasi menerus dapat membantu menjaga kestabilan tanah yang kurang baik. Fondasi menerus lebih sering digunakan untuk meneruskan beban yang bentuknya memanjang, seperti dinding. Fondasi jenis ini dapat menggunakan material batu kali atau beton.



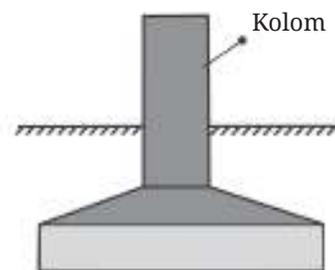
Gambar 5.1 Fondasi Lajur Batu Kali



Gambar 5.2 Fondasi Lajur Beton

b) Fondasi Telapak

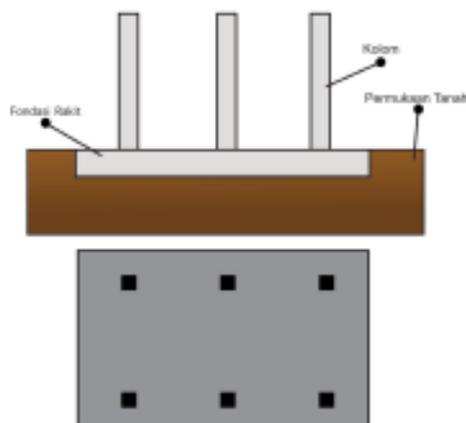
Sesuai dengan bentuknya yang seperti telapak, fondasi yang dibangun langsung di bawah sebuah kolom ini disebut fondasi telapak. Bahan bangunan yang digunakan untuk fondasi telapak adalah beton. Bentuk penampang melintang dan struktur fondasi telapak dapat berupa empat persegi panjang atau trapesium.



Gambar 5.3 Fondasi Telapak

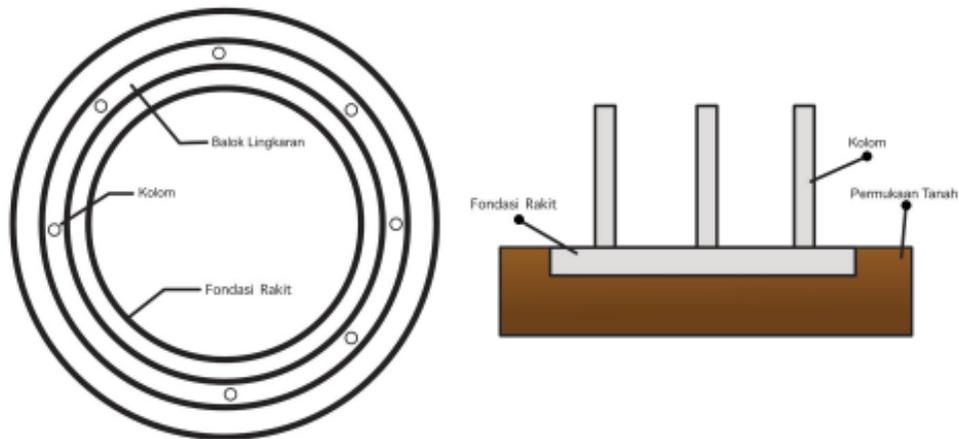
c) Fondasi Rakit

Fondasi rakit berbentuk pelat beton yang melebar dan mendasari seluruh bagian bangunan. Beban struktural bangunan diteruskan ke tanah melalui pelat lebar tersebut. Fondasi rakit dapat berbentuk segi empat, persegi panjang, atau lingkaran.



Gambar 5.4 Fondasi Rakit Persegi Panjang





Gambar 5.5 Fondasi Rakit Lingkaran

2) Fondasi Dalam

Fondasi dalam digunakan ketika daya dukung (*bearing capacity*) tanah rendah. Untuk kondisi seperti ini, beban struktur bangunan diteruskan ke tanah melalui struktur berbentuk vertikal yang disebut tiang (*pile*). Kedalaman tiang yang digunakan sebagai fondasi jauh lebih panjang dari diameter atau lebar penampang tiang.

Jenis-jenis fondasi dalam sebagai berikut.

a) Fondasi Tiang Pancang

Tiang pancang adalah tiang yang digunakan sebagai struktur bangunan bagian bawah, yaitu fondasi. Tiang pancang akan dimasukkan ke dalam tanah dengan cara pemancangan. Tiang pancang berfungsi sebagai fondasi, yaitu meneruskan beban struktur bangunan atas ke tanah secara vertikal. Sebelum digunakan sebagai tiang pancang, tiang tersebut disiapkan sesuai dengan desain kekuatan yang cukup untuk menerima beban dari struktur bangunan atas. Ditinjau dari segi material yang digunakan, tiang pancang dapat terbuat dari kayu, baja, beton, maupun komposit.



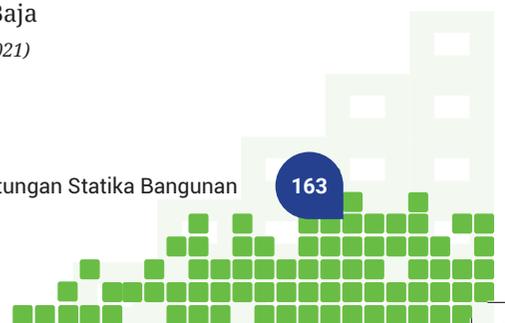
Gambar 5.6 Tiang Pancang dari Kayu

Sumber: [twitter.com/Kementerian PUPR](https://twitter.com/Kementerian_PUPR) (2021)



Gambar 5.7 Tiang Pancang dari Baja

Sumber: [twitter.com/Kementerian PUPR](https://twitter.com/Kementerian_PUPR) (2021)





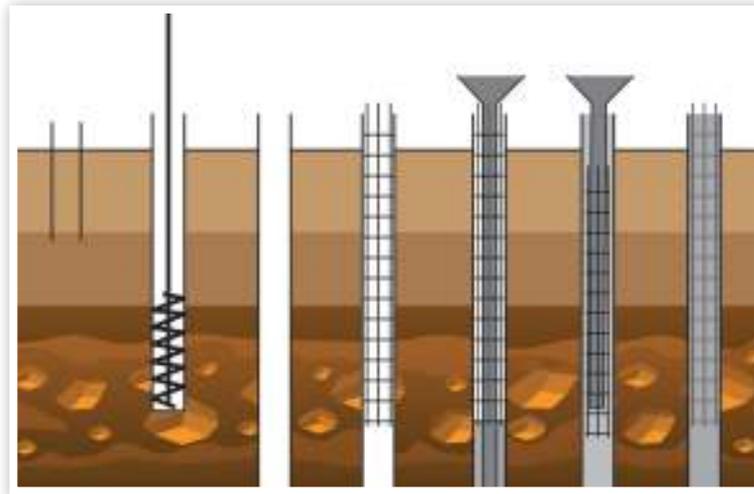
Gambar 5.8 Tiang Pancang dari Beton

Sumber: [twitter.com/Kementerian PUPR](https://twitter.com/Kementerian_PUPR) (2021)

b) Fondasi *Bored Pile*

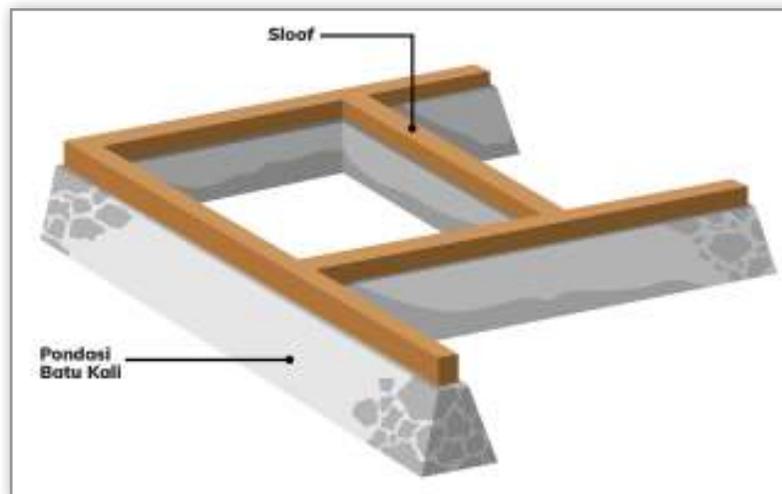
Fondasi *bored pile* adalah fondasi dalam yang tiang fondasinya dibuat dari lubang dengan menggunakan bor kemudian diisi dengan beton bertulang. Berbeda dengan tiang pancang yang dapat dibuat terlebih dahulu (*precast*) sebelum digunakan, fondasi *bored pile* dibuat di tempat (*in situ*). Titik lokasi fondasi yang telah ditentukan akan dibor terlebih dahulu sampai ke titik kedalaman tanah yang akan dicapai. Setelah memasukkan tulangan beton, pengecoran beton dilakukan.

Fondasi *bored pile* lebih disukai untuk pengerjaan fondasi yang lokasinya di kawasan cukup padat bangunan. Hal ini dikarenakan dampak getaran dari kegiatan pengeboran lubang fondasi lebih kecil dibandingkan dengan kegiatan pemancangan.



Gambar 5.9 Fondasi *Bored Pile*

b. *Sloof*



Gambar 5.10 Pengerjaan *Sloof*

Sloof disebut juga balok pengikat yang terletak di atas fondasi. Saat bangunan rumah atau gedung selesai dibangun, elemen struktur *sloof* atau balok pengikat ini tidak terlihat lagi.

Selain menerima beban dinding, *sloof* juga mengikat kolom-kolom bangunan agar tetap kukuh saat terjadi pergerakan tanah. Balok pengikat ini biasanya terbuat dari beton bertulang.



c. Pelat Datar



Gambar 5.11 Pelat Datar

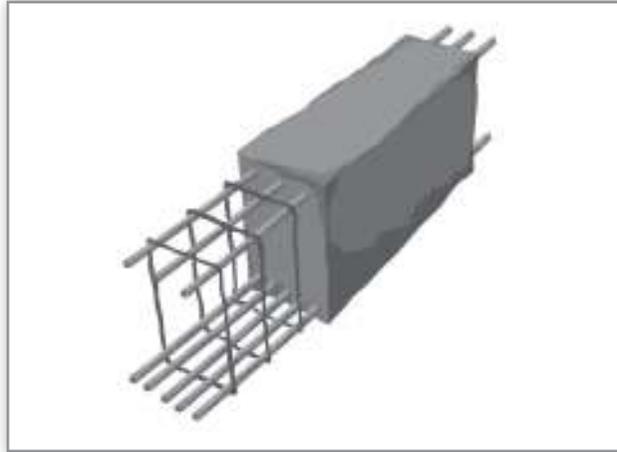
Pelat datar merupakan elemen struktur horizontal yang berbentuk datar. Beban pada pelat akan disalurkan ke sistem struktur pendukungnya. Pelat datar dapat berfungsi sebagai pelat lantai atau kantilever. Pelat yang dibangun pada lantai sebuah bangunan biasanya disebut pelat lantai.

Kantilever adalah sebuah elemen struktur yang salah satu ujungnya terikat atau mendapat tumpuan jepit. Dari segi bentuknya, pelat datar mempunyai ketebalan yang jauh lebih kecil dibandingkan panjang dan lebar pelat. Dilihat dari bahan pembentuknya, pelat lantai dapat terbuat dari beton bertulang maupun baja.



Gambar 5.12 Pelat Kantilever

d. Balok



Gambar 5.13 Balok

Balok merupakan suatu elemen struktur horizontal. Balok menghubungkan kolom satu dengan kolom lainnya sehingga kolom-kolom dalam sebuah struktur bangunan menjadi kaku. Hal ini membuat kolom-kolom tersebut terikat menjadi satu kesatuan saat bereaksi dengan beban yang diterimanya.

Balok berfungsi menjaga kolom agar tidak berubah bentuk saat terjadi pergerakan akibat beban yang diterima. Selain itu, balok juga berfungsi untuk memperkuat elemen struktur pelat datar. Balok dengan fungsi seperti ini biasanya disebut balok anak. Seperti pelat datar, balok yang hanya bertumpu pada salah satu ujungnya disebut balok kantilever.

e. Kolom

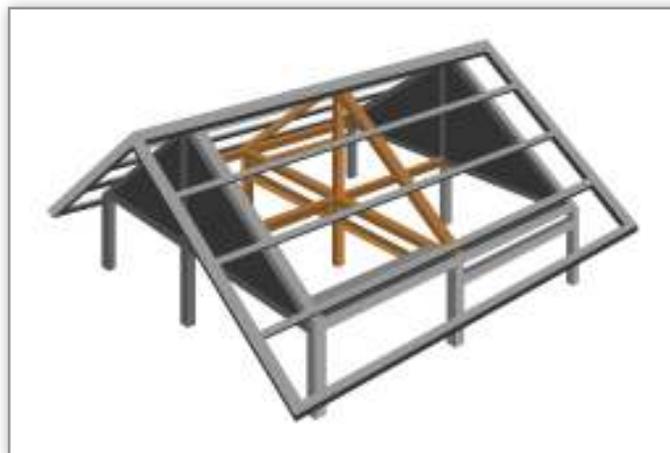
Kolom merupakan elemen struktur vertikal. Beban aksial yang diterima kolom akan diteruskan melalui fondasi hingga mencapai tanah keras. Kolom merupakan elemen struktur yang meneruskan semua beban, mulai dari yang diterima oleh atap bangunan, pelat, dinding, maupun beban luar, seperti beban angin. Berbeda dengan balok yang penampangnya berbentuk segi empat, bentuk penampang kolom dapat berupa segi empat atau lingkaran.





Gambar 5.14 Kolom

f. Rangka Atap



Gambar 5.15 Rangka Atap

Rangka atap adalah elemen struktur yang menerima beban atap termasuk semua struktur penopangnya, yaitu usuk (kasau), gording, atau reng. Beban luar seperti beban angin dan beban hujan juga akan ditopang oleh rangka atap. Fungsi lainnya dari rangka atap adalah meneruskan semua beban atap, baik beban sendiri maupun beban dinamis yang diterima ke struktur bangunan di bawahnya.

Desain rangka atap menggunakan konfigurasi yang tersusun dari bentuk segitiga karena bentuk segitiga lebih stabil saat mengalami pembebanan.

2. Jenis-Jenis Bahan Bangunan

Elemen struktur bangunan dapat dikonstruksi dari bahan bangunan yang berbeda-beda. Bahan bangunan yang umum digunakan adalah beton, baja, dan kayu.

a. Beton

Beton terbuat dari campuran semen, pasir, kerikil, dan air dengan perbandingan campuran yang sudah ditentukan. Rasio perbandingan masing-masing bahan pada beton akan memengaruhi kekuatan struktural beton. Bahan campuran beton, yaitu pasir dan kerikil umumnya mudah diperoleh dan harganya terjangkau sehingga harga bahan bangunan dari beton relatif lebih murah dibandingkan baja.

Selain itu, beton tahan terhadap serangan hama, tidak berkarat, dan tidak mudah terbakar sehingga perawatannya lebih murah. Pengangkutan beton cair ke lokasi konstruksi juga sudah lebih mudah. Keuntungan bahan struktur beton lainnya, yaitu dapat dibentuk sesuai kebutuhan.



Gambar 5.16 Aplikasi Beton pada Rumah Tinggal

Sumber: K. Waskitaningtyas (2022)

b. Baja

Berbeda dengan besi, baja terbuat dari besi dengan campuran karbon. Selain sebagai material struktur utama, baja juga digunakan sebagai material struktur pendukung pada beton bertulang. Beberapa bangunan terkenal di dunia yang menggunakan baja sebagai material struktur pembentuknya, antara lain Empire State Building di New York, Amerika Serikat dan Burj Khalifa di Dubai, Uni Emirat Arab. Struktur baja digunakan pada bagian puncak menara (*spire*) Burj Khalifa setinggi 242,6 m. Di Indonesia terdapat Bandara Domine Eduard Osok (DEO) di Sorong, Papua yang dikonstruksi menggunakan baja. Pembangunan bandara DEO berlangsung selama 5 tahun sejak tahun 2011 dan selesai tahun 2016.



Gambar 5.17 Bandara Domine Eduard Osok di Sorong, Papua

Sumber: kumparan.com/Yanti (2022)

Dibandingkan beton, baja lebih lentur dan lebih ringan. Baja juga tahan terhadap serangan rayap sehingga sering digunakan sebagai pengganti rangka atap yang terbuat dari kayu. Baja dapat berkarat dan mengalami deformasi (perubahan bentuk) jika terbakar. Baja mempunyai kekuatan tarik yang tinggi sehingga baja digunakan sebagai material pendukung pada beton bertulang. Namun demikian, kekuatan tekan baja rendah.

Pengangkutan material baja ke lokasi konstruksi membutuhkan perencanaan rute perjalanan yang matang. Selain itu, perlu direncanakan tempat penyimpanan sementara di lapangan agar bahan-bahan bangunan dari baja tetap dalam kondisi yang baik dan tidak berkarat karena pengaruh cuaca.

c. Kayu

Kayu merupakan salah satu pilihan bahan atau material konstruksi bangunan gedung. Di Indonesia, beberapa jenis kayu yang dijadikan bahan konstruksi, antara lain kayu jati, kayu gaharu, kayu ulin, dan lain sebagainya. Saat ini, sudah banyak kayu rekayasa yang digunakan sebagai bahan konstruksi.

Kayu sebagai bahan konstruksi bangunan rumah sudah dikenal sejak dahulu di Indonesia. Rumah-rumah tradisional di Indonesia terbuat dari kayu. Hal ini dikarenakan pengerjaan kayu sebagai bahan bangunan dapat dilakukan dengan alat kerja yang cukup sederhana. Selain itu, pengangkutan kayu dari tempat kayu diperoleh menuju lokasi konstruksi bangunan rumah dapat dilakukan dengan lebih mudah. Keunggulan lainnya adalah berat kayu lebih ringan dibandingkan baja maupun beton bertulang sehingga berat total struktur bangunan lebih ringan. Hal ini membuat beban yang ditopang dan disalurkan oleh fondasi juga lebih ringan.

Kayu merupakan kekayaan hayati yang berasal dari alam sehingga dapat terurai dan tidak menghasilkan limbah. Selain itu, kayu mempunyai serat-serat kayu yang dapat diaplikasikan menjadi nilai tambah estetika suatu bangunan. Meskipun demikian, beberapa hal perlu dipertimbangkan saat menggunakan kayu sebagai bahan bangunan, di antaranya serangan rayap, dampak cuaca dan iklim, serta sifat kayu yang mudah terbakar.

Berikut ini salah satu contoh bangunan di Indonesia yang menggunakan kayu sebagai bahan konstruksi sekaligus sebagai karya arsitektur.





Gambar 5.18 Microlibrary Warak Kayu di Semarang, Jawa Tengah
 Sumber: floornature.es/KIE & Team (2020)



Aktivitas Kelompok 5.1

Menganalisis Elemen Struktur Bangunan

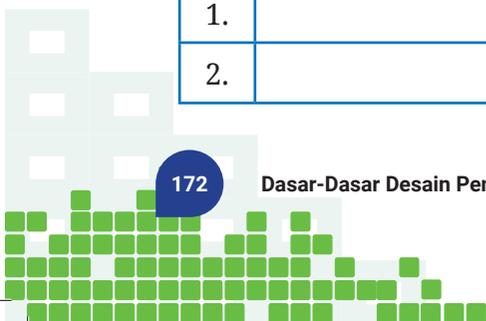
Bekerjalah secara berkelompok bersama 3-4 teman kalian. Lakukan survei di sekolah kalian tentang semua elemen struktur bangunan yang telah kalian pelajari. Amati bahan bangunan pembentuknya!

Gunakan formulir di bawah ini untuk melaporkan temuan atau hasil survei kelompok kalian. Sebutkan keuntungan pemilihan bahan bangunan berdasarkan pendapat kalian. Lampirkan foto dari elemen struktur yang kalian temukan untuk melengkapi formulir di bawah ini!

Menganalisis Elemen Struktur Bangunan

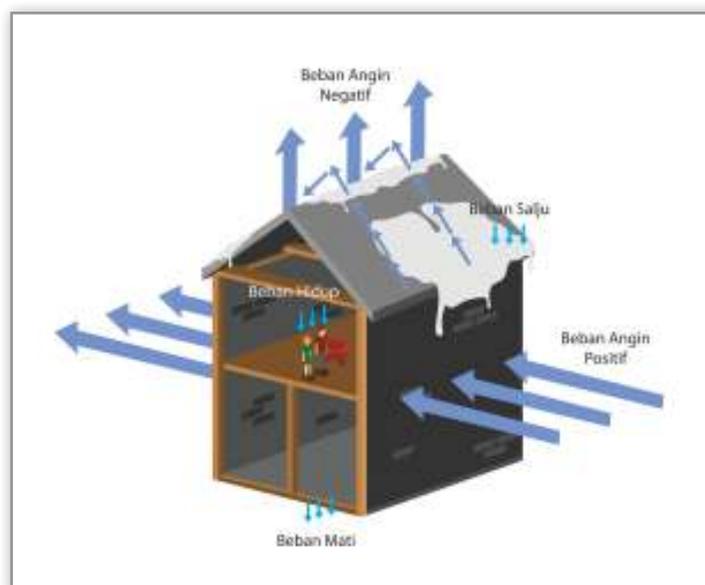
Nama :
 Kelompok :
 Kelas :
 Hari/Tanggal :

No.	Elemen Struktur	Bahan	Keuntungan	Foto
1.				
2.				



No.	Elemen Struktur	Bahan	Keuntungan	Foto
3.				
4.				
5.				
6.				

3. Beban pada Struktur Bangunan



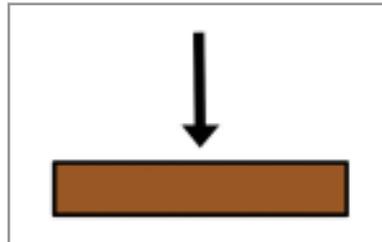
Gambar 5.19 Jenis beban pada bangunan gedung.

Struktur bangunan didesain untuk dapat memikul beban-beban yang memengaruhinya. Beban pada struktur bangunan dapat menimbulkan terjadinya tegangan, perubahan bentuk (deformasi), maupun pergeseran pada sebuah elemen struktur atau keseluruhan struktur bangunan. Untuk dapat mendesain kekuatan struktur sebuah bangunan sesuai pemanfaatannya, perlu dilakukan analisis struktur bangunan yang dapat menghitung dampak beban terhadap struktur bangunan. Dalam melakukan perhitungan struktur bangunan, perlu diketahui arah kerja dari gaya yang membebaninya.

Menurut arah kerja gayanya, jenis beban pada struktur bangunan sebagai berikut.

a. Beban Vertikal

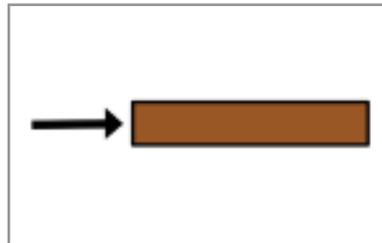
Beban yang bekerja tegak lurus pada suatu elemen struktur bangunan yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi disebut beban vertikal. Beban mati dan beban hidup merupakan contoh beban vertikal. Beban mati adalah jumlah dari berat seluruh elemen atau bagian suatu bangunan, termasuk komponen tambahan seperti peralatan atau *built-in furniture* yang bersifat permanen. Beban yang terjadi akibat penggunaan atau penghunian suatu bangunan maupun berat dari perlengkapan atau barang-barang yang dapat berpindah disebut beban hidup.



Gambar 5.20 Beban Vertikal

b. Beban Horizontal

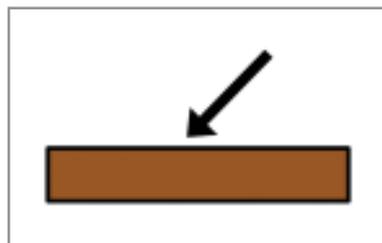
Berkebalikan dengan beban vertikal, beban horizontal adalah beban yang bekerja searah pergerakan tanah. Beban angin dan beban gempa merupakan contoh beban horizontal.



Gambar 5.21 Beban Horizontal

c. Beban Longitudinal

Beban yang diterima suatu struktur bangunan dengan kemiringan tertentu disebut beban longitudinal. Jenis beban longitudinal biasanya ditemui pada beban yang dihasilkan oleh pengereman kendaraan.



Gambar 5.22 Beban Longitudinal



Aktivitas Mandiri 5.2

Mengevaluasi Struktur Bangunan Tahan Gempa

Indonesia terletak di garis khatulistiwa dan dilewati oleh lingkaran cincin api yang juga disebut *ring of fire*. Hal ini menyebabkan kemungkinan terjadinya gempa di Indonesia cukup tinggi. Kondisi rawan gempa ini perlu dipertimbangkan saat melakukan desain maupun perhitungan struktur bangunan.

Simaklah kedua video di bawah ini, lalu jawablah pertanyaan yang tersedia!

Video 1: Rumah Unggul Sistem Panel Instan (RUSPIN)



<http://elearning.litbang.pu.go.id/teknologi/teknologi-ruspin>

Sumber: Kementerian PUPR (2019)

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat melalui Pusat Penelitian dan Pengembangan (Puslitbang) Permukiman (PUSKIM) telah menghasilkan teknologi inovasi, berupa teknologi konstruksi bangunan rumah tinggal dengan komponen yang kompak dan berukuran modular, serta menggunakan sistem bongkar pasang (*knock down*) yang dapat disediakan secara pabrikasi. Teknologi pertama dinamakan konstruksi Rumah Instan Sederhana Sehat (RISHA) yang telah dirilis pada 20 Desember 2004. Teknologi RISHA kemudian dikembangkan lebih lanjut. Pengembangan teknologi ini disebut dengan Rumah Sistem Panel Instan (RUSPIN) pada tahun 2013.

Teknologi RUSPIN adalah pengembangan dari teknologi RISHA. Teknologi RUSPIN ini merupakan perwujudan pembangunan rumah



dengan sistem modular, yaitu konsep yang membagi sistem menjadi bagian-bagian kecil (modul) dengan ukuran yang efisien agar dapat dirakit menjadi sejumlah besar produk yang berbeda-beda. Desain bangunan rumah dengan sistem modular ini dapat diubah-ubah atau dikembangkan sesuai dengan keinginan atau kebutuhan dari penghuninya.

Oleh karena menggunakan sistem modular, RUSPIN merupakan rumah *knock down* dengan proses pembangunan strukturnya menggabungkan panel-panel beton pracetak dengan baut sehingga pembangunan rumah ini dapat diselesaikan dalam waktu yang jauh lebih cepat. Selain ditujukan untuk pembangunan rumah bagi masyarakat, RUSPIN juga dapat digunakan untuk penanganan rumah pengungsi atau rumah darurat, dan pembangunan bangunan tidak permanen, seperti direksi kit.

Keunggulan RUSPIN, antara lain:

1. Sederhana

Panel struktur RUSPIN memiliki bentuk sederhana, baik dari ukuran maupun bahan bangunan. Panel struktur untuk RUSPIN hanya terdiri dari dua jenis.

2. Cepat

Perakitan RUSPIN dua lantai di lapangan memerlukan 7 orang tenaga kerja belum terampil. Waktu yang dibutuhkan, yaitu 4 hari untuk struktur lantai 1 dan 4 hari untuk struktur lantai 2, mulai dari penyiapan lahan sampai dengan *finishing*.

3. Fleksibel

Teknologi RUSPIN tidak hanya untuk rumah sederhana, tetapi dapat dikembangkan untuk rumah mewah, baik rumah satu lantai maupun dua lantai.

4. Kuat

Berdasarkan hasil pengujian simulasi numerik struktur RUSPIN dua lantai dengan desain konfigurasi pada tahun 2016, menunjukkan bahwa desain struktur RUSPIN dua lantai dapat digunakan di wilayah Denpasar yang merupakan wilayah gempa cukup berat.



5. Estetika

Tampilan luar baut dan pelat sambungan diminimalkan. Jumlah penggunaan panel kolom pada pertemuan ruang berkurang sehingga menghasilkan ruang yang lebih luas. Jumlah sambungan antarkomponen berkurang sehingga dapat menambah kecepatan pemasangan.

Video 2: Teknologi Litbang (Rumah Tahan Gempa)



<https://www.youtube.com/watch?v=t2ZH1tro53Q>

Sumber: *pupr_djck_ditbtpp* (2016)

Indonesia merupakan negara yang dilewati oleh cincin api (*ring of fire*), yaitu deretan pegunungan berapi yang aktif. Oleh karena itu, saat membuat bangunan gedung sangat disarankan untuk menggunakan desain bangunan gedung tahan gempa, baik untuk hunian maupun untuk bangunan lainnya. Desain bangunan tahan gempa adalah desain bangunan yang mampu meredam getaran gempa dan tahan terhadap keruntuhan struktur. Rancangan bangunan tahan gempa dapat meminimalisasi korban jiwa dan kerugian finansial akibat terjadinya gempa.

Pada desain bangunan tahan gempa, setidaknya terdapat 5 hal utama yang perlu diperhatikan, yaitu desain denah, fondasi, desain struktur, beton, dan beton bertulang. Beton terbuat dari campuran pasir halus, kerikil, semen, dan air. Beton bertulang adalah tulangan yang diselimuti oleh beton. Kedua bahan ini merupakan komponen penting untuk membuat desain bangunan gedung rumah tahan gempa. Menurut SNI 03-2847-2002, tulangan yang dapat digunakan sebagai elemen beton bertulang dibatasi hanya pada baja tulangan dan kawat baja saja. Fungsi utama baja tulangan adalah menahan beban tarik pada struktur beton bertulang. Keistimewaan beton adalah menahan beban tekan.



Setelah kalian menyimak kedua video di atas, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut!

1. Menurut kalian, apa yang dimaksud dengan bangunan tahan gempa?
2. Apa yang membuat bangunan tetap kukuh bahkan saat terjadi gempa? Jelaskan alasan kalian!
3. Sebutkan perbedaan campuran adukan plester untuk dinding sampai ketinggian 50 cm di atas tanah dengan plester untuk dinding dengan ketinggian 50 cm sampai ke balok atas (*ring*) seperti yang disebutkan pada Video 2!
4. Sebutkan perbedaan bangunan tahan gempa metode RUSPIN (Video 1) dan metode PUSKIM (Video 2)!

Komponen	Video 1 (RUSPIN)	Video 2 (PUSKIM)
Desain bangunan		
Metode konstruksi/ instalasi		
.....		
.....		

B. Menghitung Kesetimbangan Gaya pada Struktur Bangunan

Amati gambar beban pada konstruksi palang datar di bawah ini!



Dari gambar di atas, terlihat bahwa seorang anak sedang melakukan senam dan bergantung dengan tangannya berada pada palang datar.

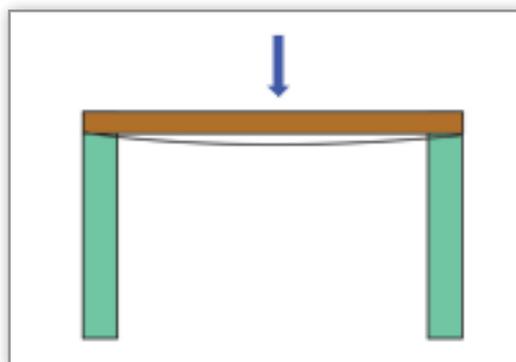
Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini!

1. Jika struktur alat senam di atas merupakan struktur bangunan gedung, menggambarkan elemen struktur apakah palang datar A dan tiang B1?
2. Apakah palang datar A akan melendut saat anak tersebut bergantung pada palang? Jelaskan alasan kalian!
3. Gaya apa sajakah yang akan diterima palang datar A?
4. Menurut kalian, saat anak tersebut bergantung, apakah palang datar A mengalami tarikan atau tekanan? Jelaskan alasan kalian!

Suatu struktur bangunan terdiri atas komponen-komponen struktur yang membentang dan komponen-komponen struktur yang tegak berdiri. Komponen struktur yang membentang dapat berupa balok atau rangka batang. Balok atau rangka batang akan bertumpu pada kolom. Namun, rangka batang dapat langsung bertumpu di atas tumpuan pada bangunan tertentu, seperti jembatan. Seperti pada gambar di atas, struktur balok pada sebuah bangunan diharapkan mampu bertahan dan tetap stabil saat menerima gaya-gaya yang diterimanya.

1. Jenis Gaya pada Struktur Bangunan

Adanya aksi gaya terhadap suatu struktur (gaya eksternal) akan menyebabkan adanya (reaksi) gaya internal di dalam struktur itu sendiri.

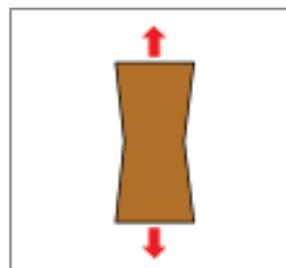


Gambar 5.23 Balok yang menerima beban.

Gaya internal atau gaya dalam yang biasanya terjadi ada lima, antara lain:

a. Gaya Tarik

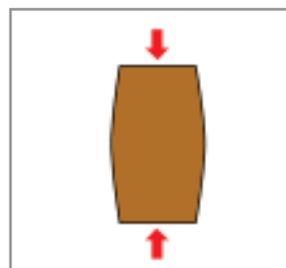
Gaya yang menarik elemen ke arah yang berlawanan dan cenderung membuat elemen terputus.



Gambar 5.24 Gaya Tarik

b. Gaya Tekan

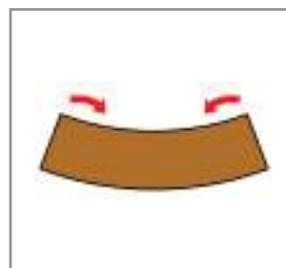
Gaya yang menekan elemen sehingga elemen memendek dan cenderung terjadi *buckling* (kehancuran tekuk).



Gambar 5.25 Gaya Tekan

c. Gaya Lentur

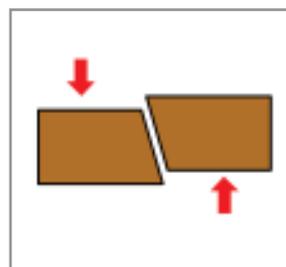
Gaya lentur terjadi saat sebuah elemen struktur mendapat beban transversal. Kondisi lentur terjadi jika sisi elemen yang mendapat beban dalam keadaan tertekan, sedangkan sisi sebaliknya dalam keadaan tertarik (memanjang).



Gambar 5.26 Gaya Lentur

d. Gaya Geser

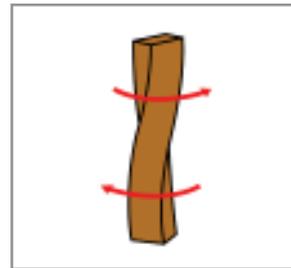
Gaya geser timbul saat terdapat gaya-gaya yang berlawanan arah menyebabkan suatu bagian elemen tergeser satu sama lain. Hal ini akan menimbulkan tegangan yang disebut tegangan geser. Pada umumnya, tegangan geser terjadi pada elemen struktur balok.



Gambar 5.27 Gaya Geser

e. Torsi

Torsi disebut juga puntir. Elemen yang mengalami torsi atau puntiran akan timbul gaya tarik dan tekan secara bersamaan.



Gambar 5.28 Torsi

2. Menyusun Gaya pada Balok Sederhana

Struktur bangunan terdiri dari elemen-elemen struktur yang menjadi satu kesatuan. Kestabilan suatu struktur bangunan dipengaruhi oleh kestabilan dari masing-masing elemen struktur. Oleh karena itu, dalam menghitung kekuatan suatu struktur bangunan dapat dilakukan pemodelan perhitungan dari masing-masing elemen struktur.

Seperti yang telah kalian pelajari di awal bab, beban yang diterima suatu elemen struktur akan diteruskan ke elemen struktur penopangnya. Selanjutnya, beban tersebut diteruskan sampai ke elemen struktur fondasi hingga akhirnya diteruskan ke tanah keras.

Pemodelan elemen struktur dilakukan dengan menentukan titik-titik hubung yang berfungsi sebagai tumpuan suatu bentang struktur. Dalam pemodelan struktur balok sederhana, tumpuan mewakili titik hubung antara balok tersebut dengan struktur penopangnya.

Semua titik hubung atau tumpuan harus memenuhi persamaan kesetimbangan dasar, yaitu resultan gaya sama dengan nol.

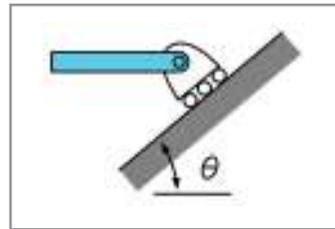
$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0 \quad \sum M_0 = 0$$

Jenis Tumpuan:

Untuk kepentingan perhitungan reaksi pada tumpuan, pemodelan tumpuan didasarkan pada pengamatan nyata dari gerakan reaksi pada titik sambungan tumpuan tersebut. Berikut tiga macam tumpuan untuk memodelkan kondisi tumpuan di lapangan.

1) Tumpuan Rol

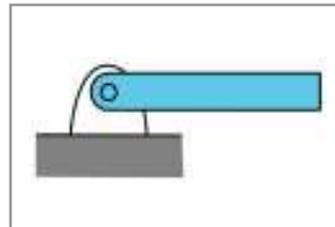
Penyaluran gaya hanya ke satu arah (vertikal) dan tidak meneruskan rotasi.



Gambar 5.29 Tumpuan Rol

2) Tumpuan Sendi

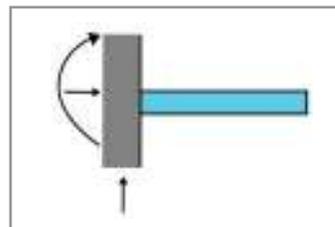
Penyaluran gaya ke lebih dari satu arah (vertikal dan horizontal) dan tidak meneruskan rotasi.



Gambar 5.30 Tumpuan Sendi

3) Tumpuan Jepit

Dapat meneruskan rotasi atau menahan momen. Penyaluran gaya ke lebih dari satu arah (vertikal dan horizontal).

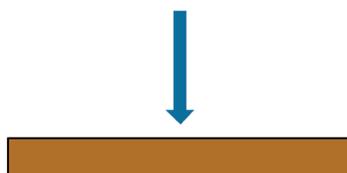


Gambar 5.31 Tumpuan Jepit

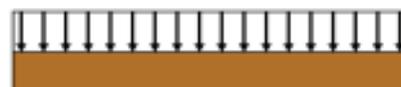
Gaya (F) adalah besaran usaha yang terjadi pada satu titik atau satu bidang. Satuan gaya adalah Newton atau kgf (*kilogram force*). Gaya termasuk besaran vektor karena gaya mempunyai besaran dan arah.

Jenis Beban pada Balok:

Terdapat dua jenis beban pada balok, yaitu beban terpusat dan beban terbagi rata.

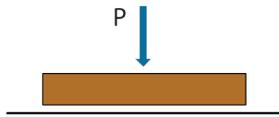


Gambar 5.32 Beban Terpusat



Gambar 5.33 Beban Terbagi Rata

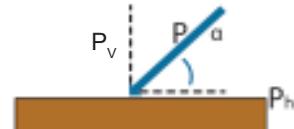
Berdasarkan arahnya, gaya dapat dibedakan menjadi gaya arah horizontal (datar), arah vertikal, dan gaya yang arahnya membentuk sudut. Dalam melakukan analisis, pemodelan gaya yang membentuk sudut diaplikasikan menjadi gaya vertikal dan horizontal.



Gambar 5.34 Gaya Arah Vertikal



Gambar 5.35 Gaya Arah Horizontal



Gambar 5.36 Gaya Arah Membentuk Sudut

Pada pembebanan dengan arah gaya yang membentuk sudut, beban tersebut perlu diuraikan menjadi beban arah horizontal dan beban arah vertikal terlebih dahulu.

$$P_v = P \cdot \sin \alpha$$

$$P_h = P \cdot \cos \alpha$$

3. Menghitung Kesetimbangan Gaya

Untuk mempertahankan kestabilan suatu struktur bangunan, diperlukan adanya kesetimbangan gaya. Hal ini akan tercapai jika aksi sama dengan reaksi (aksi = reaksi), seperti yang disebutkan dalam Hukum III Newton berikut.

Hukum III Newton: Aksi dan Reaksi

“Untuk setiap aksi (gaya) yang terjadi akan terdapat reaksi berlawanan arah yang sebanding (sama besarnya)”.

Pada subbab ini, kalian akan mempelajari tentang cara menganalisis kesetimbangan gaya pada balok sederhana.

Balok sederhana adalah sebuah elemen struktur batang yang perhitungan gaya reaksinya dapat diselesaikan dengan persamaan kesetimbangan gaya. Balok sederhana merupakan struktur statis yang mempunyai dua tumpuan, yaitu tumpuan sendi dan tumpuan rol.

Suatu balok sederhana yang dikenai suatu gaya, baik gaya tegak lurus maupun bersudut akan memberikan reaksi gaya geser (gaya lintang) dan gaya momen (momen lentur). Selain itu, balok sederhana yang dikenai gaya bersudut juga akan memberikan reaksi gaya normal (gaya aksial). Struktur balok sederhana akan mengalami lendutan akibat momen lentur.

Gaya Geser:

Gaya geser bekerja tegak lurus terhadap sumbu horizontal (memanjang) balok. Oleh karena dapat menimbulkan pergeseran pada penampang melintang balok, gaya ini juga disebut gaya lintang.

Gaya geser dinotasikan dengan D .

Reaksi vertikal pada tumpuan dinotasikan dengan V .

Jika V mengarah ke atas (↑), diberi tanda (+).

Jika V mengarah ke bawah (↓), diberi tanda (-).

Gaya Momen:

Gaya momen merupakan perkalian dari gaya luar (beban) maupun reaksi tumpuan dengan jarak masing-masing gaya tersebut terhadap titik yang ditinjau.

Gaya momen dinotasikan dengan M .

Reaksi momen pada tumpuan dinotasikan dengan M .

Jika M searah jarum jam (↻), diberi tanda (+).

Jika M berlawanan arah jarum jam (↺), diberi tanda (-).

Gaya Normal:

Gaya normal bekerja searah sumbu horizontal (memanjang) balok atau batang. Oleh karena itu, gaya normal juga disebut gaya aksial.

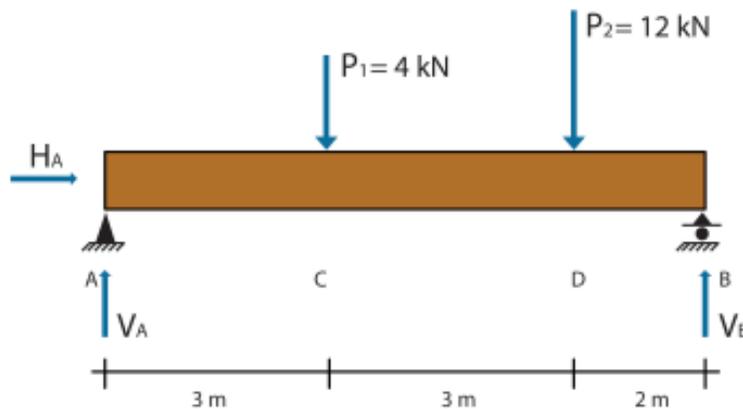
Gaya normal dinotasikan dengan N.

Reaksi horizontal pada tumpuan dinotasikan dengan H.

Jika H mengarah ke kanan (→), diberi tanda (+).

Jika H mengarah ke kiri (←), diberi tanda (-).

a. Balok Sederhana dengan Beban Terpusat



Gambar 5.37 Balok sederhana dengan beban terpusat.

Untuk mendapatkan gaya-gaya reaksi pada struktur seperti gambar di atas, lakukan langkah-langkah berikut.

1) Menghitung Reaksi pada Tumpuan

Balok sederhana adalah struktur elemen dalam keadaan setimbang statis. Oleh karena itu, untuk menghitung reaksi pada tumpuan dapat digunakan persamaan kesetimbangan gaya.

Tiga persamaan yang harus dipenuhi dalam kondisi setimbang statis, yaitu sebagai berikut.

$\Sigma F_h = 0$ → untuk resultan gaya-gaya horizontal

$\Sigma F_v = 0$ → untuk resultan gaya-gaya vertikal

$\Sigma M_0 = 0$ → untuk resultan momen gaya pada satu titik tumpuan

Dengan menggunakan tiga persamaan kesetimbangan di atas, dapat dihitung maksimum tiga hal (bilangan) yang belum diketahui. Untuk perhitungan ini, balok sederhana dimodelkan sebagai struktur dua dimensi.

Reaksi pada Tumpuan A:

V_A = reaksi gaya vertikal pada tumpuan A

H_A = reaksi gaya horizontal pada tumpuan A

M_B = momen pada titik tumpuan B

- Hukum kesetimbangan

$$\sum F_h = 0 \longrightarrow H_A = 0 \text{ kN}$$

- Resultan momen di tumpuan B

Momen adalah besarnya gaya dikalikan jarak gaya tersebut ke tumpuan yang ditinjau.

$$\sum M_B = 0$$

$$H_A \times l_{HA} + V_A \times l_{VA} - P_1 \times l_{P1} - P_2 \times l_{P2} = 0; \text{ di mana } l \text{ adalah jarak gaya tersebut ke tumpuan B}$$

$$(H_A \times 0) + (V_A \times 8 \text{ m}) - (P_1 \times 5 \text{ m}) - (P_2 \times 2 \text{ m}) = 0$$

$$(0 \times 0) + (V_A \times 8 \text{ m}) - (4 \text{ kN} \times 5 \text{ m}) - (12 \text{ kN} \times 2 \text{ m}) = 0$$

$$V_A \times 8 \text{ m} = 20 \text{ kNm} + 24 \text{ kNm}$$

$$V_A = \frac{44 \text{ kNm}}{8 \text{ m}}$$

$$V_A = 5,5 \text{ kN}$$

Reaksi pada Tumpuan B:

V_B = reaksi gaya vertikal pada tumpuan B

M_B = momen pada titik tumpuan B

- Resultan momen di tumpuan A

$$\sum M_A = 0$$

$$(V_B \times 8 \text{ m}) - (P_1 \times 3 \text{ m}) - (P_2 \times 6 \text{ m}) = 0$$

$$(V_B \times 8 \text{ m}) - (4 \text{ kN} \times 3 \text{ m}) - (12 \text{ kN} \times 6 \text{ m}) = 0$$

$$V_B \times 8 \text{ m} = 12 \text{ kNm} + 72 \text{ kNm}$$

$$V_B = \frac{84 \text{ kNm}}{8 \text{ m}}$$

$$V_B = 10,5 \text{ kN}$$

Kontrol Kesetimbangan:

Cek bahwa resultan gaya-gaya vertikal sama dengan nol.

- Hukum kesetimbangan

$$\sum F_v = 0$$

$$V_A + V_B - P_1 + P_2 = 0$$

$$5,5 \text{ kN} + 10,5 \text{ kN} - 4 \text{ kN} - 12 \text{ kN} = 0 \rightarrow \text{Hukum kesetimbangan terpenuhi.}$$

2) Menghitung Gaya Geser

Menghitung gaya geser pada penampang titik A, B, C, dan D.

$$D_A = V_A = 5,5 \text{ kN}$$

$$D_B = V_B = 10,5 \text{ kN}$$

$$D_C = V_A - P_1 = 5,5 \text{ kN} - 4 \text{ kN} = 1,5 \text{ kN}$$

$$D_D = V_A - P_1 - P_2 = 5,5 \text{ kN} - 4 \text{ kN} - 12 \text{ kN} = -10,5 \text{ kN}$$

3) Menghitung Gaya Momen

Menghitung gaya momen pada penampang titik A, B, C, dan D.

Titik A = tumpuan sendi

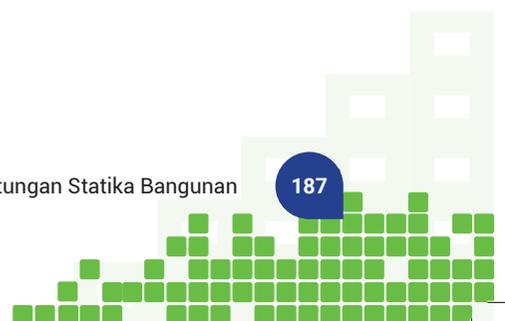
$$M_A = 0 \text{ kNm}$$

Titik B = tumpuan rol

$$M_B = 0 \text{ kNm}$$

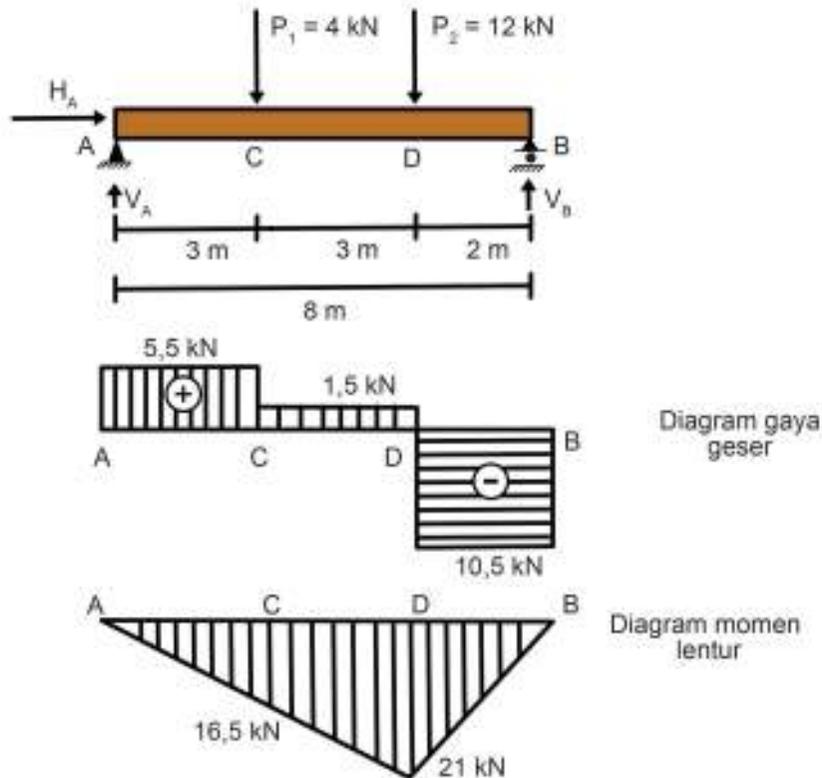
$$M_C = V_A \times \ell_{AC}$$

$$= 5,5 \text{ kN} \times 3 \text{ m} = 16,5 \text{ kNm}$$



$$\begin{aligned}
 M_D &= V_A \times l_{AD} - P_1 \times l_{CD} \\
 &= (5,5 \text{ kN} \times 6 \text{ m}) - (4 \text{ kN} \times 3 \text{ m}) \\
 &= 33 \text{ kNm} - 12 \text{ kNm} \\
 &= 21 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

4) Menggambar Diagram Gaya Geser dan Gaya Momen



Gambar 5.38 Diagram gaya geser dan gaya momen pada balok sederhana dengan beban terpusat.



Aktivitas Mandiri 5.3

Menghitung Kesetimbangan Gaya pada Balok Sederhana

Pada sebuah balok sederhana horizontal sepanjang 5 m, terjadi gaya aksi sebesar 10 kN yang membentuk sudut 30° sejauh 2 m dari tumpuan A (sendi).

1. Gambarkan balok sederhana tersebut lengkap dengan gaya yang terjadi di atasnya.
2. Hitunglah reaksi yang terjadi pada tumpuan-tumpuannya.
3. Hitunglah gaya geser yang terjadi, lalu gambarkan diagram gaya gesernya.
4. Hitunglah momen lentur yang terjadi, lalu gambarkan diagramnya.

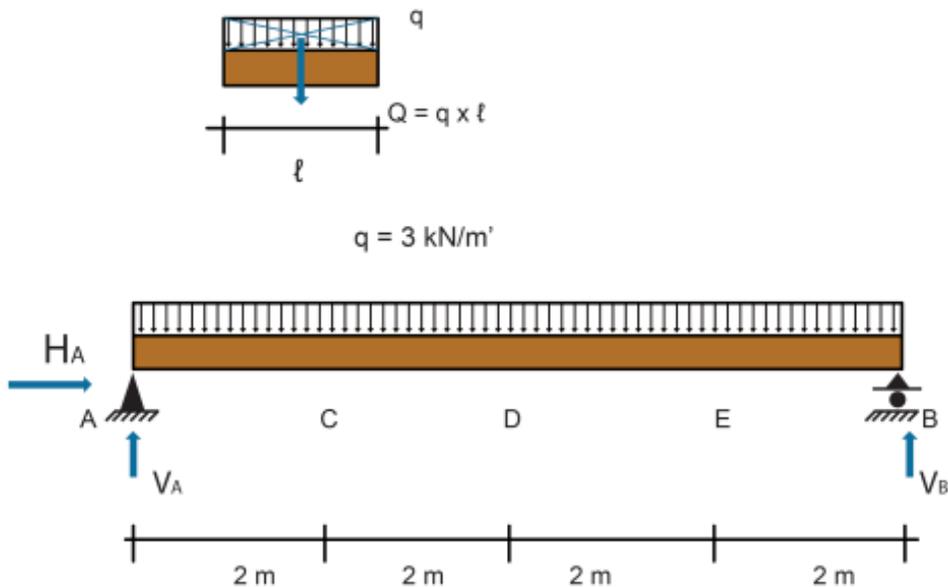
Buatlah formulir seperti terlampir di bawah ini pada selembar kertas. Tuliskan perhitungan dan jawaban kalian pada formulir tersebut. Setelah selesai, serahkan kertas jawaban kepada Bapak/Ibu Guru kalian!

Menghitung Keseimbangan Gaya pada Balok Sederhana	
Nama	:
Kelas	:
Hari/Tanggal	:
No.	Jawaban
1.	
2.	
3.	
4.	

b. Balok Sederhana dengan Beban Terbagi Rata

Beban terbagi rata pada balok sederhana adalah pembebanan yang terdapat di atas suatu area tertentu yang berbentuk persegi panjang, segitiga, dan lain sebagainya. Beban terbagi rata ini dinotasikan dengan “ q ”. Untuk memodelkan besaran beban terbagi rata caranya, yaitu dengan menghitung luasan beban terbagi rata yang dinotasikan, menjadi beban terpusat (Q) dan terletak pada titik berat jenisnya.





Gambar 5.39 Balok sederhana dengan beban terbagi rata.

Sebuah balok sederhana dengan tumpuan sendi dan rol mendapatkan muatan terbagi rata sepanjang balok dan tidak terdapat gaya horizontal seperti pada gambar 5.39. Pada kondisi ini, gaya reaksi vertikal pada masing-masing tumpuan besarnya akan sama. Selain itu, gaya geser yang ditimbulkan akan berubah sepanjang balok sehingga diagram gaya geser akan membentuk dua segitiga yang luasannya sama besar. Muatan terbagi rata ini akan menghasilkan diagram momen yang berbentuk parabola.

Untuk mendapatkan gaya-gaya reaksi pada struktur seperti gambar 5.36, lakukan langkah-langkah berikut.

1) Menghitung Reaksi Tumpuan

Reaksi pada Tumpuan A:

V_A = reaksi gaya vertikal pada tumpuan A

H_A = reaksi gaya horizontal pada tumpuan A

M_B = momen pada titik tumpuan B

- Hukum kesetimbangan

$$\sum F_h = 0 \longrightarrow H_A = 0 \text{ kN}$$

- Resultan momen di tumpuan B

$$\sum M_B = 0$$

$$H_A \times 0 + V_A \times 8 \text{ m} - q \times \ell \times (\frac{1}{2} \ell) = 0$$

$$(0 \times 0) + (V_A \times 8 \text{ m}) - (3 \text{ kN/m} \times 8 \text{ m} \times 4 \text{ m}) = 0$$

$$V_A \times 8 \text{ m} = 96 \text{ kNm}$$

$$V_A = \frac{96 \text{ kNm}}{8 \text{ m}}$$

$$V_A = 12 \text{ kN}$$

Reaksi pada Tumpuan B:

V_B = reaksi gaya vertikal pada tumpuan B

M_B = momen pada titik tumpuan B

- Resultan momen di tumpuan A

$$\sum M_A = 0$$

$$V_B \times 8 \text{ m} - q \times \ell \times \frac{1}{2} \ell = 0$$

$$(V_B \times 8 \text{ m}) - (3 \text{ kN/m} \times 8 \text{ m} \times 4 \text{ m}) = 0$$

$$V_B \times 8 \text{ m} = 96 \text{ kNm}$$

$$V_B = \frac{96 \text{ kNm}}{8 \text{ m}}$$

$$V_B = 12 \text{ kN}$$

Kontrol Kesetimbangan:

Cek bahwa resultan gaya-gaya vertikal sama dengan nol.

- Hukum kesetimbangan

$$\sum F_v = 0$$

$$V_A + V_B - (q \times \ell) = 0$$

$$12 \text{ kN} + 12 \text{ kN} - (3 \text{ kN/m} \times 8 \text{ m}) = 0 \rightarrow \text{Hukum kesetimbangan terpenuhi.}$$



2) Menghitung Gaya Geser

Menghitung gaya geser pada penampang titik A dan B.
Gaya geser pada balok kantilever.

$$D_A = V_A = 12 \text{ kN}$$

$$D_B = V_B = 12 \text{ kN}$$

$$D_C = V_A - (q \times \ell_{AC}) = 12 \text{ kN} - (3 \text{ kN/m} \times 2 \text{ m}) = 6 \text{ kN}$$

$$D_D = V_A - (q \times \ell_{AD}) = 12 \text{ kN} - (3 \text{ kN/m} \times 4 \text{ m}) = 0 \text{ kN}$$

$$D_E = V_A - (q \times \ell_{AE}) = 12 \text{ kN} - (3 \text{ kN/m} \times 6 \text{ m}) = -6 \text{ kN}$$

3) Menghitung Gaya Momen

Menghitung gaya momen pada penampang titik A, B, C, dan D.

Titik A = tumpuan sendi

$$M_A = 0 \text{ kNm}$$

Titik B = tumpuan rol

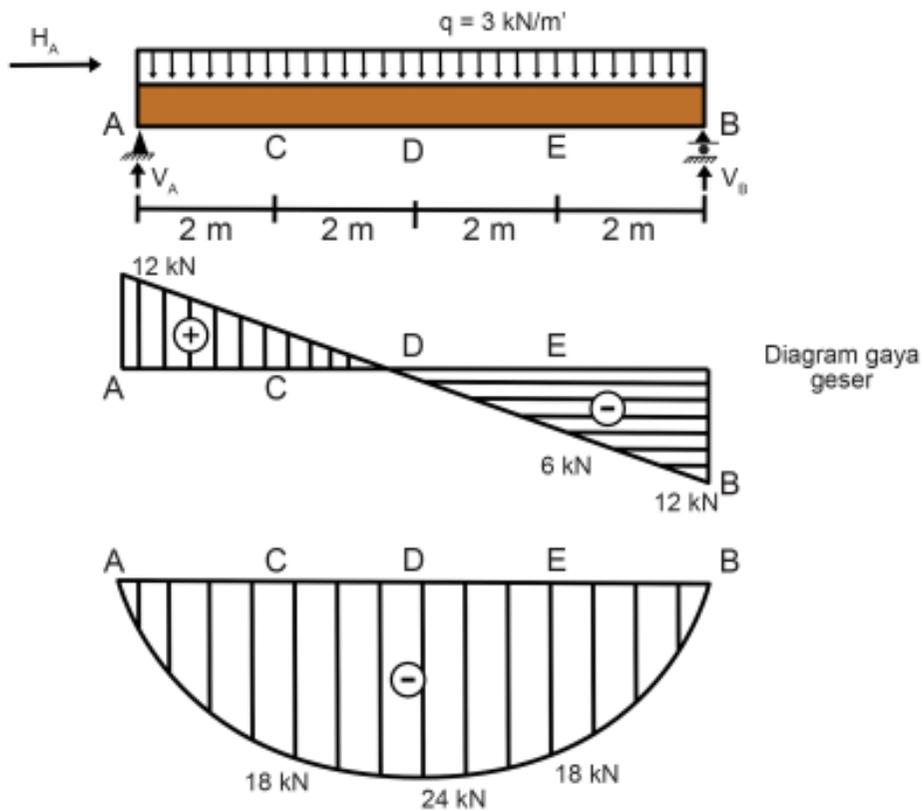
$$M_B = 0 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} M_C &= (V_A \times \ell_{AC}) - (q \times \ell_{AC} \times \frac{1}{2} \ell_{AC}) \\ &= (12 \text{ kN} \times 2 \text{ m}) - (3 \text{ kN/m} \times 2 \text{ m} \times 1 \text{ m}) = 18 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_D &= (V_A \times \ell_{AD}) - (q \times \ell_{AD} \times \frac{1}{2} \ell_{AD}) \\ &= (12 \text{ kN} \times 4 \text{ m}) - (3 \text{ kN/m} \times 4 \text{ m} \times 2 \text{ m}) = 24 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_E &= (V_A \times \ell_{AE}) - (q \times \ell_{AE} \times \frac{1}{2} \ell_{AE}) \\ &= (12 \text{ kN} \times 6 \text{ m}) - (3 \text{ kN/m} \times 6 \text{ m} \times 3 \text{ m}) = 18 \text{ kNm} \end{aligned}$$

4) Menggambar Diagram Gaya Geser dan Gaya Momen



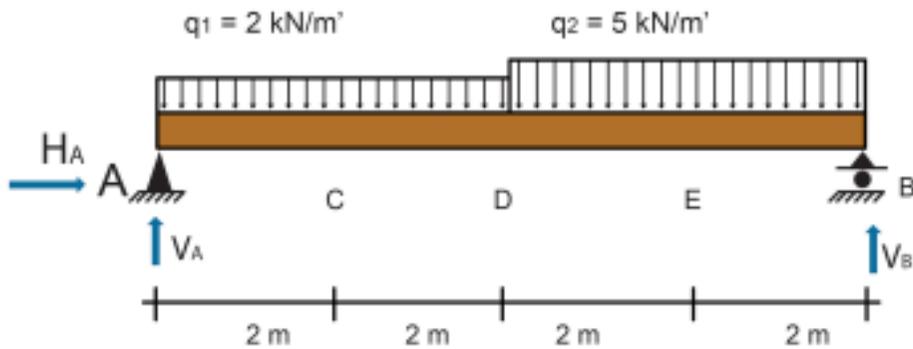
Gambar 5.40 Diagram gaya geser dan gaya momen pada balok sederhana dengan beban terbagi rata.



Aktivitas Kelompok 5.4

Menghitung Keseimbangan Gaya pada Balok Sederhana

Pada sebuah balok sederhana horizontal sepanjang 8 m, terjadi pembebanan seperti pada gambar sejauh 2 m dari tumpuan A (sendi).



Buatlah kelompok bersama 2-3 teman kalian. Salinlah formulir di bawah ini pada selembar kertas. Tuliskan perhitungan dan jawaban kalian pada formulir tersebut, kemudian serahkan lembar jawaban kepada Bapak/Ibu Guru kalian!

1. Hitunglah total beban terbagi rata Q1 dan Q2.
2. Hitunglah reaksi yang terjadi pada tumpuannya.
3. Hitunglah gaya geser yang terjadi, lalu gambarkan diagram gaya gesernya.
4. Hitunglah momen lentur yang terjadi, lalu gambarkan diagramnya.

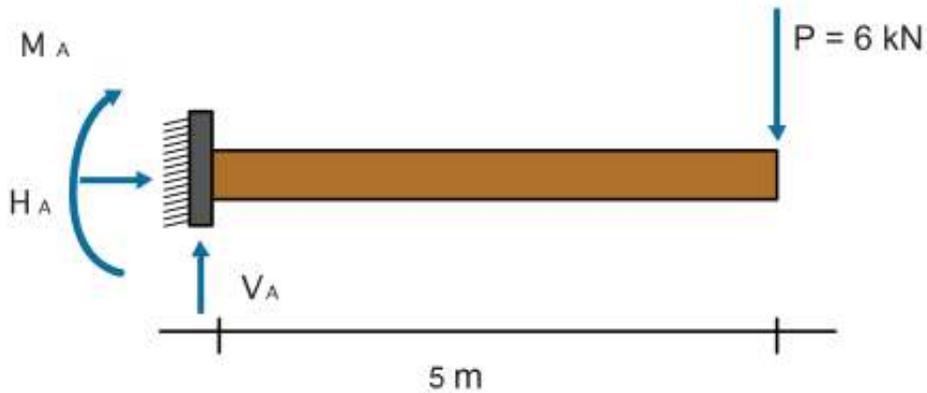
Menghitung Keseimbangan Gaya pada Balok Sederhana dengan Beban Terbagi Rata

Nama :
 Kelompok :
 Kelas :
 Hari/Tanggal :

No.	Jawaban
1.	
2.	
3.	
4.	

c. Balok Kantilever dengan Beban Terpusat

Balok kantilever adalah balok yang mempunyai satu tumpuan, yaitu tumpuan jepit. Balok kantilever mempunyai satu ujung yang bebas tanpa tumpuan sedangkan ujung lainnya terpasang pada tumpuan. Balok kantilever dapat menerima beban vertikal, beban horizontal, maupun beban bersudut atau diagonal.



Gambar 5.41 Balok kantilever dengan beban terpusat.

Perhatikan balok kantilever di atas. Balok kantilever tersebut menerima beban terpusat. Penyelesaian perhitungan reaksi pada balok kantilever dapat menggunakan hukum kesetimbangan statis.

$\Sigma F_h = 0$ → untuk resultan gaya-gaya horizontal

$\Sigma F_v = 0$ → untuk resultan gaya-gaya vertikal

$\Sigma M_0 = 0$ → untuk resultan momen gaya pada satu titik tumpuan

Namun, berbeda dengan balok sederhana dengan dua tumpuan, pada balok kantilever yang dapat memberikan reaksi hanya tumpuan jepit. Ujung balok yang bebas tanpa tumpuan tidak memberikan gaya reaksi.

Sebelum mulai mencari reaksi-reaksi pada tumpuan jepit, perlu diperhatikan aturan penandaan gaya sebagai berikut.

- V_A positif (+) jika mengarah ke atas (↑).
- V_A negatif (-) jika mengarah ke bawah (↓).
- H_A positif (+) jika mengarah ke kanan (→).
- H_A negatif (-) jika mengarah ke kiri (←).
- H_A positif (+) jika searah dengan putaran jarum jam (↻).
- M_A negatif (-) jika berlawanan arah dengan putaran jarum jam (↺).

1) Menghitung Reaksi Tumpuan

Reaksi pada Tumpuan A:

V_A = reaksi gaya vertikal pada tumpuan A

H_A = reaksi gaya horizontal pada tumpuan A

M_A = momen pada titik tumpuan A

- Kesetimbangan gaya-gaya vertikal

$$\sum F_v = 0$$

$$V_A - P = 0$$

$$V_A = P$$

$$V_A = 6 \text{ kN}$$

- Kesetimbangan gaya-gaya horizontal

$$\sum F_h = 0 \longrightarrow H_A = 0 \text{ kN}$$

- Momen di tumpuan A

$$\sum M_A = 0$$

$$M_A + (H_A \times 0) + (P \times 5 \text{ m}) = 0$$

$$M_A + 0 + (6 \text{ kN} \times 5 \text{ m}) = 0$$

$$M_A = -30 \text{ kNm}$$

(tanda negatif menunjukkan arah momen berlawanan dengan jarum jam)

2) Menghitung Gaya Geser

$$D_A = V_A = D_B = 6 \text{ kN}$$

3) Menghitung Momen Lentur

Besaran momen lentur di setiap titik pada sepanjang balok kantilever dipengaruhi oleh fungsi variabel besaran jarak titik tersebut ke tumpuan jepit.

$$M_x = M_A + V_A \times \ell \rightarrow \ell = \text{jarak titik tinjauan dari tumpuan jepit}$$

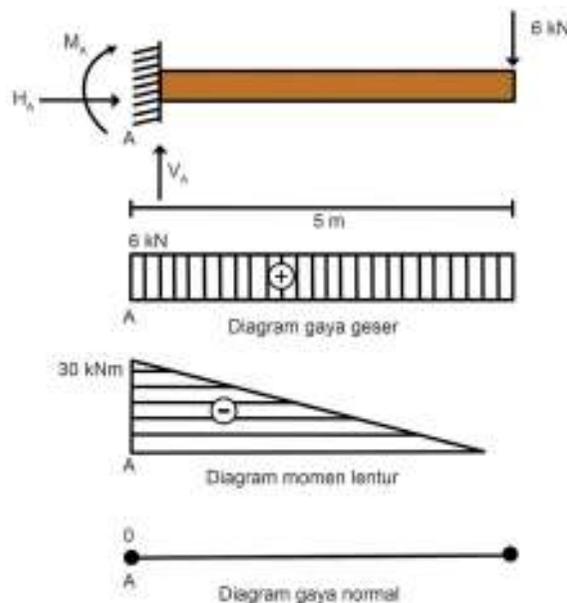
Persamaan untuk menghitung momen dengan beban terpusat tersebut merupakan persamaan garis lurus. Diagram momen lentur berupa garis lurus.

$$M_A = -30 \text{ kNm (lihat perhitungan momen di atas)}$$

$$M_B = M_A + V_A \times \ell = -30 \text{ kNm} + (6 \text{ kN} \times 5 \text{ m}) = 0 \text{ kNm}$$

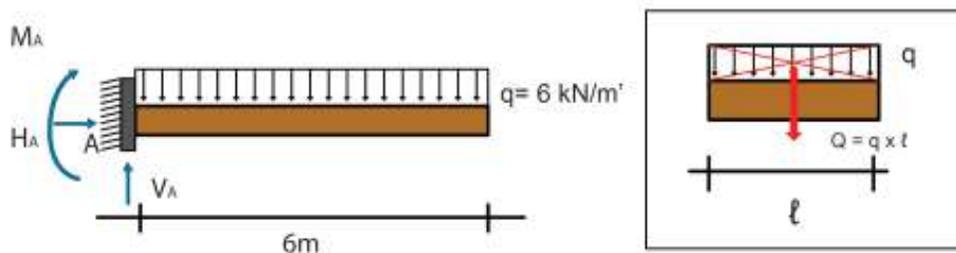
Pada titik B (ujung balok kantilever) yang berjarak 5 m dari tumpuan jepit, momen = 0 kNm.

4) Menggambar Diagram Gaya Geser, Gaya Normal, dan Gaya Momen



Gambar 5.42 Diagram gaya geser, gaya normal, dan gaya momen pada balok kantilever dengan beban terpusat.

d. Balok Kantilever dengan Beban Terbagi Rata



Gambar 5.43 Balok kantilever dengan beban terbagi rata.

Pada balok kantilever yang dikenai beban terbagi rata, penyelesaian perhitungan reaksi dapat menggunakan hukum kesetimbangan statis.

$\sum F_h = 0$ → untuk resultan gaya-gaya horizontal

$\sum F_v = 0$ → untuk resultan gaya-gaya vertikal

$\sum M_0 = 0$ → untuk resultan momen gaya pada satu titik tumpuan

1) Menghitung Reaksi Tumpuan

Reaksi pada Tumpuan A:

V_A = reaksi gaya vertikal pada tumpuan A

H_A = reaksi gaya horizontal pada tumpuan A

M_A = momen pada titik tumpuan A

- Kesetimbangan gaya-gaya vertikal

$$\sum F_v = 0$$

$$V_A - q \times \ell = 0$$

$$V_A = q \times \ell$$

$$V_A = 6 \text{ kN/m}' \times 6 \text{ m}$$

$$V_A = 36 \text{ kN}$$

- Kesetimbangan gaya-gaya horizontal

$$\sum F_h = 0 \longrightarrow H_A = 0 \text{ kN}$$

- Momen di Tumpuan A

$$\sum M_A = 0$$

$$M_A + (H_A \times 0) + (q \times \ell \times \frac{1}{2} \ell) = 0$$

$$M_A + 0 + (6 \text{ kN/m}' \times 6 \text{ m} \times 3 \text{ m}) = 0$$

$$M_A = -108 \text{ kNm}$$

(tanda negatif menunjukkan arah momen berlawanan dengan jarum jam)

2) Menghitung Gaya Geser

Gaya geser pada balok kantilever dengan beban terbagi rata merupakan persamaan dengan variabel satu tingkat, yaitu jarak titik yang ditinjau dari tumpuan jepit (tumpuan A).

$$D_x = V_A - q \times \ell$$

$$\text{Titik A} - \ell = 0 \text{ m}$$

$$D_A = V_A - q \times \ell = 36 \text{ kN} - (6 \text{ kN/m}' \times 0) = 36 \text{ kN}$$

$$\text{Pada } \ell = 3 \text{ m}$$

$$D_3 = V_A - q \times 3 \text{ m} = 36 \text{ kN} - (6 \text{ kN/m}' \times 3 \text{ m}) = 18 \text{ kN}$$

$$\text{Pada } \ell = 6 \text{ m}$$

$$D_6 = V_A - q \times 6 \text{ m} = 36 \text{ kN} - (6 \text{ kN/m}' \times 6 \text{ m}) = 36 \text{ kN}$$

3) Menghitung Momen Lentur

Besaran momen lentur di setiap titik pada sepanjang balok kantilever dipengaruhi oleh fungsi variabel besaran jarak titik tersebut ke tumpuan jepit.

$$M_x = M_A + V_A \times \ell \longrightarrow \ell = \text{jarak titik tinjauan dari tumpuan jepit}$$

Persamaan untuk menghitung momen dengan beban terpusat tersebut merupakan persamaan garis lurus. Diagram momen lentur berupa garis lurus.

$$M_A = -108 \text{ kNm (lihat perhitungan momen di atas)}$$



Pada $\ell = 3 \text{ m}$

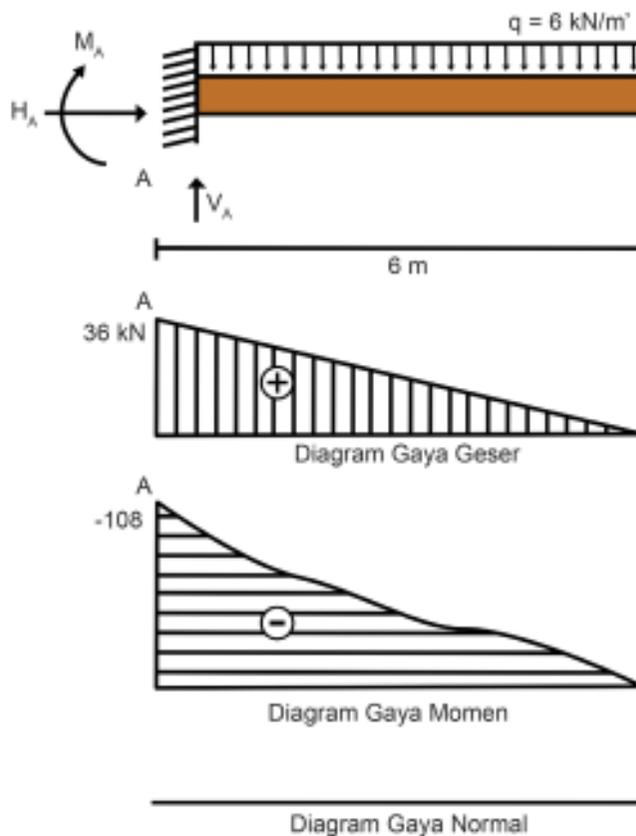
$$M_3 = M_A + V_A \times \ell = -108 \text{ kNm} + (18 \text{ kN} \times 3 \text{ m}) = -54 \text{ kNm}$$

Pada $\ell = 6 \text{ m}$

$$M_6 = M_A + V_A \times \ell = -108 \text{ kNm} + (18 \text{ kN} \times 6 \text{ m}) = 0 \text{ kNm}$$

Pada titik $\ell = 6 \text{ m}$ (ujung balok kantilever) yang berjarak 6 m dari tumpuan jepit, momen = 0 kNm.

4) Menggambar Diagram Gaya Geser, Gaya Normal, dan Gaya Momen



Gambar 5.44 Diagram gaya geser, gaya normal, dan gaya momen pada balok kantilever dengan beban terbagi rata.

Catatan:

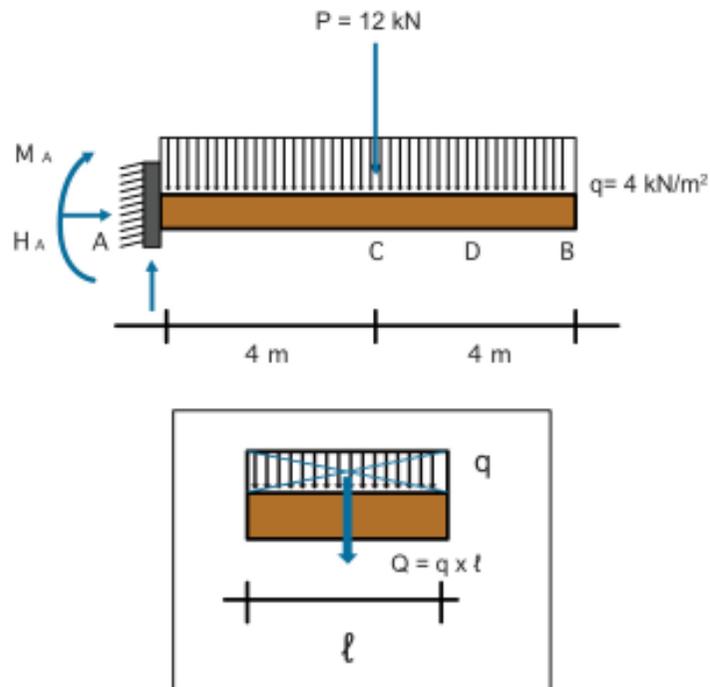
Diagram momen lentur untuk beban (muatan) terbagi rata berbentuk parabolik.



Aktivitas Kelompok 5.5

Menghitung Kesetimbangan Gaya pada Balok

Pada sebuah balok kantilever sepanjang 8 m, terjadi pembebanan seperti pada gambar di bawah ini.



Buatlah kelompok bersama 2-3 teman kalian. Salinlah tabel di bawah ini pada selembar kertas. Tuliskan perhitungan dan jawaban kalian pada formulir tersebut, kemudian serahkan lembar jawaban kepada Bapak/Ibu Guru kalian!

1. Hitunglah total beban terbagi rata Q .
2. Hitunglah reaksi yang terjadi pada tumpuannya.
3. Hitunglah gaya geser yang terjadi, lalu gambarkan diagram gaya gesernya.
4. Hitunglah momen lentur yang terjadi, lalu gambarkan diagramnya.



Menghitung Keseimbangan Gaya pada Balok Kantilever dengan Beban Terpusat dan Terbagi Rata

Nama :
Kelompok :
Kelas :
Hari/Tanggal :

No.	Jawaban
1.	
2.	
3.	
4.	

C. Menghitung Gaya Batang pada Rangka Sederhana

Cermati gambar desain Jakarta International Stadium oleh Arsitek Tiyok Prasetyoa berikut ini!



Sumber: M. Yusuf Manurung/metro.tempo.co (2019)

Bangunan gedung di atas mempunyai struktur elemen atap dengan bentang lebar.

1. Apa nama konstruksi yang digunakan sebagai atap bangunan tersebut?
2. Menurut kalian, mengapa konstruksi tersebut memilih menggunakan bentang atap yang lebar?

Kalian tentu sudah pernah melihat konstruksi Menara Eiffel. Menurut kalian, konstruksi apakah yang digunakan? Konstruksi yang digunakan dinamakan **konstruksi rangka batang**. Kalian juga dapat menemukan konstruksi rangka pada bangunan jembatan, baik jembatan untuk kendaraan bermotor maupun jembatan untuk kereta api. Pada bangunan gedung, konstruksi rangka sederhana sering digunakan pada elemen struktur atap.



Aktivitas Kelompok 5.6

Mengamati Konstruksi Rangka di Lingkungan Sekitar

Buatlah kelompok kerja bersama 2-3 teman kalian. Amati lingkungan sekitar kalian, baik lingkungan sekolah maupun lingkungan rumah. Temukan minimum tiga konstruksi rangka, lalu potretlah.

Salinlah tabel di bawah ini pada selembar kertas dan isilah sesuai hasil pengamatan kalian. Buatlah kesimpulan mengenai persamaan dan perbedaan dari konstruksi-konstruksi tersebut. Setelah selesai, serahkan lembar kerja kalian kepada Bapak/Ibu Guru!



Mengamati Konstruksi Rangka di Lingkungan Sekitar

Nama :
Kelompok :
Kelas :
Hari/Tanggal :

No.	Nama Bangunan	Bahan	Jenis Bangunan (Menara, Jembatan, Kuda-Kuda Atap, dan lain-lain)	Lokasi	Foto
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					

Kesimpulan:

Persamaan:

Perbedaan:

Dari pengamatan yang telah kalian lakukan, kalian dapat mengetahui aplikasi konstruksi rangka pada berbagai bangunan. Rangka batang dapat diaplikasikan pada bangunan gedung bertingkat tinggi maupun menara. Jembatan dengan bentang lebar juga menggunakan konstruksi rangka batang. Bahan bangunan yang umumnya digunakan pada konstruksi gedung bertingkat tinggi, menara, atau jembatan adalah baja atau besi. Pada rumah tinggal dan bangunan bertingkat rendah juga dapat menggunakan rangka batang, yang paling sering adalah pada kuda-kuda atap. Bahan bangunan yang umumnya digunakan adalah kayu.

Berikut ini beberapa desain konstruksi rangka batang yang umum digunakan.

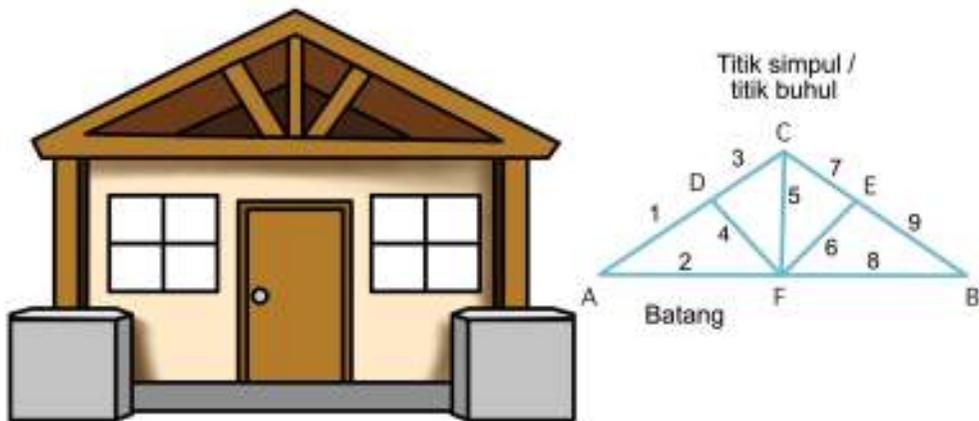


Gambar 5.45 Kuda-Kuda Tipe Atap, Tipe Fink, dan Tipe Scissors

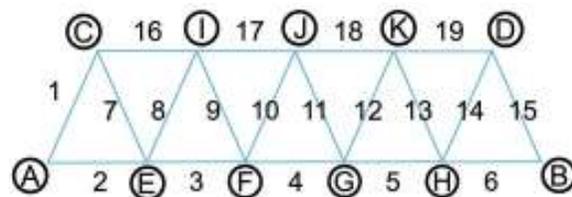
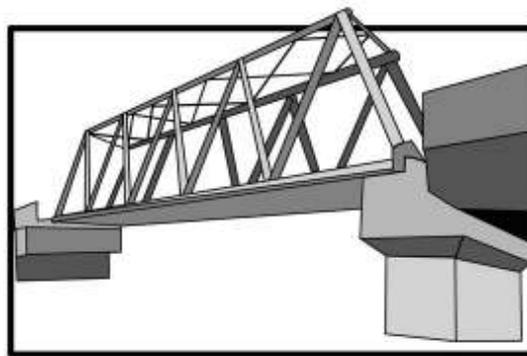
Dari gambar di atas, dapat diketahui bahwa setiap batang pada konstruksi rangka tersusun dari bentuk segitiga. Bangun yang berbentuk segitiga merupakan struktur yang stabil dibandingkan bangun dalam bentuk lainnya.

Batang-batang yang membentuk segitiga disambung satu dengan lainnya. Tergantung dari bahan bangunan yang digunakan, sambungan dapat diperkuat dengan menggunakan baut, paku, atau dapat dilakukan pengelasan. Sambungan batang tersebut disebut **titik simpul** atau **titik buhul**. Titik simpul pada sambungan rangka batang diasumsikan hanya menerima gaya aksial. Tumpuan seperti ini biasanya disebut **tumpuan pendel**. Pembebanan pada rangka batang akan diteruskan ke titik simpul. Beban yang diterima oleh titik-titik simpul ini akan menghasilkan gaya normal. Pada rangka batang, hal ini disebut **gaya batang**. Gaya batang pada konstruksi rangka dapat berupa gaya tarik atau gaya tekan. Segitiga-segitiga yang tersusun menjadi satu kesatuan ini disebut **rangka batang**. Konstruksi rangka batang akan menahan muatan yang diterima secara satu kesatuan.

Pada subbab ini, kalian akan mempelajari konstruksi rangka batang sederhana. Rangka batang sederhana dianggap sebagai konstruksi yang hanya menerima gaya aksial saja pada perletakannya. Dengan asumsi ini, perhitungan gaya-gaya batang dapat menggunakan persamaan kesetimbangan gaya vertikal pada perletakan, baik untuk gaya luar maupun gaya dalam.



Gambar 5.46 Aplikasi Rangka Batang pada Rumah Tinggal



Gambar 5.47 Aplikasi Rangka Batang pada Jembatan

Berdasarkan gambar di atas, kalian dapat menemukan jumlah batang dan jumlah titik simpul pada konstruksi rangka batang untuk penggunaan kuda-kuda atap dan jembatan. Pada gambar 5.43 menunjukkan bahwa jumlah batang sebanyak 9 batang dan terdapat 6 titik simpul. Gambar 5.44 adalah jembatan dan pemodelan rangka batangnya. Dapatkah kalian menghitung jumlah batang dan titik simpulnya?

Setelah kalian selesai mengerjakan pemodelan rangka batang pada gambar 5.44, kerjakanlah aktivitas di bawah ini!



Aktivitas Mandiri 5.7

Memodelkan Konstruksi Rangka Batang



Sumber: [makassar.tribunnews.com/Nurul Hidayah](http://makassar.tribunnews.com/Nurul%20Hidayah) (2022)

Cermati gambar jembatan kereta api Maros Baru (Sulawesi Selatan) di atas!

1. Buatlah model rangka batang dari jembatan kereta api tersebut!
2. Berapa jumlah batang pada rangka batang tersebut? Berilah tanda dengan memberikan nomor pada masing-masing batang!
3. Berapa jumlah titik simpul pada rangka batang yang kalian buat? Berilah tanda dengan menggunakan huruf secara alfabetis!



Tulislah jawaban kalian pada lembar jawaban dalam bentuk tabel seperti di bawah ini!

Memodelkan Konstruksi Rangka Batang	
Nama	:
Kelas	:
Hari/Tanggal	:
No.	Jawaban
1.	
2.	
3.	

Nah, kalian sudah dapat memodelkan rangka batang untuk suatu bangunan tertentu. Selanjutnya, tentu kalian ingin mengetahui bagaimana cara menghitung reaksi-reaksi pada perletakan.

1. Stabilitas Rangka Batang

Sebelum menghitung reaksi-reaksi pada perletakan, kalian perlu memeriksa stabilitas rangka batang.

Formula untuk rangka batang satu bidang (*planar truss*):

$$2j = m + r$$

Keterangan:

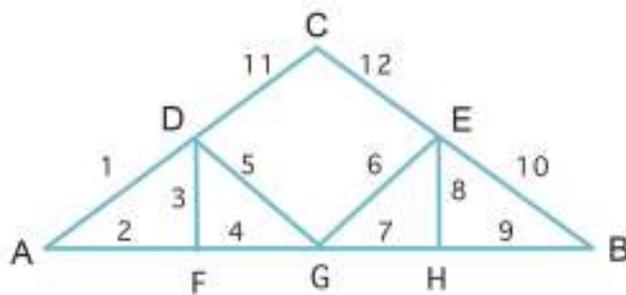
m = jumlah batang pada suatu rangka batang (m = *truss members*)

j = jumlah titik simpul pada suatu rangka batang (j = *truss joints*)

r = reaksi (pada umumnya ada 3, yaitu V_A , H_A , dan V_B)

Jika $2j > m + r$, maka rangka batang tidak stabil

Jika $2j \leq m + r$, maka rangka batang stabil



Gambar 5.48 Rangka Batang ABC

Memeriksa stabilitas rangka batang pada gambar di atas.

Jumlah batang : $m = 12$

Jumlah titik simpul : $j = 8$ (A, B, C, D, E, F, G, dan H)

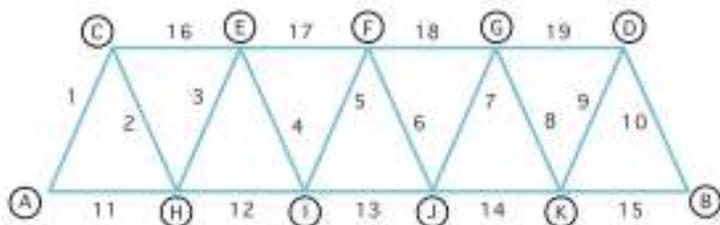
Jumlah reaksi : $r = 3$

$$2j = m + r$$

$$2 \times 8 = 12 + 3$$

$$16 = 15$$

Kesimpulan: $2j > m + 3$, berarti **rangka batang tidak stabil**.



Gambar 5.49 Rangka Batang ABCD

Memeriksa stabilitas rangka batang pada gambar di atas.

Jumlah batang : $m = 19$

Jumlah titik simpul : $j = 11$ (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, dan K)

$$2j = m + 3$$

$$2 \times 11 = 19 + 3$$

$$22 = 22$$

Kesimpulan: $2j = m + 3$, berarti **rangka batang stabil**.

2. Menghitung Gaya Batang

Terdapat beberapa metode perhitungan gaya batang. Pada subbab ini, kalian akan mempelajari cara menghitung gaya batang dengan metode titik simpul.

Metode Titik Simpul

Dalam melakukan analisis gaya aksi dan reaksi, suatu rangka batang berada dalam keadaan seimbang. Oleh karena itu, dapat diasumsikan bahwa setiap titik simpul juga berada dalam keadaan seimbang.

Dalam melakukan perhitungan gaya batang, setiap titik simpul dapat dianalisis secara terpisah. Setiap titik simpul berada dalam keadaan seimbang sehingga semua gaya yang bekerja pada titik simpul tertentu memenuhi persamaan kesetimbangan statis sebagai berikut.

$$\sum H = 0$$

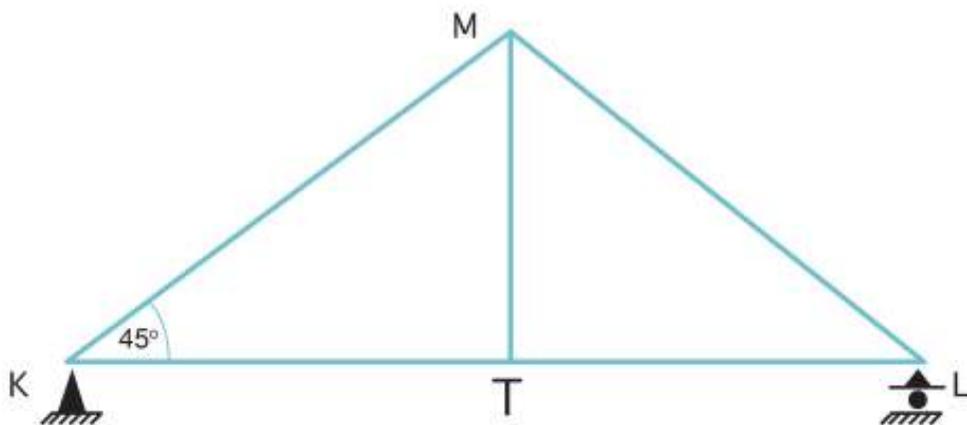
$$\sum V = 0$$

$$\sum M = 0$$

Metode titik simpul dapat dilakukan secara analitis maupun grafis.

Secara analitis

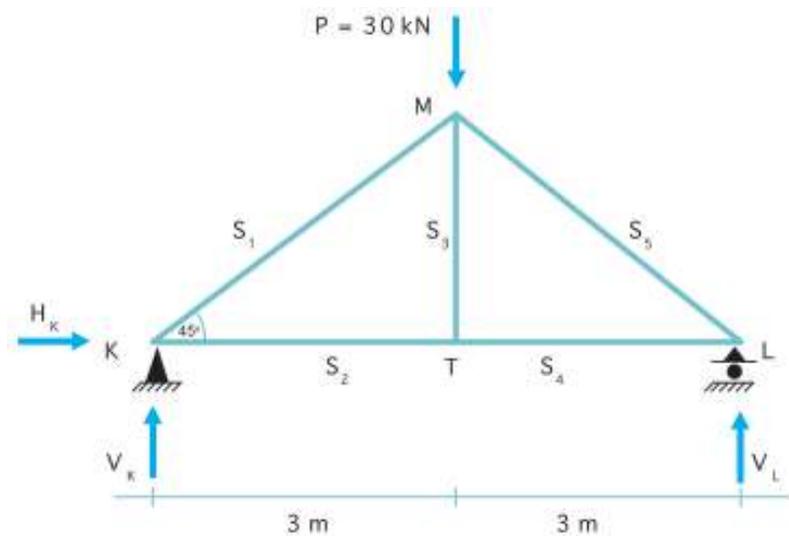
Amati rangka batang pada gambar di bawah ini. Kalian dapat mencari gaya-gaya batangnya secara analitis.



Gambar 5.50 Rangka Batang KLMT

Untuk menghitung gaya batang pada rangka batang sederhana, dapat menggunakan metode titik simpul secara analitis dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- **Memberi nama pada masing-masing batang yang terdapat pada rangka batang tersebut.**



Gambar 5.51 Rangka batang KLMT (penamaan batang dan reaksi dari gaya).

- **Menganalisis stabilitas rangka batang.**

Diketahui: $m = 5$

$j = 4$

$r = 3$

$2j = m + r$

$2 \times 4 = 5 + 3$

$8 = 8$

Kesimpulan: rangka batang tersebut **stabil**.

- **Menghitung reaksi-reaksi pada perletakan.**

Pada Titik Simpul K

$\sum M_K = 0$

$P \times 3 \text{ m} - V_L \times 6 \text{ m} = 0$

$(30 \text{ kN} \times 3 \text{ m}) - (V_L \times 6 \text{ m}) = 0$

$$90 \text{ kNm} - (V_L \times 6 \text{ m}) = 0$$

$$V_L \times 6 \text{ m} = 90 \text{ kNm}$$

$$V_L = \frac{90 \text{ kNm}}{6 \text{ m}}$$

$$V_L = 15 \text{ kN}$$

Pada Titik Simpul L

$$\Sigma M_L = 0$$

$$-P \times 3 \text{ m} + V_K \times 6 \text{ m} = 0$$

$$(-30 \text{ kN} \times 3 \text{ m}) + (V_K \times 6 \text{ m}) = 0$$

$$-90 \text{ kNm} + (V_K \times 6 \text{ m}) = 0$$

$$V_K \times 6 \text{ m} = 90 \text{ kNm}$$

$$V_K = \frac{90 \text{ kNm}}{6 \text{ m}}$$

$$V_K = 15 \text{ kN}$$

- **Menghitung gaya-gaya batang**

Pada Titik Simpul K

Kesetimbangan gaya vertikal:

$$\Sigma V = 0$$

$$V_K + S_1 \times \sin 45^\circ = 0$$

$$15 \text{ kN} + (S_1 \times \sin 45^\circ) = 0$$

$$S_1 = \frac{-15 \text{ kNm}}{\sin 45^\circ}$$

$$S_1 = -21,21 \text{ (batang tekan)}$$

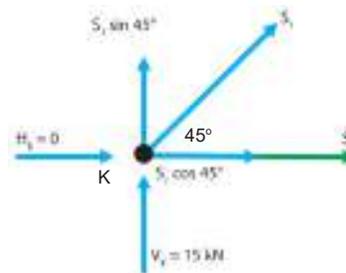
Kesetimbangan gaya horizontal:

$$\Sigma H = 0$$

$$H_K + (S_1 \times \cos 45^\circ) + S_2 = 0$$

$$0 \text{ kN} + (S_1 \times \cos 45^\circ) + S_2 = 0$$

$$S_2 = -(S_1 \times \cos 45^\circ)$$



Gambar 5.52 Reaksi di Titik Simpul K

$$S_2 = -(-21,21 \text{ kN} \times \cos 45^\circ)$$

$$S_2 = 14,847 \text{ kN (batang tarik)}$$

Pada Titik Simpul T

Kesetimbangan gaya vertikal:

$$\Sigma V = 0$$

$$S_3 = 0$$

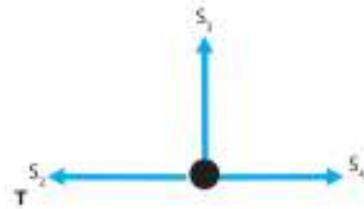
Kesetimbangan gaya horizontal:

$$\Sigma H = 0$$

$$S_2 - S_4 = 0$$

$$S_2 = S_4$$

$$S_4 = 14,847 \text{ kN (batang tarik)}$$



Gambar 5.53 Reaksi di Titik Simpul T

Pada Titik Simpul M

Kesetimbangan gaya vertikal:

$$\Sigma V = 0$$

$$P - (S_1 \times \sin 45^\circ) - (S_5 \times \sin 45^\circ) + S_3 = 0$$

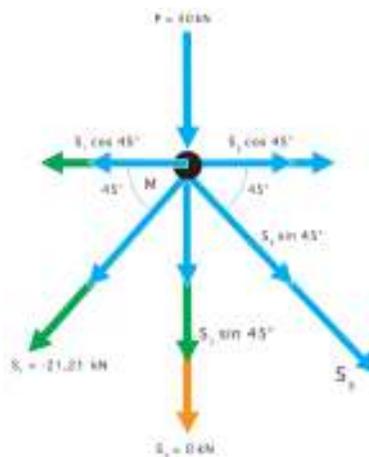
$$-30 \text{ kN} - (-21,21 \text{ kN} \times \sin 45^\circ) - (S_5 \times \sin 45^\circ) + S_3 = 0$$

$$-30 \text{ kN} - (-21,21 \text{ kN} \times \sin 45^\circ) + 0 = S_5 \times \sin 45^\circ$$

$$-30 \text{ kN} + 15 \text{ kN} + 0 \text{ kN} = S_5 \times \sin 45^\circ$$

$$S_5 = \frac{-15 \text{ kN}}{\sin 45^\circ}$$

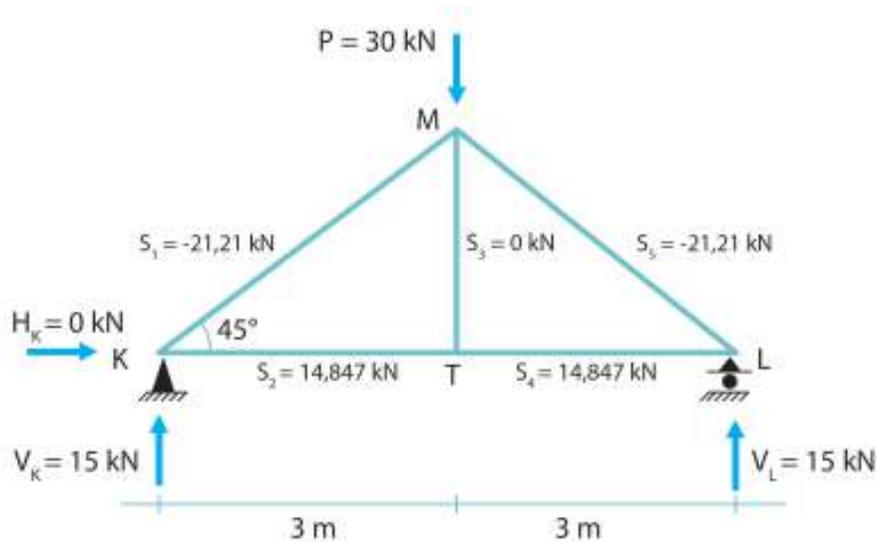
$$S_5 = -21,21 \text{ kN}$$



Gambar 5.54 Reaksi di Titik Simpul M

- Membuat tabel gaya batang dan skematik besar gaya pada rangka batang

No.	Nama Batang/Tumpuan	Besar Gaya (Tekan/Tarik)
1.	V_K	15 kN (tarik)
2.	S_1	-21,21 kN (tekan)
3.	S_2	14,847 kN
4.	S_3	0 kN
5.	S_4	14,847 kN
6.	S_5	-21,21 kN (tarik)
7.	V_L	15 kN (tekan)



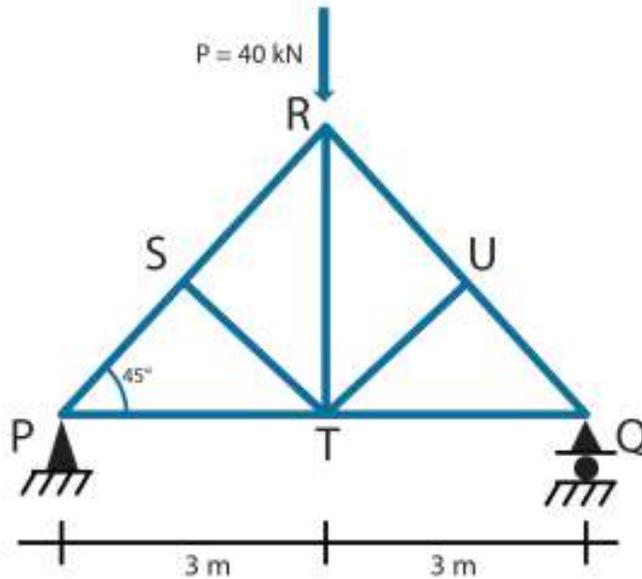
Gambar 5.55 Rangka batang KLMT (besar reaksi dan gaya batang)



Aktivitas Mandiri 5.8

Menghitung Gaya Batang pada Konstruksi Rangka Batang

Amati rangka batang PQR pada gambar di bawah ini!



1. Lakukan penomoran dan penamaan gaya reaksi maupun gaya batang.
2. Lakukan analisis stabilitas konstruksi rangka batang.
3. Hitunglah gaya-gaya reaksi pada perletakannya.
4. Hitunglah gaya-gaya batang pada konstruksi rangka batang tersebut.
5. Buatlah tabel reaksi dan gaya hasil perhitungan kalian.
6. Buatlah skematik besar gaya reaksi dan gaya batang.

Gunakan tabel di bawah ini untuk perhitungan dan jawaban kalian. Setelah selesai, serahkan kepada Bapak/Ibu Guru kalian!



Menghitung Gaya Batang pada Konstruksi Rangka Batang

Nama :
Kelas :
Hari/Tanggal :

No.	Jawaban
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	



Rangkuman

1. Salah satu target dari tujuan pembangunan berkelanjutan adalah akses perumahan yang layak, aman, dan terjangkau bagi masyarakat.
2. Struktur bangunan adalah susunan atau rakitan dari elemen-elemen struktur yang membentuk satu kesatuan dan mampu menjaga kekukuhan bangunan tersebut.
3. Elemen-elemen struktur bekerja secara bersama-sama untuk menyalurkan beban yang diterimanya sampai ke tanah keras.
4. Struktur utama bagian bawah terletak di dalam tanah, yaitu fondasi. Struktur utama yang terletak di atas tanah, antara lain *sloof*, pelat lantai, balok, kolom, dan atap.

5. Elemen struktur bangunan dapat dikonstruksi dari bahan bangunan yang berbeda-beda. Bahan bangunan yang umumnya digunakan adalah beton, baja, dan kayu.
6. Beton bertulang adalah beton yang mendapat perkuatan dari baja tulangan. Beton mempunyai kekuatan tekan yang tinggi, sedangkan baja tulangan mempunyai kekuatan tarik yang tinggi.
7. Indonesia terletak di khatulistiwa dan dilewati oleh lingkaran cincin api yang disebut *ring of fire*. Hal ini menyebabkan kemungkinan terjadinya gempa di Indonesia cukup tinggi. Kondisi rawan gempa ini perlu dipertimbangkan saat melakukan desain maupun perhitungan struktur bangunan.
8. Komponen struktur yang membentang dapat berupa balok atau rangka batang. Balok atau rangka batang akan bertumpu pada kolom. Namun, rangka batang dapat langsung bertumpu di atas tumpuan pada bangunan tertentu, seperti jembatan.
9. Bangunan tahan gempa adalah bangunan yang dirancang agar mampu meredam getaran gempa dan tetap berdiri utuh tanpa mengalami keruntuhan saat menerima beban gempa (terjadi gempa).
10. Konstruksi balok sederhana merupakan suatu struktur statis tertentu. Oleh karena itu, persamaan kesetimbangan dapat digunakan untuk menyelesaikan perhitungannya. Formula kesetimbangan statis adalah $\Sigma H = 0$, $\Sigma V = 0$, dan $\Sigma M = 0$.
11. Konstruksi rangka batang merupakan suatu konstruksi yang terdiri dari rangkaian batang-batang berbentuk segitiga yang mampu menahan gaya luar secara bersama-sama.
12. Setiap titik simpul pada rangka batang dapat dipisahkan. Masing-masing titik simpul dalam keadaan seimbang sehingga penyelesaian perhitungannya dapat menggunakan persamaan kesetimbangan.





Asesmen



Asesmen Mandiri 5.1

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini secara mandiri!

1. Apakah elemen-elemen struktur bawah tidak akan terlihat lagi setelah bangunan selesai dikonstruksi? Berikan penjelasannya!
2. Di beberapa daerah di Indonesia sering terjadi banjir. Menurut kalian, termasuk beban apakah beban banjir? Berikan penjelasannya!
3. Apa fungsi balok dan kolom? Apa hubungan antara keduanya? Jelaskan jawaban kalian!
4. Pak Yoyok akan memilih material untuk bengkel pengelasan produksi pagar besi. Bengkel tersebut terletak di daerah yang tekanan anginnya cukup tinggi. Material untuk kolom dan balok apakah yang sebaiknya digunakan? Lakukan analisis terhadap material beton bertulang, baja, dan kayu. Tuliskan jawaban kalian dalam bentuk tabel seperti di bawah ini!

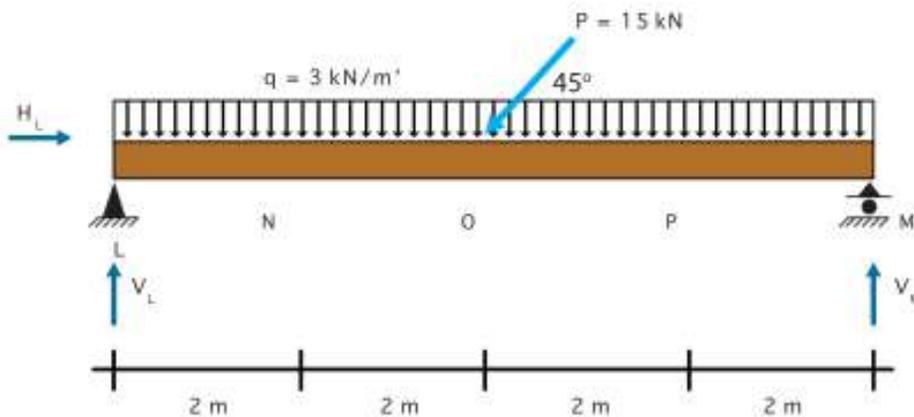
Material	Beton Bertulang	Baja	Kayu
Kelebihan			
Kekurangan			
Material yang dipilih			
Alasan pemilihan			

5. Gambarkanlah gaya tarik, gaya tekan, dan gaya lentur yang terjadi pada elemen!
6. Apa yang kalian ketahui tentang RUSPIN? Teknologi apa yang digunakan dan mengapa hal tersebut menguntungkan? Jelaskan pendapat kalian!
7. Apa yang dimaksud dengan balok sederhana? Mengapa perhitungannya dapat diselesaikan menggunakan persamaan kesetimbangan gaya? Jelaskan alasan kalian!
8. Mengapa rangka baja dipilih untuk rangka atap, terutama pada atap dengan bentang lebar seperti pada bangunan stadion atau terminal bandara? Jelaskan pendapat kalian!



Asesmen Mandiri 5.2

1. Amati gambar di bawah ini!

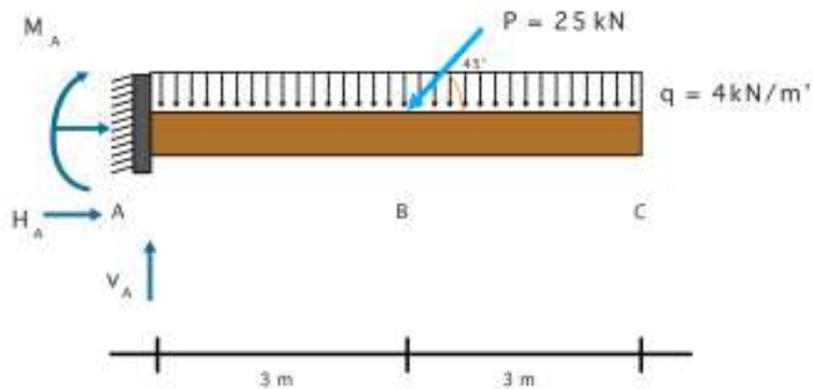


Balok sederhana LMNOP di atas menerima beban terpusat dengan sudut 45° dan beban merata.

- a. Hitunglah reaksi pada kedua tumpuannya.
- b. Hitunglah gaya gesernya, kemudian gambarlah diagram gaya gesernya.



2. Amati gambar di bawah ini!



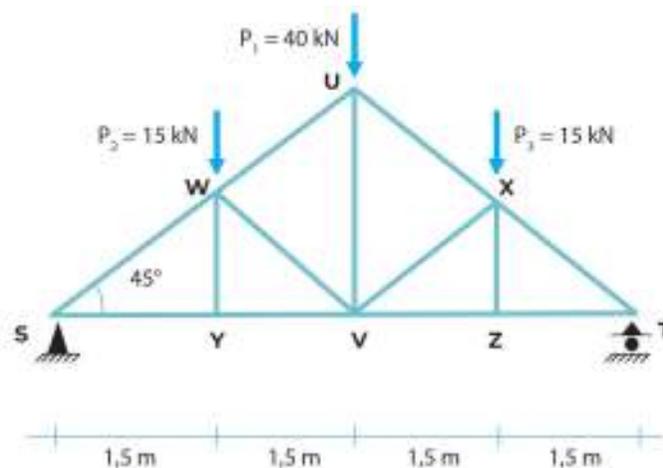
Balok kantilever A di atas menerima beban merata dan beban terpusat dengan sudut 45° .

- Hitunglah reaksi pada tumpuannya.
- Hitunglah gaya gesernya, kemudian gambarlah diagram gaya gesernya.
- Hitunglah momen lenturnya, kemudian gambarlah diagram momen lenturnya.



Asesmen Kelompok 5.3

Amati gambar rangka batang STU di bawah ini!



1. Berilah penomoran dan penamaan gaya reaksi maupun gaya batang.
2. Lakukan analisis stabilitas konstruksi rangka batang.
3. Hitunglah gaya-gaya reaksi pada perletakannya.
4. Hitunglah gaya-gaya batang pada konstruksi rangka batang tersebut.
5. Buatlah tabel reaksi dan gaya hasil perhitungan kalian.
6. Buatlah skematik besar gaya reaksi dan gaya batang.

Tuliskan perhitungan dan jawaban kalian pada selembar kertas. Tuliskan juga nama-nama anggota kelompok. Setelah selesai, serahkan kepada Bapak/Ibu Guru kalian!



Pengayaan

Bangunan dengan Struktur Besi



Gambar 5.56 Menara Eiffel di Paris, Prancis

Sumber: commons.wikimedia.org/Adri45an (2017)

Apakah kalian pernah mendengar tentang Menara Eiffel yang terdapat di Paris, Prancis? Menara Eiffel dibangun selama 2 tahun, yaitu dari tahun 1887 hingga tahun 1889. Saat itu sedang berlangsung Eksepsi Dunia (*World's Exhibition*) dan Menara Eiffel merupakan salah satu daya tarik utama pada acara tersebut.



Tahukan kalian, bahan konstruksi yang digunakan untuk membangun menara setinggi 324 m ini? Menara Eiffel dibangun menggunakan besi, bukan baja. Pada masa itu, Menara Eiffel menjadi simbol kesuksesan industri Prancis.



Refleksi

Merefleksikan hasil belajar Bab 5 untuk mengetahui topik yang sudah berhasil dipahami dengan baik dan yang perlu dikuasai lebih lanjut.

Selamat! Kalian sudah selesai mempelajari Bab 5. Tentu banyak yang sudah kalian pelajari.

Tandai kegiatan yang sudah kalian lakukan atau pengetahuan yang kalian pahami dengan memberi tanda centang (✓). Pada kolom “Masih Perlu Belajar Lagi”, tuliskan topik yang ingin kalian pelajari lebih lanjut!

No.	Capaian Pembelajaran	Sudah Memahami	Masih Perlu Belajar Lagi	Catatan
1.	Saya mampu mendeskripsikan elemen-elemen struktur bangunan.			
2.	Saya mampu mendeskripsikan fungsi struktur utama bangunan.			

No.	Capaian Pembelajaran	Sudah Memahami	Masih Perlu Belajar Lagi	Catatan
3.	Saya mampu menjelaskan fungsi fondasi, balok, dan kolom.			
4.	Saya mampu menjelaskan jenis bahan bangunan yang sesuai untuk elemen struktur bangunan.			
5.	Saya mampu mendeskripsikan jenis beban pada rumah tinggal.			
6.	Saya mampu menjelaskan jenis tumpuan pada balok sederhana.			
7.	Saya mampu menyusun gaya luar yang terjadi pada struktur balok sederhana.			
8.	Saya mampu menganalisis gaya reaksi pada tumpuan untuk struktur balok sederhana.			



No.	Capaian Pembelajaran	Sudah Memahami	Masih Perlu Belajar Lagi	Catatan
9.	Saya mampu memodelkan struktur bangunan menjadi rangka batang sederhana.			
10.	Saya mampu menganalisis gaya batang pada rangka batang sederhana.			

Hitunglah persentase penguasaan materi kalian menggunakan rumus berikut.

$$\frac{\text{Jumlah materi yang kalian kuasai}}{\text{Jumlah seluruh materi}} \times 100\%$$

- Jika 70-100% materi di atas sudah dikuasai, kalian dapat meminta kegiatan pengayaan kepada guru.
- Jika materi yang dikuasai masih di bawah 70%, kalian dapat mendiskusikan kegiatan remedial yang dapat dilakukan bersama guru kalian.

Jurnal Membaca



Pada bagian ini, kalian dapat memilih buku untuk dibaca sebagai bagian dari kegiatan jurnal membaca. Pilihlah salah satu dari beberapa alternatif karya pada tabel di bawah ini. Lengkapi formulir 'Jurnal Membaca' yang disediakan sebagai tindak lanjut dari kegiatan membaca ini.

Pilihlah salah satu karya dari beberapa karya berikut yang dapat kalian jadikan alternatif pada kegiatan jurnal membaca Bab 5!

No.	Judul	Penulis	Jenis Karya	Penerbit	Sumber Daring
1.	Buku Saku Rangkuman Pedoman Pembangunan Bangunan Gedung Negara Berdasarkan Permen PUPR No. 22 tahun 2018	Tim PUPR	Buku Saku	PUPR Tebing Tinggi Kota	Situs PUPR Tebing Tinggi Kota 
2.	Mengenal Kecerdasan Ruang dari Arsitektur Rumah Adat Indonesia	Muhaimin		Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa, Kemdikbud	



Lengkapilah formulir ‘Jurnal Membaca’ berikut ini sebagai tindak lanjut kegiatan membaca salah satu karya yang direkomendasikan di atas. Gunakan formulir berbeda untuk setiap buku!

JURNAL MEMBACA

Hari/tanggal :

Nama :

Kelas :

Judul Buku :

Penulis :

Penerbit :

Tahun :

Pilihlah salah satu kegiatan dari dua alternatif kegiatan berikut sebagai tindak lanjut buku yang telah kalian baca.

1. Buatlah rangkuman salah satu topik yang kalian sukai dari buku yang sedang kalian baca.
2. Buatlah sketsa dari salah satu gambar yang ada dalam buku tersebut.

Rangkuman/Sketsa:

.....
.....
.....
.....

Bab
6

Aplikasi Bahan Bangunan Berbasis *Green Material*



Sumber: pemalang.pikiran-rakyat.com/Dezeen (2022)

Apakah kalian pernah mengamati penggunaan hebel sebagai dinding rumah?

Menurut kalian, apakah hebel merupakan bahan bangunan yang ramah lingkungan?



Tujuan Pembelajaran



Pada bab ini, kalian akan mempelajari tentang bahan bangunan berbasis *green material*, baik spesifikasi maupun karakteristiknya. Selain itu, kalian juga akan mempelajari tentang jenis pekerjaan konstruksi yang mendasari gambar konstruksi gedung terkait *green building* maupun *sustainable building*.



Peta Konsep



Kata Kunci

Bahan bangunan, *green material*, pekerjaan konstruksi, gambar konstruksi.

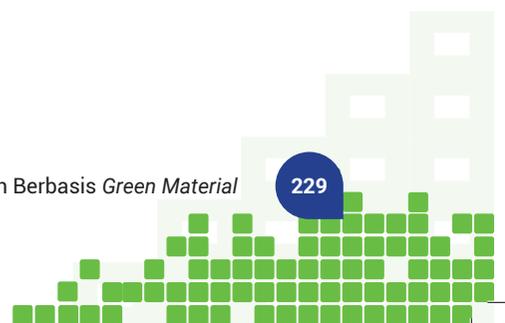


Perhatikan gambar material bangunan untuk rumah tinggal di atas!

1. Tahukah kalian, material apa saja yang terdapat pada gambar di atas?
2. Dapatkah kalian mengidentifikasi material bangunan yang termasuk *green material*? Jelaskan alasan kalian mengapa material tersebut termasuk *green material*!

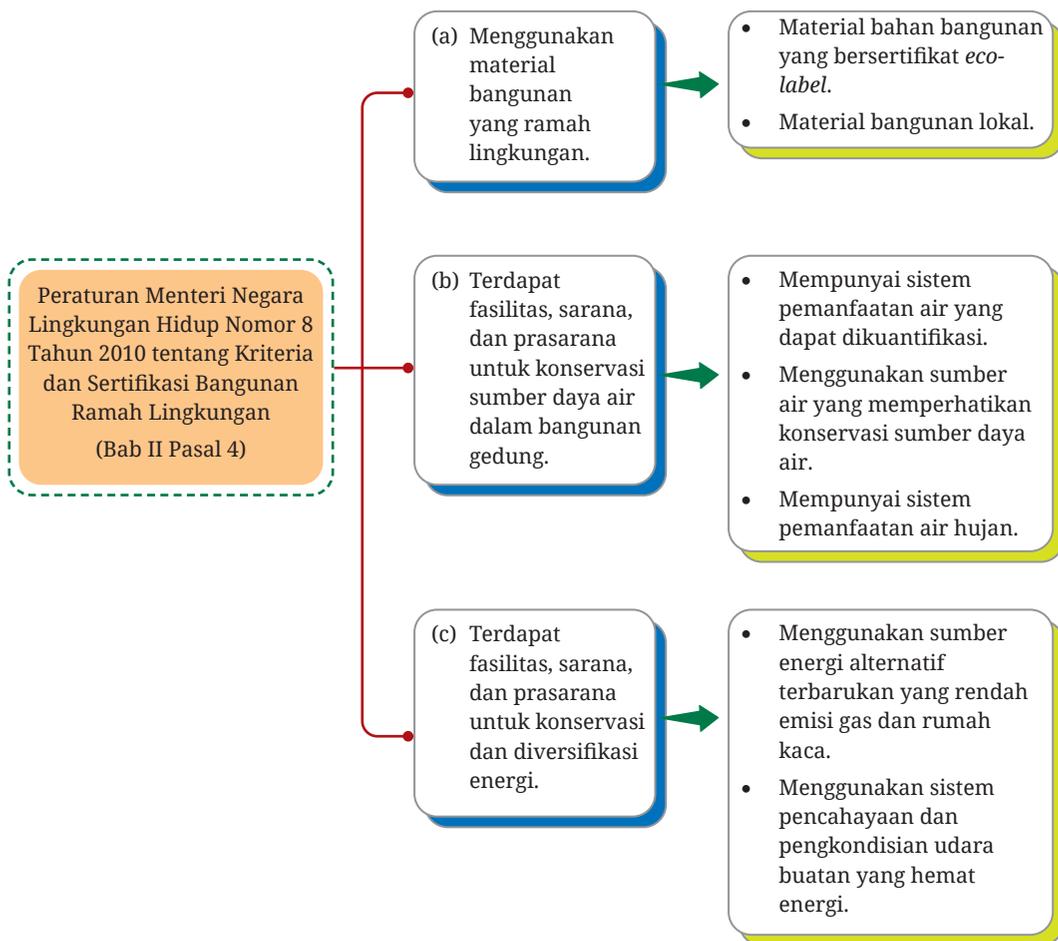
A. Mendeskripsikan Karakteristik dan Spesifikasi Bahan Bangunan Berbasis *Green Material*

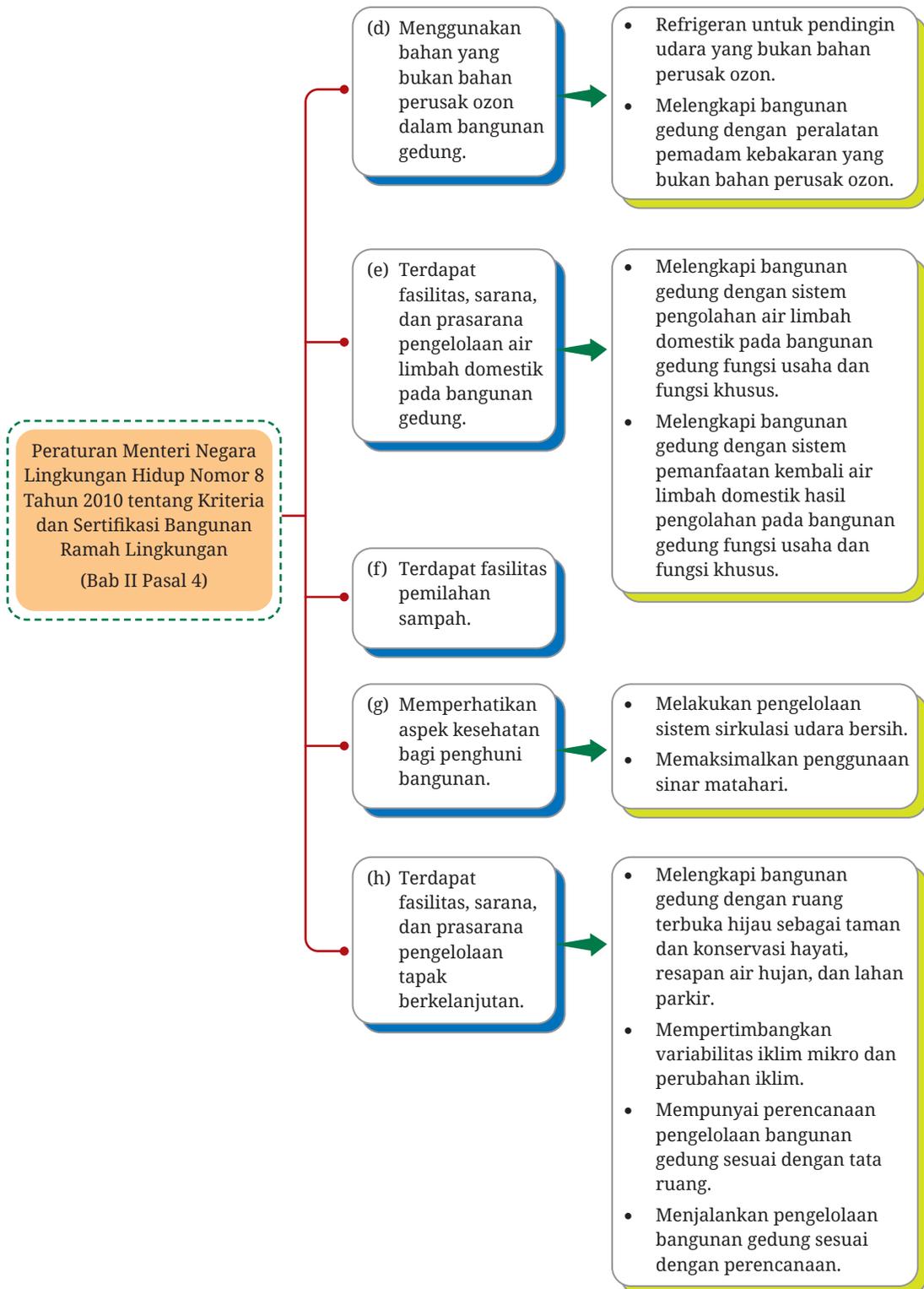
Pada sebuah bangunan gedung hijau, penggunaan material atau bahan bangunan berbasis *green material* sangatlah penting. Jenis bahan bangunan yang digunakan pada sebuah bangunan gedung hijau diharapkan dapat mengurangi dampak pemanasan global (*global warming*). Menurut Syahriah (2017), “Material ramah lingkungan adalah material yang saat digunakan dan dibuang tidak memiliki potensi merusak lingkungan dan mengganggu kesehatan”.

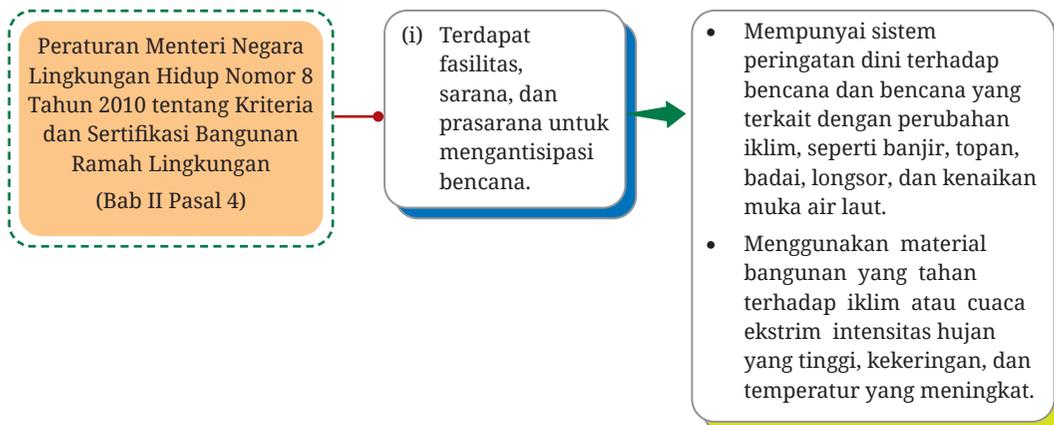


Menurut Ervianto (2013) dalam Syahriah, “Material ekologis atau ramah lingkungan adalah material yang bersumber dari alam dan tidak mengandung zat-zat yang mengganggu kesehatan, seperti batu alam, kayu, bambu, dan tanah liat”. Bahan bangunan yang ramah lingkungan selain diaplikasikan pada elemen struktur bangunan, juga diaplikasikan pada pekerjaan *finishing*, di antaranya cat, pendingin ruangan, dan lain sebagainya.

Kementerian Lingkungan Hidup mengeluarkan kebijakan tentang kriteria bangunan ramah lingkungan. Pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 8 tahun 2010 menjelaskan tentang material bangunan ramah lingkungan, seperti yang digambarkan pada skema berikut.







Gambar 6.1 Skema Kriteria Bangunan Ramah Lingkungan

Sumber: Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 8 tahun 2010



Aktivitas Mandiri 6.1

Mendeskripsikan Karakteristik *Green Material*

Setelah memahami penjelasan di atas, lengkapilah tabel di bawah ini tentang karakteristik *green material* yang sesuai untuk diterapkan pada bangunan gedung rumah yang ramah lingkungan. Tambahkan minimal 4 kriteria yang perlu dipertimbangkan pada tahap perencanaan aset properti bangunan gedung rumah yang ramah lingkungan!

Nama : Tugas : Mendeskripsikan Karakteristik <i>Green Material</i> Hari/Tanggal :			
No.	Kriteria	Aplikasi (Ya/Tidak)	Keterangan (Nama Material, dan lain-lain)
1.	Material yang berasal dari alam.		
2.	Material berasal dari bahan yang tidak beracun (<i>nontoxic material</i>).		

No.	Kriteria	Aplikasi (Ya/Tidak)	Keterangan (Nama Material, dan lain-lain)
3.	Material yang tidak mengeluarkan racun saat digunakan (tidak menghasilkan zat beracun).		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		

Aplikasi Green Material pada Sustainable Building

Sustainable artinya berkelanjutan. Untuk menghasilkan suatu aset yang berupa *sustainable building* atau bangunan berkelanjutan, bahan bangunan yang dipilih sebaiknya dapat mendukung praktik tersebut. Pemilihan material perlu mempertimbangkan aspek keberlanjutan, mulai dari tahap perencanaan, pembangunan, dan operasional (perawatan dan penghunian), hingga tahap pembongkaran.

Pengadaan material yang ramah lingkungan pada setiap tahap aset bangunan yang berkelanjutan dapat mengadopsi praktik siklus pengadaan material/bahan bangunan. Aplikasi konsep *green material* pada suatu aset properti dimulai dari fase perencanaan, konstruksi/pembangunan, hingga saat operasional. Oleh karena itu, konsep siklus pengadaan *green material* mengikuti tahapan yang serupa.

1. Fase Perencanaan

Pada fase perencanaan, kriteria *green material* dapat dilihat pada bagian sumber material, pemrosesan bahan baku menjadi material bahan bangunan, dan pengiriman. Beberapa aspek perlu diperhatikan



maupun dikelola, seperti pengelolaan limbah, pencegahan polusi atau pencemaran, emisi karbon, daur ulang, dan sumber daya alam.

Beberapa produk material bangunan sudah mendapat label, misalnya kayu. Di Indonesia, terdapat Lembaga Ekolabel Indonesia (LEI) yang mendukung skema sertifikasi Pengelolaan Hutan Produksi Lestari (PHPL) dan Sistem Verifikasi Legalitas Kayu (SVLK). Kegiatan sertifikasi ini sebagai upaya mengawal pembangunan yang berkelanjutan.

2. Fase Konstruksi/Pembangunan

Pada fase ini, pengadaan dan pengelolaan material harus memenuhi kriteria *green material*. Aspek-aspek yang perlu diperhatikan pada pelaksanaannya, antara lain efisiensi energi, sumber energi terbarukan, konservasi air, emisi karbon, serta Bahan Beracun dan Berbahaya (B3).

3. Fase Operasional

Fase operasional adalah saat bangunan gedung tersebut sudah beroperasi, termasuk jika terjadi pembongkaran, baik sebagian maupun keseluruhan bangunan. Beberapa aspek yang perlu diperhatikan, antara lain pendaurulangan baik penggunaan kembali maupun pengalihan fungsi, dapat terurai (*biodegradable*), emisi karbon, dan lain sebagainya.

a. Daur Ulang

Pada konsep *green building material*, penggunaan daur ulang tidak hanya terbatas pada material bangunan saja, tetapi berlaku juga bagi bangunan itu sendiri. Penggunaan material bangunan daur ulang dapat diterapkan pada elemen struktural maupun nonstruktural dari sebuah bangunan. Pada elemen struktural, kriteria struktur dan desain dari elemen tersebut tetap harus dipenuhi.

Salah satu contoh penggunaan material bangunan daur ulang, yaitu gedung Microlibrary Bima di Bandung. Fasad bangunan Microlibrary Bima terbuat dari daur ulang keranjang es krim.



Gambar 6.2 Microlibrary Bima di Bandung

Sumber: miclib.com /Sanrok Studio

Daur ulang material bangunan dapat dilakukan saat pembongkaran bangunan, baik sebagian maupun keseluruhan bangunan. Daur ulang material bangunan juga dapat diaplikasikan saat mengonstruksi bangunan baru, merenovasi bangunan, maupun saat melakukan perbaikan bangunan karena bencana alam, misalnya gempa bumi.

Berikut ini salah satu contoh bangunan ramah lingkungan di Jepang. Bangunan tersebut terbuat dari daur ulang 700 jendela hasil bongkaran bangunan.



Gambar 6.3 Bangunan Kamikatsu Zero Waste Centre di Jepang.

Sumber: edition.cnn.com/Koji Fujii



Di Indonesia terdapat banyak gedung tua dengan beraneka ragam arsitektur yang indah, bahkan bangunan tersebut ada yang berumur sekitar 100 tahun, misalnya gedung dengan arsitektur Indis di Yogyakarta. Gedung tersebut dibangun pada tahun 1920-an yang saat itu berfungsi sebagai hunian. Kini, gedung tersebut sudah tidak digunakan sebagai gedung hunian (rumah). Alih-alih membongkar gedung tua dengan arsitektur yang indah ini, gedung tersebut didaur ulang. Dalam hal ini, pendaurulangan gedung tua disebut juga alih fungsi. Untuk menjaga keberlanjutannya, gedung tersebut dijadikan cagar budaya. Saat ini gedung di Jl. FM Noto, Kotabaru tersebut dialihfungsikan menjadi Museum Sandi di Yogyakarta.



Gambar 6.4 Museum Sandi di Yogyakarta

Sumber: [tribunjogjawi.tribunnews.com/Wahyu Setiawan Nugroho](http://tribunjogjawi.tribunnews.com/Wahyu%20Setiawan%20Nugroho) (2021)

b. Emisi Karbon

Emisi karbon (CO_2) dari sebuah bangunan gedung tidak hanya terjadi saat bangunan tersebut sudah beroperasi atau dihuni. Akan tetapi, emisi karbon dihasilkan dari mulai pengadaan material bangunan, tahap konstruksi, hingga saat bangunan tersebut beroperasi. Emisi karbon pada bangunan yang terjadi sebelum bangunan beroperasi, yakni tahap perencanaan dan konstruksi, disebut *embodied carbon*. Sementara itu, emisi karbon pada bangunan yang terjadi saat bangunan gedung tersebut beroperasi disebut jejak karbon.



Gambar 6.5 Jenis-Jenis Karbon pada Bangunan Gedung

Menurut *United Nations Environment Programs* (UNEP) dalam *2022 Global Status Report for Buildings and Construction* disebutkan bahwa, “Sektor *building and constructions* (gedung dan konstruksi) berperan sekitar 34% kebutuhan energi dan sekitar 37% emisi karbon berasal dari penggunaan energi maupun proses lainnya”. Emisi karbon dipengaruhi oleh energi yang digunakan. Oleh karena itu, untuk mengurangi *embodied carbon* maka dilakukan upaya pengurangan *embodied energy*. Dengan mengurangi emisi karbon sejak tahap awal perencanaan bangunan, diharapkan upaya pengurangan pemanasan global dapat dilakukan sejak dini.

Menurut Wahyuni, dkk (2017), “*Embodied energy* material bangunan terbesar terjadi pada pekerjaan dinding (35%-45%) dan pekerjaan atap (46%-48%) pada pembangunan rumah sederhana”. Pada tahap perencanaan dan konstruksi, dampak pengurangan *embodied energy* material bangunan pada kedua pekerjaan tersebut dapat memberikan kontribusi yang cukup signifikan terhadap pengurangan emisi karbon. Selain itu, pengurangan *embodied energy* pada tahap instalasi atau konstruksi juga dapat dilakukan dengan meminimalkan pekerjaan ulang/perbaikan (*rework/repair*). Hal lain yang dapat dilakukan adalah



menghitung kebutuhan material dengan lebih cermat sehingga dapat meminimalkan sisa material yang tidak terpakai atau terbuang (*zero waste material management*).

Selain untuk memenuhi kebijakan pembangunan dalam mengurangi dampak pemanasan global, penerapan konsep *green material* juga dapat bernilai ekonomis. Oleh karena itu, material yang digunakan harus memenuhi kriteria untuk mengurangi dampak pemanasan global. Pemilihan jenis material akan memengaruhi biaya total proyek dan biaya total properti saat bangunan sudah beroperasi. Oleh karena itu, pemilihan material bangunan berbasis *green material* sebaiknya dilakukan secara optimal dengan berkonsultasi kepada pemilik properti tersebut.

B. Menyajikan Pekerjaan Konstruksi Menggunakan Bahan Bangunan Berbasis *Green Material*



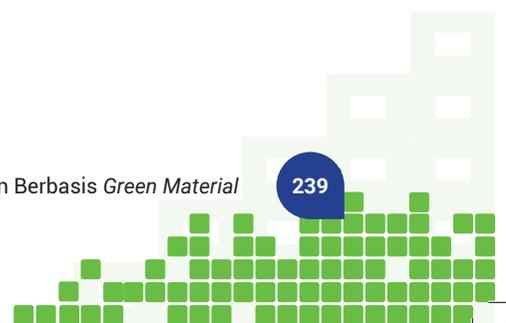
Amati konstruksi bangunan rumah di atas dan lakukan identifikasi komponen-komponen yang terdapat pada kegiatan konstruksi tersebut!

1. Dapatkah kalian menyebutkan pekerjaan konstruksi yang terdapat pada gambar di atas?
2. Tahukah kalian dokumen yang dipegang oleh A?
3. Apa fungsi dokumen tersebut?

Sebelum melaksanakan pembangunan suatu properti, perlu dibuat serangkaian gambar kerja konstruksi yang menjadi pegangan para pekerja konstruksi. Gambar kerja konstruksi (*construction drawings*) adalah dokumen yang terdiri dari sekumpulan gambar-gambar yang merupakan visualisasi dari desain properti yang akan dibangun. Sepanjang pelaksanaan proyek konstruksi dari tahap awal hingga properti yang dibangun siap dihuni, terdapat beberapa jenis gambar yang dihasilkan.

Tabel 6.1 Jenis-Jenis Gambar Teknis

No	Jenis Gambar	Keterangan
1.	Gambar Lokasi Tapak	Gambar peta yang menunjukkan lokasi tapak.
2.	Gambar Rencana (<i>Preliminary Drawings</i>)	Gambar yang menunjukkan wujud dari konsep dasar bangunan yang akan dibangun. Fungsinya untuk memfasilitasi diskusi antara pemilik bangunan/proyek dengan konsultan perencana.
3.	Gambar Tender	Gambar yang merupakan pengembangan dari gambar rencana. Fungsinya untuk melengkapi dokumen tender/lelang.
4.	Gambar Forcon	Gambar <i>For Construction</i> adalah pengembangan dari gambar tender yang telah disetujui oleh pemilik proyek. Gambar ini digunakan sebagai acuan pelaksanaan konstruksi di lokasi proyek (lapangan).



No	Jenis Gambar	Keterangan
5.	Gambar <i>Shop (Shop Drawings)</i>	Gambar yang merupakan pengembangan lebih detail dari gambar Forcon. Gambar ini dibuat oleh kontraktor untuk pelaksanaan suatu pekerjaan di lapangan. Sebelum digunakan, gambar <i>shop</i> harus disetujui pemilik proyek.
6.	Gambar <i>As-Built</i>	Gambar yang dibuat setelah pekerjaan konstruksi selesai. Gambar ini merupakan dokumentasi dari bangunan/properti yang dibangun sesuai kondisi di lapangan. Gambar <i>as-built</i> akan diperlukan saat renovasi atau perbaikan setelah bangunan/properti tersebut beroperasi.

Sebelum gambar konstruksi dibuat, terdapat pekerjaan-pekerjaan yang harus dilakukan oleh desainer maupun tenaga teknik. Rangkaian pekerjaan-pekerjaan konstruksi tersebut sebagai berikut.

1. Studi Kelayakan

Pada tahap ini, perlu dilakukan analisis mengenai kelayakan proyek yang akan dibangun. Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, antara lain:

- a. Elemen dari konsep bangunan hijau yang akan dikembangkan.
- b. Gambar peta lokasi tapak.
- c. Asesmen akan kecukupan anggaran dan jadwal proyek berdasarkan lingkup kerja (*scope of work*) yang direncanakan.
- d. Analisis kondisi lapangan (*site*), seperti analisis tanah (*soil tests*), kesesuaian tapak dengan fungsi lahan, ketersediaan sumber air, ketersediaan sumber energi, dan ketersediaan transportasi publik, dan lain sebagainya.
- e. Analisis risiko dan hambatan dari segi perencanaan, anggaran, dan jadwal proyek selama konstruksi.

2. Pemrograman

Pemrograman merupakan serangkaian proses yang digunakan untuk mencapai kesepakatan mengenai kriteria desain bangunan yang akan dikonstruksi. Beberapa pekerjaan konstruksi yang dilakukan pada tahap ini, antara lain:

- a. Pekerjaan pengukuran tanah.
- b. Gambar rencana (*preliminary drawings*).
- c. Pembuatan perkiraan awal anggaran biaya (*preliminary budget*) berdasarkan perkiraan luasan dan/atau volume pekerjaan.
- d. Pembuatan perkiraan awal jadwal proyek (*preliminary project schedule*).
- e. Ketentuan dan standar bangunan dan konstruksi yang digunakan di daerah tersebut.
- f. Pekerjaan renovasi maupun pengalihan fungsi bangunan lama, termasuk pekerjaan asesmen/evaluasi bangunan yang sudah ada.

3. Konsep Desain

Tahap konsep desain merupakan tahap awal dari fase konstruksi. Proses penetapan dan pemantapan ukuran dan bentuk dari bangunan akan dilakukan. Hal ini akan melibatkan beberapa pekerjaan konstruksi, antara lain:

- a. Pengembangan konsep desain menjadi *Detail Engineering Design* (DED) atau disebut juga Detail Rancangan Teknis yang terdiri dari:
 - Dokumen gambar tender.
 - Pengembangan spesifikasi desain dan material bahan bangunan.
 - Perencanaan daftar material yang diperlukan (*preliminary bill of material*).
 - Perencanaan daftar kuantitas pekerjaan (*preliminary bill of quantity*).
 - Perkiraan rencana biaya proyek (*cost estimate*).
 - Perkiraan jadwal proyek (*project schedule*).
 - Strategi eksekusi proyek sesuai peraturan yang berlaku, termasuk di dalamnya ada rencana Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).



- b. Rencana perizinan bangunan.
- c. Strategi pengadaan barang (*procurement strategy*).

4. Desain Detail

Pada tahap ini, konsep desain dikembangkan menjadi lebih detail sehingga dapat menjadi gambar kerja dan spesifikasi yang lebih detail. Dokumen gambar dan spesifikasi bangunan, serta material bangunan ini akan menjadi gambar yang digunakan pada tahap konstruksi. Dokumen gambar desain yang lebih detail tersebut disebut juga gambar *Forcon* (gambar *For Construction*). Pekerjaan konstruksi pada tahap desain, antara lain:

- a. Finalisasi gambar desain bangunan (gambar tender) menjadi gambar konstruksi, di antaranya gambar potongan, gambar struktur, gambar kelistrikan, gambar desain interior, dan lain sebagainya.
- b. Finalisasi spesifikasi, baik bangunan maupun material bangunan sesuai konsep bangunan hijau menjadi lebih detail dan siap digunakan untuk pengadaan.
- c. Memperbarui daftar material (*bill of material*).
- d. Memperbarui daftar kuantitas (*bill of quantity*).
- e. Rencana biaya proyek (*project cost plan*) yang lebih detail. Rencana biaya proyek disebut juga Rencana Anggaran Biaya (RAB).
- f. Jadwal proyek (*project schedule*) yang lebih detail.
- g. Rencana pengadaan barang (*procurement plan*) yang sesuai konsep konstruksi hijau (*green construction*).
- h. Rencana sumber daya konstruksi (*construction resources plan*), baik tenaga kerja maupun alat berat.

Pada akhir tahap detail desain, dokumen gambar-gambar konstruksi, termasuk spesifikasi untuk bangunan maupun semua material bahan bangunan diperbarui dan dibuat lebih rinci. Setelah keempat tahap ini dilaksanakan, proyek bangunan gedung akan memasuki tahap berikutnya, yaitu tahap konstruksi.





Aktivitas Kelompok 6.2

Menyusun Rencana Pengurusan IMB

Bekerjalah secara berkelompok bersama 3-4 teman kalian. Lakukan survei atau studi pustaka terkait dokumen yang diperlukan untuk mengajukan Izin Mendirikan Bangunan (IMB) rumah tinggal sederhana di daerah kalian. Setelah itu, carilah informasi mengenai perkiraan durasi pengerjaan masing-masing dokumen yang diperlukan.

Gunakan formulir di bawah ini untuk melaporkan temuan atau hasil survei kelompok kalian!

Menyusun Rencana Pengurusan IMB				
Nama	:			
Kelompok	:			
Kelas	:			
Hari/Tanggal	:			
No.	Dokumen	Waktu Pengerjaan (Hari)	Perkiraan Biaya (Rupiah)	Keterangan
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
Total				





Rangkuman

1. Bahan bangunan ramah lingkungan adalah bahan bangunan yang tidak mengganggu kesehatan pada saat pembuatan/produksi.
2. Pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 8 Tahun 2010 tentang Kriteria dan Sertifikasi Bangunan Ramah Lingkungan (Bab II pasal 4), disebutkan kriteria material bahan bangunan hijau, yaitu material bangunan yang bersertifikat eco-label, material bangunan lokal, dan tidak menggunakan bahan perusak ozon.
3. Emisi karbon yang terjadi sebelum bangunan beroperasi atau dihuni disebut *embodied carbon*, sedangkan emisi karbon pada saat bangunan sudah beroperasi atau dihuni disebut jejak karbon.
4. Salah satu usaha untuk mengurangi emisi karbon adalah melakukan daur ulang. Untuk bangunan gedung, daur ulang dapat diaplikasikan pada penggunaan material bangunan dari daur ulang, penggunaan material bangunan dari bangunan yang telah dibongkar, dan pengalihfungsian bangunan tua.
5. Rencana penggunaan dan pemasangan material bangunan hijau dilakukan sejak awal proyek, yaitu tahap pemrograman.
6. Analisis risiko dan hambatan suatu bangunan gedung dapat dilakukan sejak tahap awal, yaitu tahap studi kelayakan.
7. Pengembangan perencanaan desain, biaya proyek, dan jadwal proyek dilakukan sejak awal proyek dengan tingkat ketelitian yang semakin meningkat.



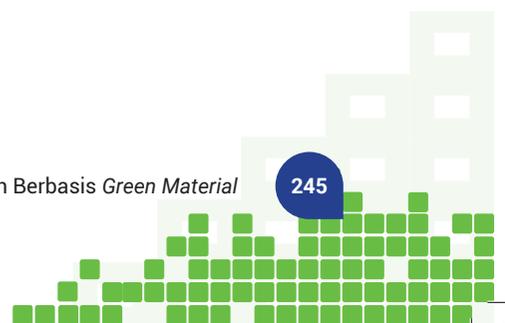
Asesmen



Asesmen Mandiri 6.1

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Apa yang dimaksud dengan bahan bangunan ramah lingkungan?
2. Mengapa perlu mempertimbangkan material bahan bangunan ramah lingkungan saat mendesain bangunan gedung rumah tinggal?
3. Sebutkan salah satu material bahan bangunan ramah lingkungan dan berikan alasannya!
4. Pada tahap apakah penerapan bahan bangunan ramah lingkungan mulai dipertimbangkan? Jelaskan alasan kalian!
5. Bu Kiki akan memasang pendingin ruangan pada rumahnya. Bagaimana kriteria pendingin ruangan yang sesuai dengan material bahan bangunan ramah lingkungan?
6. Sebutkan contoh emisi karbon yang terjadi sebelum bangunan gedung dihuni. Bagaimana cara meminimalkan emisi karbon pada tahap ini?
7. Sebuah bangunan gedung tua akan dibongkar. Menurut kalian, apa yang dapat didaur ulang dari gedung tersebut? Jelaskan alasannya!
8. Pak Nono menerima gambar denah dari seorang pelanggan yang ingin mengetahui estimasi biaya dan durasi konstruksi dari sebuah bangunan gedung. Dapatkah Pak Nono melakukan estimasi biaya dan jadwal proyek? Jika ya, bagaimanakah caranya?
9. Pengembangan strategi pengadaan barang dilakukan pada tahap konsep desain. Menurut kalian, mengapa hal ini perlu dilakukan?
10. Sebutkan minimal 3 pekerjaan konstruksi yang dilakukan pada tahap detail desain!





Asesmen Kelompok 6.2

Bentuklah kelompok dengan 2-3 teman kalian. Amatilah beberapa kegiatan konstruksi di sekitar kalian, lalu buatlah infografik tentang emisi karbon selama kegiatan konstruksi bangunan gedung!



Proyek



Proyek 6.1

Proyek Membuat Maket Rumah Sederhana Berbasis *Green Material*

Buatlah kelompok dengan 4-5 teman kalian, lalu simaklah kedua video berikut!

Pindai



Video 1

<https://www.youtube.com/watch?v=12Ay7PQzrf0>

Sumber: SMK Arsitek (2022)

Pindai



Video 2

<https://www.youtube.com/watch?v=CabfBleRiI0>

Sumber: SMK Arsitek (2022)

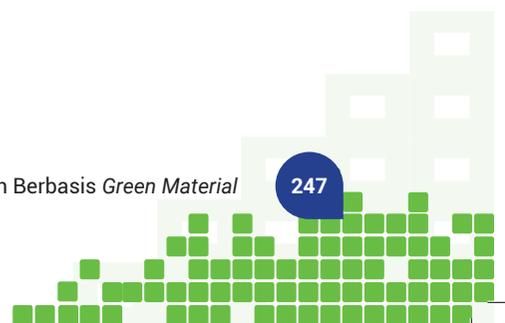
Bandingkan kedua video di atas, lalu tuliskan hasil perbandingan video kelompok kalian dalam bentuk tabel seperti berikut ini. Setelah selesai, serahkan hasilnya kepada Bapak/Ibu Guru.

Nama : Kelompok : Tugas : Membandingkan Video tentang Pembuatan Maket				
No.	Elemen	Video 1	Video 2	Alasan
1.	Kejelasan penyampaian materi			
2.	Kemudahan metode yang digunakan			
3.	Kejelasan pemakaian bahan			
4.	.....		
5.	.....		

Setelah menyerahkan hasil perbandingan video di atas, lanjutkan proyek membuat maket sebuah rumah sederhana. Perhatikan langkah-langkah berikut ini.

1. Persiapkan semua bahan dan peralatan yang diperlukan, seperti *cardboard*, *cutter*, dan lain-lain. Gunakan bahan-bahan yang dapat didaur ulang atau dapat terurai.
2. Hitunglah skala bangunan.
3. Tentukan letak tapak rumah di atas maket.
4. Buatlah bagian-bagian dari maket sesuai ukuran. Potong sesuai pola dan cat atau warnai sesuai desain.
5. Pasang aksesoris sesuai desain yang telah dibuat.

Sekarang saatnya kalian mempraktikkan langkah-langkah di atas dengan membuat maket secara berkelompok.



Buatlah maket sebuah tapak rumah berukuran 36 m^2 dan luas tanah 60 m^2 ($6 \times 10 \text{ m}$) di atas sebuah *cardboard*. Rumah tersebut merupakan bangunan hijau dengan usaha-usaha konservasi energi, konservasi air, menjaga kualitas udara di dalam bangunan, dan dilengkapi dengan ruang terbuka hijau.

Setelah selesai, periksalah maket kalian secara mandiri sebelum diserahkan kepada Bapak/Ibu Guru. Berikut adalah tabel penilaian secara mandiri untuk memeriksa kelengkapan maket kalian.

No.	Aspek Penilaian	Selesai/Belum	Keterangan
1.	Ukuran bangunan rumah dan luas tanah sudah sesuai dengan spesifikasi.		
2.	Skala yang digunakan sudah sesuai dan tertulis pada keterangan maket.		
3.	Semua bagian fasad rumah sudah dicat sesuai desain.		
4.	Terdapat usaha konservasi energi pada desain rumah tinggal tersebut.		
5.	Terdapat usaha konservasi air pada desain rumah tinggal tersebut.		
6.	Terdapat usaha menjaga kualitas udara di dalam rumah tersebut.		
7.	Terdapat ruang terbuka hijau pada desain rumah tersebut.		
8.	Nama kelompok dan keterangan dapat terlihat dengan mudah.		



Pengayaan

1. Bangunan Gedung Rumah Pasif

Salah satu desain bangunan gedung rumah yang mengusung konsep konservasi energi adalah desain bangunan gedung rumah pasif. Pada rumah pasif, perancangan bangunan mempertimbangkan pemanfaatan energi alam, seperti matahari, angin, dan lain sebagainya untuk pencahayaan di dalam ruangan maupun menjaga stabilitas sirkulasi udara di dalam ruangan agar tetap sehat dan nyaman.

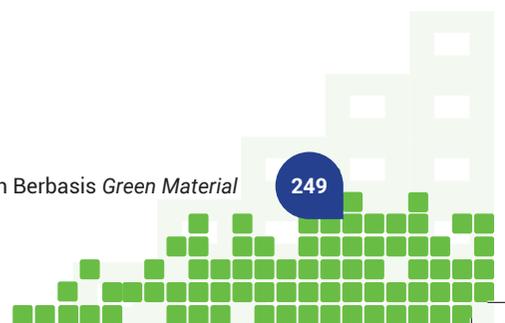
Kalian dapat mencari informasi tambahan lainnya mengenai desain rumah pasif.

2. Peraturan tentang Struktur Bangunan

Dalam merancang suatu bangunan gedung di Indonesia, terdapat beberapa peraturan mengenai struktur bangunan, antara lain:

- a. Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan.
- b. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk gedung.
- c. Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural.
- d. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung.
- e. Baja tulangan beton.

Kalian dapat mempelajari peraturan-peraturan yang berlaku tersebut sebagai referensi untuk desain bangunan gedung.





Refleksi

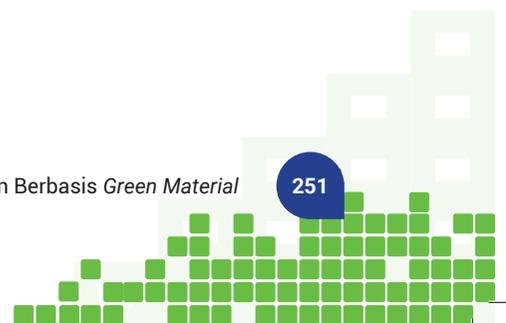
Merefleksikan hasil belajar Bab 6 untuk mengetahui topik yang sudah berhasil dipahami dengan baik dan yang perlu dikuasai lebih lanjut.

Selamat! Kalian sudah selesai mempelajari Bab 6. Tentu banyak yang sudah kalian pelajari.

Tandai kegiatan yang sudah kalian lakukan atau pengetahuan yang sudah kalian pahami dengan memberi tanda centang (✓). Pada kolom “Masih Perlu Belajar Lagi”, tuliskan topik yang ingin kalian pelajari lebih lanjut!

No.	Capaian Pembelajaran	Sudah Memahami	Masih Perlu Belajar Lagi	Catatan
1.	Saya mampu mendeskripsikan contoh-contoh material bangunan berbasis <i>green material</i> .			
2.	Saya mampu mendeskripsikan spesifikasi material bangunan berbasis <i>green material</i> .			
3.	Saya mampu menjelaskan karakteristik material bangunan berbasis <i>green material</i> .			

No.	Capaian Pembelajaran	Sudah Memahami	Masih Perlu Belajar Lagi	Catatan
4.	Saya mampu menjelaskan mengenai emisi karbon yang terjadi saat bangunan gedung belum beroperasi atau dihuni.			
5.	Saya mampu menjelaskan mengenai emisi karbon yang terjadi saat bangunan gedung sudah beroperasi atau dihuni.			
6.	Saya mampu menjelaskan perbedaan daur ulang antara material bahan bangunan dengan bangunan gedung.			
7.	Saya mampu menjelaskan pekerjaan konstruksi pada tahap studi kelayakan.			



No.	Capaian Pembelajaran	Sudah Memahami	Masih Perlu Belajar Lagi	Catatan
8.	Saya mampu menjelaskan pekerjaan konstruksi pada tahap pemrograman.			
9.	Saya mampu menjelaskan pekerjaan konstruksi pada tahap desain konsep.			
10.	Saya mampu menjelaskan pekerjaan konstruksi pada tahap desain detail.			
11.	Saya mampu membuat maket rumah sederhana dengan konsep <i>green building</i> .			

Hitunglah persentase penguasaan materi kalian menggunakan rumus berikut.

$$\frac{\text{Jumlah materi yang kalian kuasai}}{\text{Jumlah seluruh materi}} \times 100\%$$

- Jika 70-100% materi di atas sudah dikuasai, kalian dapat meminta kegiatan pengayaan kepada guru.
- Jika materi yang dikuasai masih di bawah 70%, kalian dapat mendiskusikan kegiatan remedial yang dapat dilakukan bersama guru kalian.

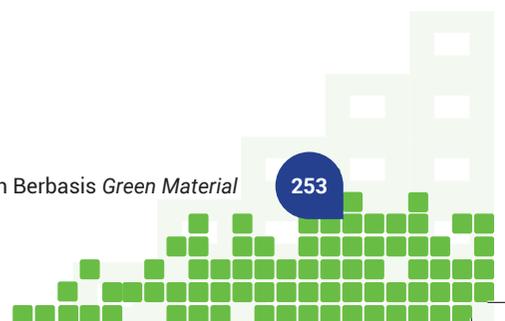
Jurnal Membaca



Pada bagian ini, kalian dapat memilih buku untuk dibaca sebagai bagian dari kegiatan jurnal membaca. Pilihlah salah satu dari beberapa alternatif karya pada tabel di bawah ini. Lengkapi formulir 'Jurnal Membaca' yang disediakan sebagai tindak lanjut dari kegiatan membaca ini.

Pilihlah salah satu karya dari beberapa karya berikut yang dapat kalian jadikan alternatif pada kegiatan jurnal membaca pada Bab 6!

No.	Judul	Penulis	Jenis Karya	Penerbit	Sumber Daring
1.	Penerapan Material Ramah Lingkungan pada Microlibrary Bima Kota Bandung	Christa Bella dan Tessa Eka Darmayanti	Jurnal	Jurnal Waca Cipta Ruang Vol 8 No.1 (2022)	
2.	Material Ramah Lingkungan untuk Interior Rumah Tinggal	Dila Hendraku-suma	Jurnal	Jurnal Humaniora Vol 2 n0.1 (2011)	



No.	Judul	Penulis	Jenis Karya	Penerbit	Sumber Daring
3.	Rencana Anggaran Biaya untuk Rumah Sederhana	Agnes Dwiyanthi Winoto	eBook	PT Taka Publisher	iPusnas
4.	Langkah Runtut Menghitung Rencana Anggaran Biaya Bangunan Contoh Kasus Rumah Tipe 36	Anik Rahmawati Wahyuning-sih, ST, MT	eBook	Deepublish	iPusnas

Lengkapilah formulir ‘Jurnal Membaca’ berikut ini sebagai tindak lanjut kegiatan membaca salah satu karya yang direkomendasikan di atas. Gunakan formulir berbeda untuk setiap buku!

JURNAL MEMBACA

Hari/tanggal :

Nama :

Kelas :

Judul Buku:

Penulis :

Penerbit :

Tahun :

Pilihlah salah satu kegiatan dari dua alternatif kegiatan berikut untuk menindaklanjuti buku yang telah kalian baca.

1. Buatlah rangkaian foto dari bangunan gedung atau interior yang menggunakan material ramah lingkungan yang ada di sekitar kalian.
2. Buatlah skematik dari metode rancangan anggaran biaya dari salah satu buku yang kalian baca.

Rangkuman/Sketsa:

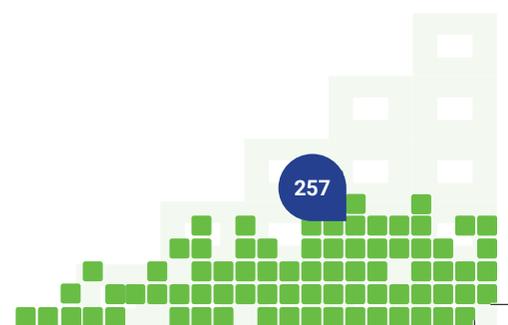
.....
.....
.....



Glosarium

bisnis	usaha komersial dalam dunia perdagangan atau bidang usaha atau usaha dagang.
deskripsi	pemaparan atau penggambaran dengan kata-kata secara jelas dan terperinci.
elemen	bagian (yang penting, yang dibutuhkan) dari keseluruhan yang lebih besar.
fitur	karakteristik khusus yang terdapat pada suatu alat.
gempa	peristiwa alam berupa getaran atau gerakan bergelombang pada kulit bumi yang ditimbulkan oleh tenaga asal dalam.
infografik	informasi yang disampaikan dalam bentuk grafik.
inklusif	bersifat inklusi.
jurnal	(buku) catatan harian.
kantilever	konstruksi batang (balok) yang salah satu ujungnya dijepit dan ujung lainnya bebas.
kawasan	daerah tertentu yang mempunyai ciri tertentu, seperti tempat tinggal, pertokoan, industri, dan sebagainya.
konservasi	pemeliharaan dan perlindungan sesuatu secara teratur untuk mencegah kerusakan dan kemusnahan dengan jalan mengawetkan, pengawetan, dan pelestarian.
lokal	deretan peristiwa nyata atau fiksi yang membangun sebagian alur dramatik.
material	alat (sarana) komunikasi, seperti koran, majalah, radio, televisi, film, poster, dan spanduk.
permukiman	daerah tempat bermukim.
profesi	bidang pekerjaan yang dilandasi oleh pendidikan keahlian (keterampilan, kejuruan, dan sebagainya) tertentu.

- refleksi** merenungkan kembali apa yang sudah terjadi dan dilakukan.
- revitalisasi** proses, perbuatan menghidupkan atau menggiatkan kembali.
- tata kota** pola tata perencanaan yang terorganisasi untuk sebuah kota dalam membangun, misalnya jalan, taman, tempat usaha, dan tempat tinggal agar kota tampak apik, nyaman, indah, berlingkungan sehat dan terarah peluasannya di masa depan.





Daftar Pustaka

- Ardiani, Y Mila. *Sustainable Architecture Arsitektur Berkelanjutan*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 2015.
- Arifin, Mochamad Sahrul, dkk. “Media Pembelajaran Konservasi dan Efisiensi Energi pada Mata Kuliah Konstruksi Bangunan Gedung”. *The Indonesian Journal of Civil Engineering Education, Sebelas Maret University* Vol. 3 No. 1, 2017.
- Asriningpuri, Handajani, dkk. “Teknologi Hijau Warisan Nenek Moyang di Tanah Parahyangan”. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan* ISSN: 2085-1227.
- Haryanto, Dr. Ing. Ismoyo, dkk. *Seri Mekanika Teknik: Statika*. Yogyakarta: Bintang Pustaka Madani, 2021.
- Kusumawanto, A & Zulaikha Budi Astuti. *Arsitektur Hijau dalam Inovasi Kota*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2021.
- Pythel, Andrew & Jaan Kiusalaas. *Engineering Mechanics Statics*. USA : Cengage Learning, 2015.
- Syahriah, Dewi Rachmaniatu. Penerapan aspek Green Material pada Kriteria Bangunan Rumah Lingkungan di Indonesia. *Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia* 6(2):95-100, Agustus 2017.
- Zebua, Alfian Wiranata. *Desain Pelat Gedung Struktur Beton Bertulang di Wilayah Gempa Tinggi*. IKIP Gunungsitoli: Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FPTK.

Sumber Internet:

- Abdullah, Abid. “31 Contoh Gambar 3 Dimensi dengan Pensil yang Menipu Mata”. 2018. <https://informazone.com/contoh-gambar-3-dimensi/amp/> . Diakses tanggal 10 September pukul 20.07 WIB.
- Admin dlh. “Menciptakan Ruang Terbuka Hijau di Lahan Perumahan yang Sempit”. 2022. https://dlh.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/69_menciptakan-ruang-terbuka-hijau-di-lahanperumahan-yang-sempit. Diakses tanggal 29 Agustus 2022 pukul 21.05 WIB.

- Admin DPU. “Pondasi Bangunan Rumah Tinggal Sederhana”. 2022. <https://dpu.kulonprogokab.go.id/detil/748/pondasi-bangunan-rumah-tinggal-sederhana>. Diakses tanggal 7 Januari pukul 13:50 WIB.
- Admin. “*Two-Way Flat Slab (Concrete Floor with Drop Panels) System Analysis and Design*”. <https://structurepoint.org/pdfs/Two-Way-Concrete-Slab-Floor-With-Drop-Panels-Design-Detailing.htm>. Diakses tanggal 13 November 2022 pukul 12:20 WIB.
- Agustina, Ira Audia. “Pengaplikasian *Green Design* Secara Sederhana Bagi Rumah Tinggal”. <https://binus.ac.id/malang/2020/02/pengaplikasian-green-design-secara-sederhana-bagi-rumah-tinggal/>. Diakses tanggal 27 Agustus 2022 pukul 21:05 WIB.
- ArchiCAD. “*ARCHICAD Energy Evaluation - Green Energy and Building Systems*”. 2012. <https://www.youtube.com/watch?v=CrBaAm17byM>. Diakses tanggal 29 September 2022 pukul 13.07 WIB.
- Arif Yoga Pratama. “Tutorial Menggunakan Theodolite Manual”. 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=EqInrktluV0>. Diakses tanggal 17 September 2022 pukul 16.00 WIB.
- Arifin, Ashar. “Proyeksi Ortogonal: Amerika dan Eropa Beserta Gambarnya”. 2022. <https://www.carailmu.com/2022/07/proyeksi-ortogonal-amerika-eropa.html>. Diakses tanggal 21 September 2022 pukul 20.10 WIB.
- Arsitek Channel. “Tahapan Pembangunan Rumah Minimalis Modern 2 Kamar Tidur Ukuran 9,5 m x 7 m”. 2022. <https://www.youtube.com/watch?v=7BqgedSNdKw>. Diakses tanggal 10 September 2022 pukul 11.00 WIB.
- arsitekturlingkungan. “Arsitektur Hijau”. 2015. <https://arsitekturdanlingkungan.wg.ugm.ac.id/category/arsitektur-hijau/>. Diakses tanggal 27 Agustus 2022 pukul 23:50 WIB.
- Ayuningtyas, Pradnya Agnira, dkk. “Penggunaan Material Ramah Lingkungan Berstandar *GreenShip* pada Bangunan Community Center Universitas Indonesia”. 2020. <http://dx.doi.org/1025105/agera.v18i2.7541>. Diakses tanggal 20 November 2022 pukul 21.00 WIB.
- BangdidTV. “8 Prospek Kerja Jurusan Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan (DPIB)”. 2019. <https://www.youtube.com/>

watch?v=7BqgedSNdKw. Diakses tanggal 11 September 2022 pukul 15.00 WIB.

BIM BUMR. “Adopsi BIM dan Organisasi”. <http://bim.pu.go.id/panduan.html>. Diakses tanggal 12 Februari 2023 pukul 05:30 WIB.

BIMIndo. “Penjelasan VR-*Virtual Reality* (Peragaan dan Pengoperasian)”. 2022. <https://www.youtube.com/watch?v=rF47qxVaBEE>. Diakses tanggal 5 Oktober 2022 pukul 14.20 WIB.

Biro Komunikasi Publik Kementerian PUPR. “Tahun 2022-2023, Kementerian PUPR Perbanyak Program Pembinaan Tenaga Kerja Konstruksi Vokasional”. 2022. <https://www.pu.go.id/berita/tahun-2022-2023-kementerian-pupr-perbanyak-program-pembinaan-tenaga-kerja-konstruksi-vokasional>. Diakses tanggal 6 Juli 2022 pukul 22:40 WIB.

Biro Komunikasi Publik Kementerian PUPR. “Terapkan Konsep *Green Building*, Gedung Utama Kementerian PUPR Terima Penghargaan Subroto Bidang Efisiensi Energi Tahun 2021”. 2021. https://eppid.pu.go.id/page/kilas_berita/2723/Terapkan-Konsep-Green-Building-Gedung-Utama-Kementerian-PUPR-Terima-Penghargaan-Subroto-Bidang-Efisiensi-Energi-Tahun-2021. Diakses tanggal 14 Agustus 2022 pukul 13.30 WIB.

Bouygues Construction. “*Understand BIM in 1 Minute*”. 2016. <https://www.youtube.com/watch?v=omaw1mdk9xg>. Diakses tanggal 24 September 2022 pukul 10.10 WIB.

BuildingPoint Pacific. “*BIM Explained What is Clash Detection*”. 2022. https://www.youtube.com/watch?v=iRylkWRBd_o. Diakses tanggal 5 Oktober 2022 pukul 10.00 WIB.

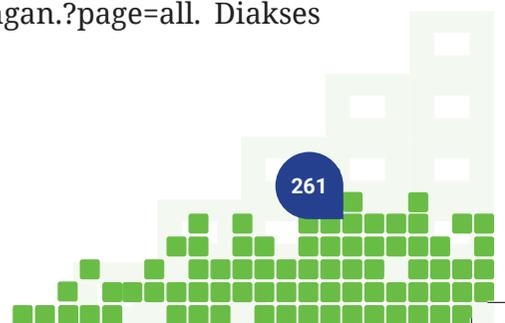
Cameron, Gayla, dkk. “6.1 *Types of Internal Forces*”. <https://pressbooks.library.upei.ca/statics/chapter/3-types-of-internal-forces/>. Diakses tanggal 12 November 2022 pukul 22:25 WIB.

Didik Sarwanto. “Tutorial Menggambar Proyeksi Orthogonal”. 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=LNvtm8AlDnw>. Diakses tanggal 21 September 2022 pukul 17.00 WIB.

Dinas CKRT Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. “Apa itu *Green Building*?”. 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=du7oF9wQRAY>. Diakses tanggal 3 September 2022 pukul 10:30 WIB.



- Edutafsi. “Jenis-Jenis Pensil yang Cocok untuk Menggambar”. 2015. <https://www.edutafsi.com/2015/01/jenis-jenis-pensil-untuk-menggambar.html> . Diakses tanggal 16 Oktober 2022 pukul 09.00 WIB.
- FadhilFlux. “Cara Menggunakan Waterpass dan Membaca Rambu Ukur”. 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=qb80eSLerBo>. Diakses tanggal 17 September 2022 pukul 13.20 WIB.
- Garkah. “Bangunan *Green Material*”. 2016. <https://dinasupr.bandaacehkota.go.id/2016/05/12/bangunan-green-building/>. Diakses tanggal 27 Agustus 2022 pukul 18:15 WIB.
- Gatley, Neill. “*Whats The Difference Between Green and Sustainable Buildings*”. 2021. <https://www.british-assessment.co.uk/insights/whats-the-difference-between-green-and-sustainable-buildings/>. Diakses tanggal 23 Desember 2022 pukul 22:18 WIB.
- Hakim, Rakhmat Nur. “Pengamat Sebut Revitalisasi Kota Tua Jadi Contoh Pembangunan Ruang Terbuka di Jakarta”. 2022. <https://kmp.im/app6https://megapolitan.kompas.com/read/2022/08/29/16025591/pengamat-sebut-revitalisasi-kota-tua-jadi-contoh-pembangunan-ruang>. Diakses tanggal 15 Desember 2022 pukul 15:30 WIB.
- Harvard T.H. Chan. “*The Impact of Healthy Buildings*”. <https://www.hsph.harvard.edu/healthybuildings/overview/>. Diakses tanggal 7 Juli 2022 pukul 17:02 WIB.
- I Ketut Hendra Wiryasuta. “Cara Pengukuran Detail Situasi dengan Alat Total Station Topcon GM-55”. 2021. https://www.youtube.com/watch?v=FPC9Gs_xKE0. Diakses tanggal 17 September 2022 pukul 15.10 WIB.
- ITDC Creating Destination. “Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) The Nusa Dua”. 2017. <https://www.youtube.com/watch?v=t9RnnwzQopA>. Diakses tanggal 4 September 2022 pukul 13:15 WIB.
- Itsreg. “*Green Building, Trend Baru Pasca-Pandemi Covid-19*”. 2022. <https://www.its.ac.id/news/2022/05/12/green-building-trend-baru-pasca-pandemi-covid-19/>. Diakses tanggal 7 Juli 2022 pukul 20:30 WIB.
- Joga, Nirwono. “Bangunan Hijau, Hemat dan Ramah Lingkungan”. 2008. <https://megapolitan.kompas.com/read/2008/05/29/14062635/Bangunan.Hijau.Hemat.dan.Ramah.Lingkungan.?page=all>. Diakses tanggal 3 September 2022 pukul 22:35 WIB.



- Kementerian PUPR. “Modul 6: *Workflow* dan Implementasi BIM pada Level Kolaborasi dalam Proses Monitoring Proyek”. 2018. https://simantu.pu.go.id/epel/edok/9760f_MODUL_6-WORKFLOW_DAN_IMPLEMENTASI_BIM.pdf. Diakses tanggal 6 Oktober 2022 pukul 21.05 WIB.
- Kementerian PUPR. “Teknologi Rumah Unggul Sistem Panel Instan (RUSPIN)”. <http://elearning.litbang.pu.go.id/teknologi/teknologi-ruspin>. Diakses tanggal 7 September 2022 pukul 14:20 WIB.
- Lilik Weko. “Bisnis Konstruksi dan Properti”. 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=7BqgedSNdKw>. Diakses tanggal 5 September 2022 pukul 12.16 WIB.
- Lilayah, Arie. “Rahasia Pacific Place Raih Platinum *Green Building*”. 2014. <https://swa.co.id/swa/trends/management/rahasia-pacific-place-raih-platinum-green-building>. Diakses tanggal 7 Juli 2022 pukul 22:00 WIB.
- Mississippi State University. “*Stability Assessment*”. https://www.ae.msstate.edu/vlsm/truss/stability_assessment/stability_assessment.htm. Diakses tanggal 8 November 2022 pukul 17:45 WIB.
- Mustika, Ni Wayan Meidayanti & Acwin Ngakan Ketut Dwijendra. “*Preliminary Study of Green Material for Green Building in Bali*,”. 2021. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/ijeet/article/view/IJEET.2021.v06.i01.p03>. Diakses tanggal 27 Desember 2022 pukul 18:05 WIB.
- NF Design & Buildings. “Tutorial Cara Membuat Etiket dan Melatih Menggunakan Penggaris Segitiga”. 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=Wn6LK1YL2Hg>. Diakses tanggal 16 September 2022 pukul 16.00 WIB.
- Ningrum, Diana & Fifi Damayanti. “Kajian Sistem Struktur dan Teknologi Hijau pada Bangunan Publik”. *Seminar Nasional Infrastruktur Berkelanjutan 2019 Era Revolusi Industri 4.0*.
- Omesin. “Ukuran/Dimensi Pada Gambar Teknik”. 2018. <https://www.omesin.com/2018/10/pemberian-ukurandimensi-pada-gambar.html>. Diakses tanggal 23 September 2022 pukul 09.15 WIB.
- pupr_djck_ditbtpp. “Teknologi Litbang: Rumah Tahan Gempa”. 2016. <https://www.youtube.com/watch?v=KLbNtzOInnM>. Diakses tanggal 20 November 2022 pukul 12.50 WIB.

- PuslitbangKPT. “Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik (SPALD)”. 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=YCXgQ4DKhpc>. Diakses tanggal 4 September 2022 pukul 14:35 WIB.
- Rastodio. “Pengertian Budaya Mutu (*Quality Culture*)”. 2012. <http://gedeyenyani.blogspot.com/2012/03/pengertian-budaya-mutu-quality-culture.html>. Diakses tanggal 13 September 2022 pukul 14.00 WIB.
- Roshaunda, Diza, dkk. “Penilaian Kriteria *Green Building* pada Bangunan Gedung Universitas Pembangunan Jaya Berdasarkan Indikasi *Green Building Council* Indonesia”. 2019. <https://doi.org/10.36262/widyakala.v6i0.181>. Diakses tanggal 27 Agustus 2022 pukul 20:35 WIB.
- Ruhlessin, Masya Famely. “Konsep *Green Building* Wajib Diterapkan di Rumah Tinggal”. 2021. <https://www.kompas.com/properti/read/2021/11/12/073000821/konsep-green-building-wajib-diterapkan-di-rumah-tinggal-> . Diakses tanggal 6 Juli 2022 pukul 10.00 WIB.
- SDGs Indonesia. “Tujuan Bersama-SDGs Indonesia”. 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=ncYppHqd3Cg&t=120s> Diakses tanggal 3 September 2022 pukul 16:47 WIB.
- Skeikh, Sharm El. “CO₂ Emissions From Buildings and Construction Hit New High, Leaving Sector Off Track To Decarbonize by 2050: UN”. 2022. <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/co2-emissions-buildings-and-construction-hit-new-high-leaving-sector>. Diakses tanggal 3 Februari 2023 pukul 11:15 WIB.
- SMK Arsitek. “Cara Buat Maket Interior Skala 12”. 2022. <https://www.youtube.com/watch?v=CabfBleRiI0>. Diakses tanggal 5 Januari 2023 pukul 17:00 WIB.
- SMK Arsitek. “Tutorial Cara Membuat Maket Rumah Tipe 36 - Skala 1:64”. 2022. <https://www.youtube.com/watch?v=12Ay7PQzrf0>. Diakses tanggal 5 Januari 2021 pukul 21:35 WIB.
- Susanto, Haris Eko. “Kuliah Tamu: Tantangan dan Strategi *Green Building* di Bidang Konstruksi pada Era 4.0”. 2021. <https://tekniksipil.sv.ugm.ac.id/id/kuliah-tamu-tantangan-dan-strategi-green-building-di-bidang-konstruksi-pada-era-4-0/>. Diakses tanggal 27 Agustus 2022 pukul 18:05 WIB.



- Syaukat, Syarifah. "Green Building, Yay or Nay?". 2021. <https://www.kompas.com/properti/read/2021/10/23/100622621/green-building-yay-or-nay?page=all>. Diakses tanggal 27 Agustus 2022 pukul 21:25 WIB.
- TeachEngineering. "Doing the Math: Analysis of Forces in a Truss Bridge". 2021. <https://www.teachengineering.org/lessons/view/ind-2472-analysis-forces-truss-bridge-lesson>. Diakses tanggal 8 November 2022 pukul 17:20 WIB.
- Wahyuni, Endah. "Daftar Software Aplikasi BIM Terbaik". 2021. <https://hargaper.com/software-bim.html/4>. Diakses tanggal 25 September 2022 pukul 19.15 WIB.
- Wahyuni, Yuni Sri & Dewi Larasati ZR. "Identifikasi Nilai Embodied Energy sebagai Upaya Mitigasi Energi dalam Perencanaan Bangunan". 2017. https://www.researchgate.net/publication/328313489_Identifikasi_Nilai_Embodied_Energy_sebagai_Upaya_Mitigasi_Energi_dalam_perencanaan_Bangunan. Diakses tanggal 20 Desember 2022 pukul 13.30 WIB.
- Wiryomartono, Bagoes. "Green Building and Sustainable Development Policy In Indonesia Since 2004". 2015. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/2093761X.2015.1025450>. Diakses tanggal 6 Juli 2022 pukul 09.00 WIB.
- Wisnutapa. "Menaksir Tinggi Bangunan Menggunakan Klinometer SUUNTO PM-5". 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=6KMFA1DU6Qo>. Diakses tanggal 17 September 2022 pukul 15.00 WIB.

Daftar Kredit Gambar

- Gambar 1.4 : diunduh dari <https://www.palmgardenjakarta.com/Progres-Projek/Pekerjaan-BOUWPLANK-dan-PONDASI.html> pada 17 Februari 2023.
- Gambar 1.14 : diunduh dari <https://linkumkm.id/ecommerce/detail/21209/pemasangan-instalasi-listrik> pada 10 Oktober 2022.
- Gambar 1.15 : diunduh dari <https://verticalblinds.co.id/dnews/50080/cara-instalasi-air-di-rumah.html> pada 8 Maret 2023.
- Gambar 1.16 : diunduh dari <https://civil-eng.binus.ac.id/2020/07/06/builders-secret-in-getting-around-home-construction/> pada 20 November 2022.
- Gambar 1.18 : diunduh dari <https://www.mustikaland.co.id/news/kenali-jenis-material-plafon-jangan-sampai-salah-pilih/> pada 18 Oktober 2022.
- Hal 37 : diunduh dari <https://pu.go.id/berita/terapkan-konsep-green-building-gedung-utama-kementerian-pupr-terima-penghargaan-subroto-bidang-efisiensi-energi-tahun-2021> pada 30 Januari 2023.
- Gambar 1.6 : diunduh dari <https://berita.99.co/menghitung-harga-galian-tanah-per-meter/> pada 21 Agustus 2022.
- Aktivitas 2.1 : diunduh dari <https://www.liputan6.com/lifestyle/read/4870933/bangunan-ramah-lingkungan-di-jepang-terbuat-dari-700-jendela-hasil-donasi> pada 19 Januari 2023.
- Gambar 2.2 : diunduh dari <https://megapolitan.kompas.com/read/2019/01/24/13580421/angkasa-pura-ii-sediakan-vending-machine-bagi-pengguna-bus-bandara> pada 14 Januari 2023.
- Gambar 2.3 : diunduh dari <https://www.instagram.com/p/CdklCNoKq5P/> pada 17 Januari 2023.
- Gambar 2.4 : diunduh dari <https://unsplash.com/photos/Xa2ysnML9y0> pada 17 Januari 2023.

- Aktivitas 2.11 : diunduh dari <https://www.clapeyronmedia.com/blog/2018/07/01/siap-hadapi-kemarau-dengan-pemanen-air-hujan/> pada 23 Agustus 2022.
- Gambar 3.5 : diunduh dari https://commons.wikimedia.org/wiki/File:A_size_illustration2.svg pada 3 Januari 2023.
- Gambar 3.9 : diunduh dari <https://www.feriadianto.my.id/2021/08/bab-1-penggaris.html> pada 17 September 2022.
- Gambar 3.12 : diunduh dari https://roboguru.ruangguru.com/question/dengan-menggunakan-busur-derajat-gambarlah-besar-sudut-sudut-berikut-3-_QU-A883AH17 pada 20 September 2022.
- Gambar 3.35 : diunduh dari <https://www.anidraw.net/2019/08/Tutorial-Cara-Menggambar-Perspektif-Pada-Anime.html> pada 22 September 2022.
- Gambar 3.36 : diunduh dari <https://www.kibrispdr.org/data/1072/gambar-2-titik-hilang-3.jpg> pada 23 September 2022.
- Gambar 3.37 : diunduh dari <https://lezgetreal.com/gambar-perspektif/#!> pada 8 Maret 2023.
- Gambar 4.1 : diunduh dari <https://knowledge.autodesk.com/search-result/caas/simplecontent/content/things-revit-and-bim-can-do-together.html> pada 24 September 2022.
- Gambar 4.2 : diunduh dari <https://graphisoft.com/us/solutions/archicad/archicad-25> pada 25 September 2022.
- Gambar 4.3 : diunduh dari <https://www.sketchup.com/plans-and-pricing/sketchup-pro> pada 25 September 2022.
- Gambar 4.4 : diunduh dari <https://www.lifewire.com/ifc-file-2621820> pada 26 September 2022.
- Gambar 4.5 : diunduh dari <https://www.aplicit.com/bim360/> pada 26 September 2022.
- Gambar 4.9 : diunduh dari <https://binamarga.pu.go.id/balai-jatim-bali/index.php?berita/detail/implementasi-teknologi-building-information-modelling-bim-dalam-proyek-pembangunan-jalan-dan-jembata> pada 4 Oktober 2022.
- Gambar 4.10 : diunduh dari <https://schmidt-arch.com/wp-content/uploads/2017/12/clash-detection.jpg> pada 5 Oktober 2022.
- Gambar 5.6 : diunduh dari <https://twitter.com/KemenPU/status/1436909352745521159/photo/1> pada 12 Januari 2023.

- Gambar 5.7 : diunduh dari <https://twitter.com/KemenPU/status/1436909352745521159/photo/2> pada 12 Januari 2023.
- Gambar 5.8 : diunduh dari <https://kumparan.com/balleonews/akibat-cuaca-buruk-pelayanan-penerbangan-di-bandara-deo-sorong-terganggu-1xYWFOjT0fB/1> pada 12 Maret 2023
- Gambar 5.17 : diunduh dari <https://twitter.com/djpu151/status/853098564880404480/photo/1> pada 22 Januari 2023.
- Gambar 5.18 : diunduh dari <https://www.floornature.es/shau-microbiblioteca-warak-kayu-en-semarang-indonesia-15522/> pada 22 Januari 2023.
- Hal 202 : diunduh dari <https://metro.tempo.co/read/1185621/deretan-fasilitas-jakarta-international-stadium-ada-plaza-salat> pada 8 November 2022.
- Aktivitas 5.7 : diunduh dari <https://makassar.tribunnews.com/2022/08/31/jalan-ditutup-5-jam-ada-pergeseran-jembatan-rel-kereta-api-poros-maros-pangkep-malam-ini> pada 8 November 2022.
- Gambar 5.53 : diunduh dari [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EiffelTower2017\(II\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EiffelTower2017(II).jpg) pada 16 februari 2023.
- Cover Bab 6 : diunduh dari <https://pemalang.pikiran-rakyat.com/entertainment/pr-2403366604/hebel-vs-bata-merah-mana-yang-lebih-bagus-untuk-rumah-anda> pada 5 Februari 2023.
- Gambar 6.2 : diunduh dari <https://www.miclib.com/microlibrarybima> pada 6 Februari 2022.
- Gambar 6.3 : diunduh dari <https://edition.cnn.com/style/article/kamikatsu-zero-waste-center-japan-climate-hnk-spc-intl/index.html> pada 2 Februari 2023.
- Gambar 6.4 : diunduh dari <https://tribunjogjawiki.tribunnews.com/2021/03/28/begini-cara-mendaftar-program-wajib-kunjung-museum-dengan-adaptasi-kebiasaan-baru> pada 14 Februari 2023.



Indeks

A

Aksi 183, 183-226

APD vii, vii-xvi, xiii, xiii-xvi, 2, 2-34, 9, 9-34, 9-34, 10, 10-34, 11, 11-34, 11-34, 31, 31-34

Atap vii, vii-xvi, ix, ix-xvi, x, x-xvi, 20, 20-34, 20-34, 20-34, 52, 52-72, 59, 59-72, 168, 168-226, 168-226, 204, 204-226, 205, 205-226

B

Baja ix-xvi, 163-226, 170-226, 218-226, 249-280

Balok vii-xvi, ix-xvi, x-xvi, 19-34, 20-34, 165-226, 167-226, 179-226, 181-226, 182-226, 183-226, 185-226, 188-226, 189-226, 190-226, 193-226, 194-226, 195-226, 198-226, 201-226, 202-226, 217-226, 219-226, 220-226

Batang vi-xvi, x-xvi, 158-226, 202-226, 205-226, 206-226, 207-226, 208-226, 209-226, 210-226, 214-226, 215-226, 216-226

Beban x-xvi, 20-34, 161-226, 166-226, 167-226, 168-226,

173-226, 174-226, 182-226, 185-226, 189-226, 194-226, 195-226, 198-226, 202-226, 205-226, 249-280

Berkelanjutan v-xvi, vii-xvi, 35-72, 36-72, 41-72, 43-72, 49-72, 63-72, 64-72, 258-280, 262-280

Besi 221-226

Beton ix-xvi, 161-226, 164-226, 169-226, 177-226, 217-226, 218-226, 258-280

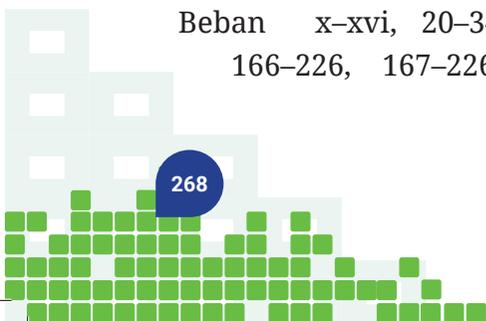
BIM vi-xvi, vii-xvi, ix-xvi, 60-72, 61-72, 101-130, 120-130, 131-156, 132-156, 133-156, 134-156, 135-156, 136-156, 137-156, 138-156, 139-156, 140-156, 141-156, 142-156, 143-156, 144-156, 145-156, 146-156, 147-156, 148-156, 149-156, 150-156, 151-156, 152-156, 153-156, 154-156, 260-280, 261-280, 264-280

Brundtland 41-72

Budaya mutu 7-34

C

Clash detection 148-156, 149-156



D

Daur ulang 235–280

Dinding vii–xvi, 18–34, 19–34, 22–34, 67–72, 161–226

E

Efisiensi energi 43–72

Elemen vi–xvi, 158–226, 159–226, 160–226, 169–226, 172–226, 173–226, 181–226, 216–226, 217–226, 240–280, 247–280

Emisi 236–280, 237–280, 244–280

Energi 40–72, 45–72, 47–72, 48–72, 49–72, 51–72, 52–72, 54–72, 258–280, 260–280, 263–280

F

Fondasi vii–xvi, ix–xvi, 16–34, 17–34, 160–226, 161–226, 162–226, 164–226, 165–226

G

Gaya vi–xvi, x–xvi, 158–226, 178–226, 179–226, 180–226, 181–226, 182–226, 183–226, 184–226, 185–226, 187–226, 188–226, 189–226, 192–226, 193–226, 194–226, 197–226, 199–226, 200–226, 201–226, 202–226, 205–226, 210–226, 214–226, 215–226, 216–226

Gaya batang 205–226

Gempa 174–226, 177–226, 258–280, 262–280, 275–280

Geser x–xvi, 180–226, 184–226, 187–226, 188–226, 192–226, 193–226, 197–226, 199–226, 200–226

Green building 36–72

H

Horizontal x–xvi, 174–226, 183–226

I

Inklusif 42–72, 63–72

K

K3LH v–xvi, xiii–xvi, 2–34, 7–34, 8–34, 9–34, 28–34, 30–34, 33–34

Kantilever ix–xvi, 166–226, 195–226, 198–226, 202–226

Kayu ix–xvi, 163–226, 171–226, 172–226, 218–226, 234–280, 275–280

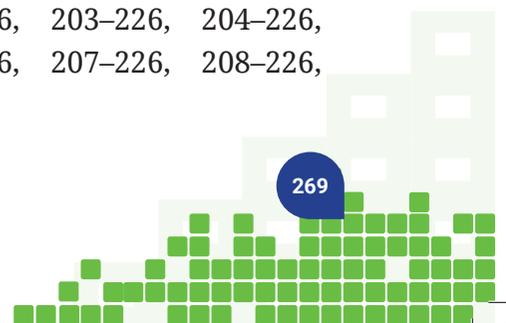
Keseimbangan gaya 183–226, 196–226, 198–226, 212–226, 213–226

Klinometer viii–xvi, 96–130, 105–130, 264–280

Kolom ix–xvi, 18–34, 20–34, 161–226, 167–226, 168–226

Konservasi air 66–72

Konstruksi v–xvi, vi–xvi, vii–xvi, 4–34, 26–34, 27–34, 30–34, 33–34, 49–72, 94–130, 147–156, 149–156, 203–226, 204–226, 205–226, 207–226, 208–226,



215–226, 216–226, 217–226,
228–280, 234–280, 238–280,
258–280, 260–280, 262–280,
263–280, 274–280, 276–280,
279–280

Kriteria v–xvi, xi–xvi, 36–72,
37–72, 38–72, 39–72, 40–72,
230–280, 231–280, 232–280,
233–280, 244–280, 258–280,
263–280, 264–280

L

Lantai vii–xvi, 24–34

Lentur x–xvi, 180–226, 197–226,
199–226

Limbah 56–72, 262–280

Longitudinal 174–226

M

Momen 184–226, 186–226, 187–
226, 188–226, 192–226, 193–
226, 196–226, 197–226, 199–
226, 200–226

N

Newton 182–226, 183–226

P

Pelat ix–xvi, 166–226, 258–280

Pembangunan berkelanjutan 41–
72

Plafon 23–34, 53–72

Proyeksi ortogonal 111–130

R

Rangka vi–xvi, ix–xvi, x–xvi,
xi–xvi, 158–226, 168–226,
202–226, 203–226, 204–226,
205–226, 206–226, 207–226,
208–226, 209–226, 210–226,
211–226, 214–226, 215–226,
216–226

Reaksi xi–xvi, 183–226, 184–226,
185–226, 186–226, 190–226,
191–226, 196–226, 198–226,
212–226, 213–226

Revitalisasi 64–72, 65–72, 261–280

Rol x–xvi, 182–226

RUSPIN 175–226, 176–226, 178–
226, 219–226, 262–280

S

Sendi x–xvi, 182–226

Simpul xi–xvi, 210–226, 211–226,
212–226, 213–226

Sloof vii–xvi, ix–xvi, 17–34, 20–34,
165–226

SPALD 56–72, 57–72, 262–280

Struktur vi–xvi, vii–xvi, ix–xvi,
6–34, 18–34, 141–156, 158–226,
159–226, 160–226, 170–226,
172–226, 173–226, 174–226,
178–226, 179–226, 181–226,
184–226, 216–226, 221–226,
249–280, 258–280, 262–280,
275–280

Sudut x–xvi, 92–130, 115–130,
183–226

Sustainable building 62–72, 66–72
Sustainable Development Goals
41–72

T

Tangguh 42–72, 63–72
Tapak 239–280
Tarik x–xvi, 180–226, 214–226
Tekan x–xvi, 180–226, 214–226
Telapak ix–xvi, 12–34, 161–226
Terpusat x–xvi, 182–226, 185–226,
195–226, 202–226
Theodolite 99–130, 105–130, 259–
280

Tiang pancang 162–226
Torsi x–xvi, 181–226
Total station 100–130, 105–130

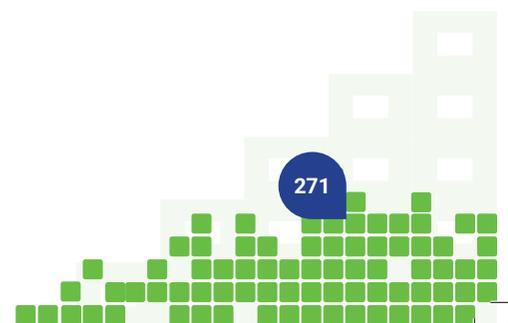
Tujuan Pembangunan

Berkelanjutan 41–72

Tumpuan x–xvi, 181–226, 182–226,
185–226, 186–226, 190–226,
191–226, 196–226, 198–226,
199–226, 205–226, 214–226

W

Waterpass viii–xvi, 97–130, 98–
130, 99–130, 105–130, 261–280



BIODATA PENULIS

Nama Lengkap : Ir. K. Waskitaningtyas
Pos-el (*Email*) : waskitaningtyas@gmail.com
Akun *Instagram* : @tyaskw01writer
Alamat Kantor : -
Bidang Keahlian : Penulisan buku, Manajemen Proyek dan HSE di Industri Migas

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. 2016 – sekarang Penulis lepas
2. 1991 – 2014 PT. Chevron Pacific Indonesia
Menduduki berbagai fungsi, di antaranya sebagai *engineer*, *planner*, dan kepemimpinan.

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. S1 Teknik Sipil, FTSP, ITS Surabaya (lulus tahun 1990)

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Buku Teks Bahasa Indonesia Cerdas Cergas Berbahasa dan Bersastra Indonesia untuk SMA/SMK Kelas XI. Pusat Perbukuan BSKAP, Kemdikbudristek (2022).
2. Buku Panduan Guru Bahasa Indonesia Cerdas Cergas Berbahasa dan Bersastra Indonesia untuk SMA/SMK Kelas XI. Pusat Perbukuan BSKAP Kemdikbudristek (2022).
3. Satwa Misteri Ayah. Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa Kemdikbudristek (2022).
4. Ayo Lari, Kino. Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa Kemdikbudristek (2022).
5. Misteri Hilangnya Sepeda Antik (ebook). Yrama Widya (2021).
6. Terima Kasih, Allah Menciptakan Siang dan Malam. Noura Books (2021).
7. Sehari di Desa Sade. Badan Pengembangan Bahasa dan Pembinaan Bahasa, Kemdikbudristek (2021).

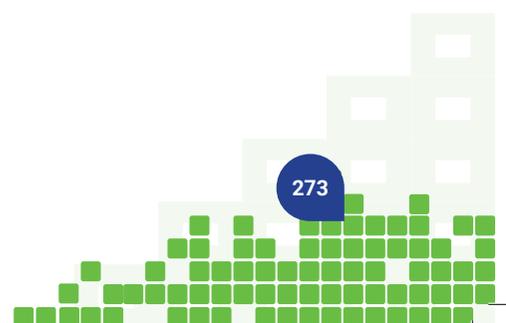
8. Hati-hati dengan Prasangka. Indiva Media Kreasi (2020).
9. Kendaraan Superkuat dan Menakjubkan. Penerbit Tiga Serangkai (2020).
10. Terima Kasih, Allah, Atas Segala Cuaca. Noura Books (2019).
11. Hijau Kampungku di Tengah Kota; Aku dan Belimbing Wuluh. Badan Pengembangan Bahasa dan Pembinaan Bahasa, Kemdikbud (2019).
12. Indonesian Dreams Story. Visi Mandiri Publishing (2018).

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

Implementing Pipeline Risk Assessment Process to Increase Pipeline Reliability in Duri Field (co-author: Sasanti Proborini) (29th IPA Proceedings – 2003)

Buku yang Pernah Ditelaah, Direviu, Dibuat Ilustrasi dan/atau Dinilai (10 Tahun Terakhir):

1. Buku Audio Teks Cerdas Cergas Berbahasa dan Bersastra Indonesia untuk SMA/SMK Kelas XI. Pusat Perbukuan BSKAP Kemdikbudristek, 2022.



BIODATA PENULIS

Nama Lengkap : Eko Supriyanto, S.Pd, Gr
Pos-el (*Email*) : ekobagaspro@gmail.com
Akun Instagram : @echofoto54
Alamat Kantor : Jl. Taruna Jaya No. 13, Cibubur, Ciracas, Jakarta Timur
Bidang Keahlian : Guru Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. 2015 – sekarang Guru SMK Negeri 52 Jakarta
2. 2004 - 2015 Guru SMA Negeri 21 Jakarta
3. 2002 – 2004 PT. Indah Karya
Menduduki berbagai fungsi, di antaranya sebagai *drafter*.

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. S1 Pendidikan Teknik Bangunan, Universitas Negeri Jakarta (lulus tahun 2005)

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

Tidak Ada

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

Tidak ada

Buku yang Pernah Ditelaah, Direviu, Dibuat Ilustrasi dan/atau Dinilai (10 Tahun Terakhir):

1. *Teacher Reviu* buku Dasar-Dasar Teknik Konstruksi dan Perumahan untuk SMK/MAK Kelas X Semester 1 dan 2, tahun 2022.

BIODATA PENELAAH

Nama Lengkap : Meifrinaldi S.T., M.T.
Pos-el (*Email*) : meifrinaldi@gmail.com
Instansi : Institut Teknologi Bandung
Alamat Instansi : Jalan Ganesha No. 10 Bandung
Bidang Keahlian : Teknik Sipil (Manajemen dan Rekayasa Konstruksi)

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Dosen

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. Magister – Institut Teknologi Bandung (2013)
2. Sarjana – Institut Teknologi Bandung (2010)

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

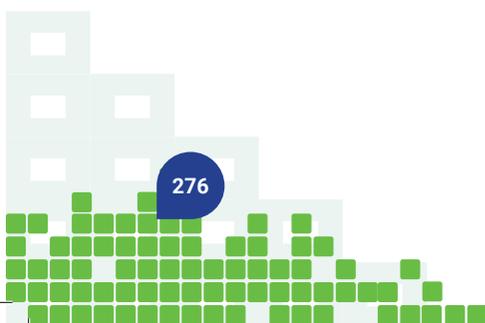
Tidak Ada

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Bukit, I. N. M., Marzuki, P. F., Tamin, R. Z., & Meifrinaldi. Stakeholders interaction framework of utilities development in and adjacent to the public right of way in Indonesia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 669(1), 2019. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/669/1/012009>
2. Marzuki, P., Oktavianus, A., Regina, A., Hasiholan, B., & Meifrinaldi. Interface problems in change order-challenged projects. *Journal of Construction in Developing Countries*, 24(2), 1–22, 2019. <https://doi.org/10.21315/jcdc2019.24.2.1>
3. Meifrinaldi, M. Penelaahan Kualitas Workmanship Pekerjaan Komponen Arsitektur Pada Konstruksi Gedung dan Pengendaliannya Berdasarkan Konsep DMAIC. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 15(1), 21, 2019. <https://doi.org/10.25077/jrs.15.1.21-32.2019>

- Oktavianus, A., Mahani, I., & Meifrinaldi. A Global Review of Public Private Partnerships Trends and Challenges for Social Infrastructure. *MATEC Web of Conferences*, 147, 1–9, 2018. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201814706001>

Informasi Lain dari Penulis/Penelaah/Illustrator/Editor (Tidak Wajib):



BIODATA PENELAAH

Nama Lengkap : Ika Rahmawati Suyanto, S.T., M.Eng.
Pos-el (*Email*) : ika.rahmawati.s@mail.ugm.ac.id
Instansi : Universitas Gadjah Mada
Alamat Instansi : Jl. Yacaranda, Sekip Unit IV
Bidang Keahlian : Struktur

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Dosen
2. Asisten tenaga ahli struktur
3. Trainer

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. S2 Hokkaido University 2017 – 2019
2. S1 Universitas Gadjah Mada 2012 – 2016
3. SMA SMAN 8 Yogyakarta 2010 – 2012
4. SMP SMPN 5 Yogyakarta 2007 – 2010

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

Tidak Ada

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Kajian Potensi Penerapan Extensive Green-Roof Berbasis Struktur Kayu Di Indonesia (2023)
2. Review: Potensi Manfaat Aplikasi Green Roof (2022)
3. Perilaku Cross-Laminated Timber (CLT) Sebagai Material Utama Bangunan Tingkat Menengah Tahan Gempa di Indonesia (2020)
4. Perbandingan Perilaku Bangunan Bertingkat Menengah dengan Material Cross-Laminated Timber (CLT) Berdasarkan SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019 (2020)
5. Study on Optimum Damping Characteristic of Maxwell Damper Based on Transfer Function Considering Sway-rocking Behavior under Various Power Spectral Density Inputs (2019)

Informasi Lain dari Penulis/Penelaah/Illustrator/Editor (Tidak Wajib):

<https://scholar.google.com/citations?user=tiuc40MAAAAJ&hl=id>

BIODATA ILUSTRATOR

Nama Lengkap : Muhammad Yusuf
Pos-el (*Email*) : yusuf.file101@gmail.com
Bidang Keahlian : Ilustrator

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

Tahun 2011 – 2014 : DIII Periklanan – Universitas BSI, Jakarta

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Tidak Ada

BIODATA EDITOR

Nama Lengkap : Nidaul Jannah, S.E.Sy
Pos-el (*Email*) : nidaul.jannah01@gmail.com
Bidang Keahlian : Penyunting

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Tahun 2014 - 2016 : Administrasi dan Keuangan di SAI Talasia Bogor
2. Tahun 2014 - sekarang : Editor Freelance CV. Eka Prima Mandiri dan CV. Bukit Mas Mulia
3. Tahun 2022 - sekarang : SIT Ummul Quro Bogor

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. S1 Ekonomi Syariah, Universitas Ibn Khaldun (UIKA) Bogor

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Trik Jitu Kupas Tuntas Soal-Soal Matematika SMP/MTs (2018), Penerbit Lima Utama
2. Buku Siswa dan Buku Guru Tema 1 dan Tema 3 untuk SD/MI Kelas IV (2018), Penerbit Eka Prima Mandiri
3. Meraih Prestasi Kumpulan Soal-soal Ujian Sekolah untuk SD/MI (2020), Penerbit CV. Bukit Mas Mulia.
4. Buku Siswa dan Buku Guru Pendidikan Agama Hindu dan Budi Pekerti Kelas IV (2021), Pusat Perbukuan Kemendikbudristek.
5. Buku Siswa dan Buku Guru Pendidikan Agama Hindu dan Budi Pekerti Kelas IX (2021), Pusat Perbukuan Kemendikbud.
6. Buku Siswa dan Buku Guru Dasar-Dasar Teknik Konstruksi dan Perumahan untuk SMK/MAK kelas X (2022), Kemdikbudristek.

BIODATA DESAINER

Nama Lengkap : Erwin
Pos-el (*Email*) : ewienk1507@gmail.com
Bidang Keahlian : Layout/Setting

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. 2016 – sekarang : Freelancer CV. Eka Prima Mandiri
2. 2015 – 2017 : Freelancer Yudhistira
3. 2014 – sekarang : Freelancer CV Bukit Mas Mulia
4. 2013 – sekarang : Freelancer Pusat Kurikulum dan Perbukuan
5. 2013 – 2019 : Freelancer Agro Media Group
6. 2012 – 2014 : Layouter CV. Bintang Anaway Bogor
7. 2004 – 2012 : Layouter CV. Regina Bogor

Buku yang Pernah Dilayout (10 Tahun Terakhir):

1. Buku Teks Matematika Kelas 9 Kemendikbud
2. Buku Teks Matematika Kelas 10 Kemendikbud
3. SBMPTN 2014
4. TPA Perguruan Tinggi Negeri & Swasta
5. Matematika Kelas 7 CV. Bintang Anaway
6. Siap USBN PAI dan Budi Pekerti untuk SMP CV. Eka Prima Mandiri
7. Buku Teks Matematika Peminatan Kelas X SMA/MAK Kemendikbud