

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Landasan Teori

1.1.1 BIM (Building Information Modelling)

BIM (Building Informasi Modeling) merupakan teknologi dan proses revolusioner yang dengan cepat mengubah cara memahami bangunan, desain, konstruksi dan mengoperasikan (Amdy Ibrahim El-Gamily, 2009)

BIM (Building Information Modelling) merupakan alat seperangkat kebijakan, proses, dan teknologi yang saling berinteraksi yang dihasilkan metodeologi yang bertujuan untuk mengelola desain bangunan penting dan data proyek dalam format digital selama siklus hidup bangunan tersebut yang membuat eksplisit yang saling ketergantungan antara struktur yang ada, tata letak arsitektur dan layanan mekanik listrik dan hidrolik dengan menggabungkan teknologi proyek secara teknologi.

BIM mampu menunjukkan siklus hidup bangunan yaitu termasuk proses konstruksi dan operasi fasilitas. Kualitas dan kuantitas dari suatu material dapat digali dengan mudah. Lingkup kerja dapat dibagi, dipisahkan dan ditentukan. Sistem, pemasangan dan urutan rangkaian dapat ditampilkan dalam skala relatif dengan segala fasilitas atau kelompok fasilitas. BIM menghendaki perubahan pada tahap-tahap arsitektural tradisional dan data share lebih banyak dari pada yang digunakan arsitek dan insinyur pada umumnya. BIM dapat digunakan untuk mencapai kemajuan dengan gambar-gambar model dari bagian sebenarnya yang digunakan untuk membangun suatu gedung.

BIM pada umumnya didefinisikan sebagai proses penciptaan hebat dilihat dari kumpulan data dari berbagai ahli dalam bidang desain dan konstruks yang dapat diolah dan dihitung dalam bentuk 3D. BIM memungkinkan untuk para perencana, engineer, dan kontraktor untuk memvisualisasikan seluruh lingkup dari proyek bangunannya dalam bentuk

3D. BIM juga dikenal sebagai proses menggunakan model 3D untuk meningkatkan kerjasama antar orang-orang yang melaksanakan proyek.

1.1.2 Pemodelan Dimensi dalam BIM

Konsep BIM membayangkan konstruksi virtual sebelum konstruksi fisik yang sebenarnya, untuk mengurangi ketidakpastian, meningkatkan keselamatan, menyelesaikan masalah, dan menganalisis dampak potensial (Smith, 2007). BIM berimplikasi memberi perubahan, mendorong pertukaran model 3D antara disiplin ilmu yang berbeda, sehingga proses pertukaran informasi menjadi lebih cepat dan berpengaruh terhadap pelaksanaan konstruksi (Olofsson, Lee, & Eastman, 2008).



Gambar 2.1 Siklus Konstruksi dengan menggunakan BIM
(Sumber: Alhogbi et al., 2018)

Dengan menggunakan BIM dapat diperoleh 3D, 4D, 5D, 6D dan bahkan sampai 7D. Dimana 3D adalah pemodelan yang dapat dilihat dari 3 sisi yang berbeda yaitu sumbu x, y, dan z. Pemodelan 4D yakni penggabungan model 3D dengan time schedule, sehingga pada pemodelan 4D ini umumnya digunakan sebagai alat bantu untuk planing dan tracking pada kegiatan proyek. Pemodelan 5D termasuk estimasi biaya dan part-list, dan 6D

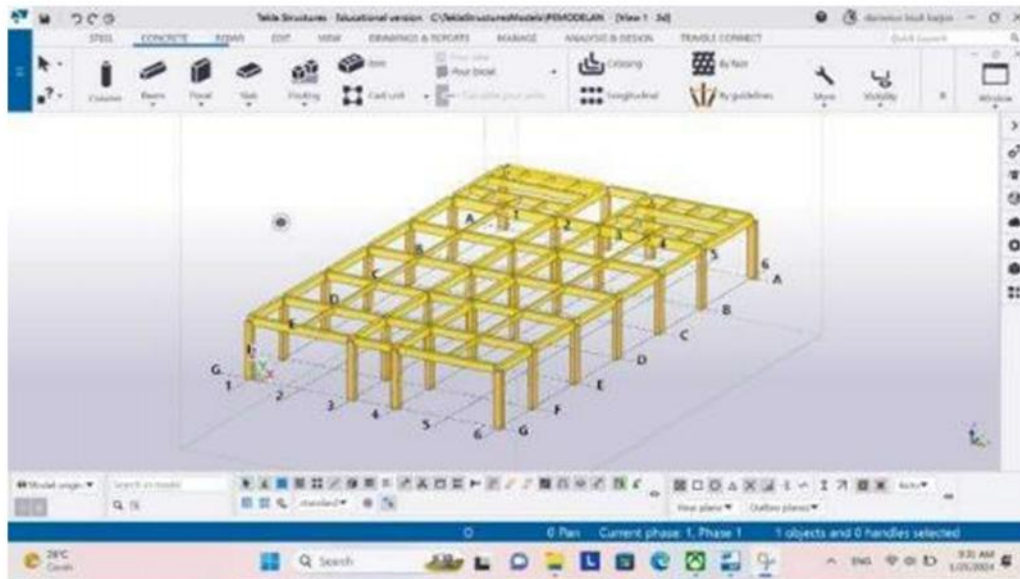
mempertimbangkan dampak lingkungan termasuk analisis energi dan deteksi konflik, serta 7D untuk fasilitas manajemen.



Gambar 2.2 Dimensi dalam BIM
(Sumber: Alhogbi et al., 2018)

1.1.3 Pemodelan 3D

Dapat dikatakan sebagai pemodelan 3 dimensi yang terpacu dari sumbu x, y dan z dan disebut juga sebagai permodelan yang terkoordinasi. Model 3d yang dihasilkan dapat digunakan untuk desain skematik, dokumentasi konstruksi dan visualisasi objek yang membantu untuk memeriksa kesalahan pada gambar.



Gambar 2.3 Pemodelan 3D Tekla Structures
(Sumber: Tekla Structures, 2024)

1.1.4 Pemodelan 4D (Time Schedule)

BIM 4D (Building Information Modeling 4D) adalah proses yang menambahkan dimensi waktu ke model 3D, sehingga memberikan gambaran visualisasi proyek konstruksi berdasarkan jadwal dan urutan pekerjaan. Dengan kata lain, BIM 4D memadukan model 3D bangunan dengan informasi jadwal, seperti bagan Gantt, untuk menunjukkan bagaimana konstruksi akan berlangsung seiring waktu.

1. Fungsi BIM 4D:

- Visualisasi Proyek Konstruksi: Memperlihatkan urutan pekerjaan, waktu yang dibutuhkan untuk setiap tahapan, dan bagaimana konstruksi akan berlangsung seiring waktu.
- Perencanaan Jadwal: Menyediakan model visual yang membantu dalam perencanaan dan pemantauan jadwal proyek, sehingga lebih mudah mengidentifikasi potensi keterlambatan atau konflik.
- Identifikasi Masalah: Mengidentifikasi potensi masalah seperti konflik antar pekerjaan, keterlambatan, atau kesalahan perencanaan sejak awal.

- Koordinasi Antar Disiplin: Meningkatkan koordinasi antara berbagai pihak yang terlibat dalam proyek, seperti arsitek, insinyur, kontraktor, dan pemilik proyek.

2. Manfaat BIM 4D:

- Efisiensi Waktu dan Biaya: Dengan perencanaan yang lebih akurat, BIM 4D dapat membantu mengurangi waktu dan biaya proyek.
- Peningkatan Kualitas Proyek: Dengan visualisasi yang jelas dan perencanaan yang cermat, risiko kesalahan dan masalah pada proyek dapat dikurangi, sehingga kualitas proyek menjadi lebih baik.
- Pengambilan Keputusan yang Lebih Baik: BIM 4D menyediakan informasi yang komprehensif dan visual tentang proyek, sehingga pengambilan keputusan dapat dilakukan dengan lebih tepat dan efisien.

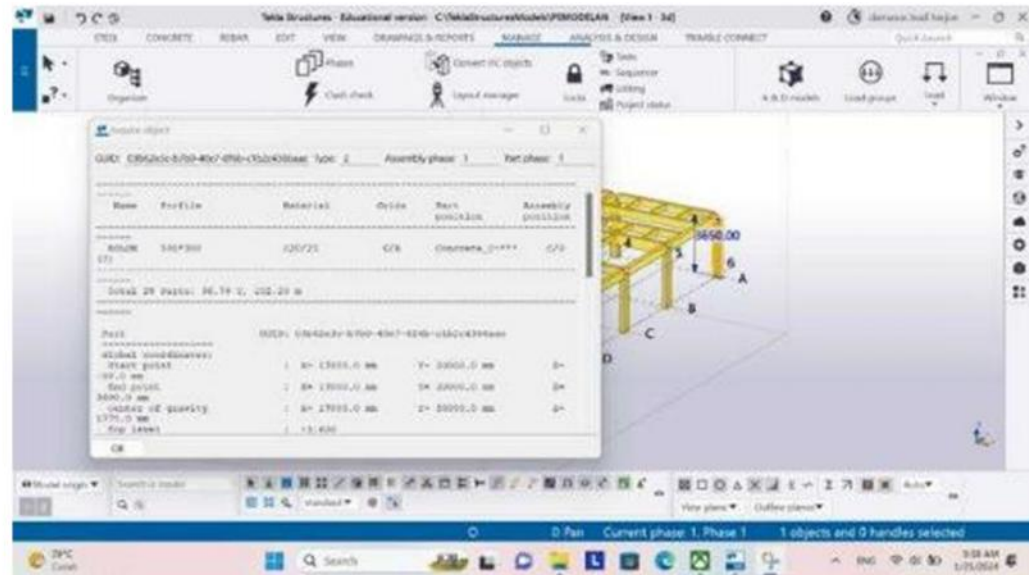
3. Langkah-Langkah Penerapan BIM 4D:

- Pemodelan 3D: Mulai dengan pembuatan model 3D yang detail dari bangunan yang akan dibangun.
- Penciptaan Jadwal: Membuat jadwal proyek yang rinci, biasanya dengan menggunakan perangkat lunak perencanaan proyek.
- Penggabungan Jadwal dan Model: Menggabungkan jadwal proyek dengan model 3D, sehingga setiap komponen dalam model memiliki informasi waktu yang sesuai.
- Visualisasi dan Analisis: Memvisualisasikan proyek konstruksi dengan model 4D dan menganalisisnya untuk mengidentifikasi potensi masalah.

1.1.5 Pemodelan 5D (Estimasi Biaya)

Merupakan sebuah perkiraan biaya yang terintegrasi dalam penjadwalan dari desain objek 3 dimensi. Dengan sistem ini anda dapat memprediksi aliran biaya yang akan mungkin dikeluarkan dari pemodelan yang dilakukan. Anda pun dapat memodifikasi biaya pada waktu tertentu

sebagai akibat dari keadaan yang tidak terduga seperti perubahan desain dan modifikasi lainnya



Gambar 2.4 Pemodelan 5D Tekla Structures
(Sumber: Tekla Structures, 2024)

1.1.6 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

RAB adalah dokumen perencanaan yang merinci estimasi biaya pelaksanaan proyek konstruksi atau kegiatan lainnya.

Komponen Utama RAB:

- Item Pekerjaan: Daftar pekerjaan yang akan dilakukan (pondasi, struktur, finishing).
- Volume: Kuantitas pekerjaan (m^2 , m^3 , kg, unit).
- Satuan: Unit pengukuran (m^2 , m^3 , ls untuk lump sum).
- Harga Satuan: Biaya per satuan item.
- Total Biaya: Hasil perkalian Volume x Harga Satuan.

Tujuan RAB:

- Estimasi Biaya: Menentukan perkiraan biaya proyek.
- Pengendalian Biaya: Alat untuk monitoring pengeluaran proyek.
- Dasar Kontrak: Acuan untuk perjanjian proyek.

Jenis Biaya dalam RAB:

- Biaya Langsung: Material, tenaga kerja, peralatan.

- b. Biaya Tidak Langsung: Overhead, administrasi.
- c. Kontingensi: Cadangan untuk risiko.

Manfaat RAB:

- a. Kontrol Anggaran: Membantu pengelolaan keuangan proyek.
- b. Efisiensi: Menghindari pemborosan biaya.
- c. Transparansi: Kejelasan alokasi biaya.

1.1.7 Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK)

HSPK adalah standar harga yang digunakan sebagai acuan untuk menghitung biaya suatu kegiatan atau pekerjaan dalam proyek konstruksi atau pengadaan barang/jasa. Definisi HSPK: Harga satuan yang mencakup biaya langsung (material, tenaga kerja, peralatan) untuk suatu item pekerjaan.

Komponen HSPK:

- a. Biaya Material: Harga bahan yang digunakan.
- b. Biaya Tenaga Kerja: Upah pekerja yang terlibat.
- c. Biaya Peralatan: Biaya penggunaan peralatan (sewa, depresiasi).
- d. Overhead dan Profit: Biaya tidak langsung dan keuntungan.

Tujuan HSPK:

- a. Standarisasi Biaya: Acuan harga untuk estimasi biaya.
- b. Transparansi: Memudahkan perhitungan dan klarifikasi biaya.
- c. Efisiensi: Membantu pengendalian biaya proyek.

Faktor yang Mempengaruhi HSPK:

- a. Lokasi: Harga berbeda tergantung lokasi proyek.
- b. Spesifikasi Teknis: Kualitas material dan metode kerja.
- c. Inflasi: Perubahan harga pasar.

Penggunaan HSPK:

- a. Rencana Anggaran Biaya (RAB): Dasar perhitungan biaya proyek.
- b. Pengadaan Barang/Jasa: Acuan untuk penawaran dan kontrak.
- c. Evaluasi Biaya: Perbandingan biaya aktual vs estimasi.

Jenis HSPK:

- a. HSPK Pemerintah: Standar harga untuk proyek pemerintah.

- b. HSPK Swasta: Digunakan oleh perusahaan swasta.

Penyusunan HSPK:

- a. Analisis Biaya: Hitung komponen biaya (material, tenaga, peralatan).
- b. Survei Harga: Cek harga pasar terkini.
- c. Validasi: Pastikan data akurat dan relevan.

Manfaat HSPK:

- a. Konsistensi: Standar harga memudahkan perbandingan.
- b. Pengendalian Biaya: Membantu manajemen biaya proyek.

1.1.8 Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)

AHSP adalah metode untuk menghitung harga satuan suatu pekerjaan konstruksi dengan mempertimbangkan komponen biaya seperti material, tenaga kerja, dan peralatan. Definisi AHSP: Analisis untuk menentukan harga satuan pekerjaan berdasarkan komponen biaya.

Komponen AHSP:

- a. Bahan/Material: Biaya bahan yang digunakan dalam pekerjaan.
- b. Tenaga Kerja: Upah pekerja yang terlibat langsung.
- c. Peralatan: Biaya penggunaan peralatan (sewa, depresiasi, operasional).
- d. Overhead dan Profit: Biaya tidak langsung dan keuntungan.

Tujuan AHSP:

- a. Estimasi Biaya: Menentukan harga satuan pekerjaan untuk perencanaan.
- b. Transparansi Biaya: Memudahkan pemahaman komponen biaya.
- c. Pengendalian Biaya: Alat untuk monitoring dan evaluasi biaya.

Langkah AHSP:

- a. Identifikasi Komponen: Tentukan bahan, tenaga, peralatan yang dibutuhkan.
- b. Kuantifikasi: Hitung jumlah kebutuhan (volume, jam kerja).
- c. Harga Satuan: Tentukan harga satuan komponen (material, upah, sewa alat).

- d. Perhitungan Total: Jumlahkan biaya komponen untuk harga satuan pekerjaan.

Faktor yang Mempengaruhi AHSP:

- Lokasi Proyek: Harga berbeda tergantung lokasi.
- Spesifikasi Teknis: Kualitas material dan metode kerja.
- Produktivitas: Efisiensi tenaga kerja dan peralatan.

Jenis Pekerjaan dalam AHSP:

- Pekerjaan Struktur: Pondasi, kolom, balok.
- Pekerjaan Finishing: Plesteran, pengecatan.
- Pekerjaan Mekanikal/Elektrikal: Instalasi listrik, plumbing.

Manfaat AHSP:

- Akurasi Estimasi: Membantu estimasi biaya yang lebih tepat.
- Efisiensi: Mengoptimalkan penggunaan sumber daya.
- Kompetitif: Membantu penawaran yang kompetitif.

A. Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Pondasi menurut Cipta Karya dalam Permen PUPR No. 28 tahun 2016

- Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) 1 m³ Beton Mutu f'c: 24 mpa

Tabel 2.1 Membuat 1 m³ Beton Mutu f'c: 24 mpa

A.4.1.1.9. Membuat 1 m³ beton mutu f_c = 24,0 MPa

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	1,650		
	Tukang batu	L.02	OH	0,275		
	Kepala tukang	L.03	OH	0,028		
	Mandor	L.04	OH	0,083		
				JUMLAH TENAGA KERJA		
B	BAHAN					
	Semen Portland		kg	406,000		
	Pasir beton		kg	684		
	Kerikil (Maks 30mm)		kg	1026		
	Air		Liter	215		
				JUMLAH HARGA BAHAN		
C	PERALATAN					
				JUMLAH HARGA ALAT		
D	Jumlah (A+B+C)					
E	Overhead & Profit (Contoh 15 %)			15% x D (maksimum)		
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					

(Sumber: Peraturan Menteri PUPR, 2016)

2. Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Pembesian 10 kg dengan beton polos dan beton ulir

Tabel 2.2 Pembesian 10 kg dengan beton polos dan beton ulir

A.4.1.1.17 Pembesian 10 kg dengan besi polos atau besi ulir

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0,070		
	Tukang besi	L.02	OH	0,070		
	Kepala tukang	L.03	OH	0,007		
	Mandor	L.04	OH	0,004		
				JUMLAH TENAGA KERJA		
B	BAHAN					
	Besi beton (polos/ulir)		kg	10,500		
	Kawat beton		kg	0,150		
				JUMLAH HARGA BAHAN		
C	PERALATAN					
				JUMLAH HARGA ALAT		
D	Jumlah (A+B+C)					
E	Overhead & Profit (Contoh 15 %)			15% x D (maksimum)		
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					

(Sumber: Peraturan Menteri PUPR, 2016)

3. Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Pondasi

Tabel 2.3 (K3) Pemasangan 1 m² bekisting untuk pondasi

A.4.1.1.20 (K3) Pemasangan 1 m² bekisting untuk pondasi

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0,520		
	Tukang kayu	L.02	OH	0,260		
	Kepala tukang	L.03	OH	0,026		
	Mandor	L.04	OH	0,026		
				JUMLAH TENAGA KERJA		
B	BAHAN					
	Kayu kelas III		m ³	0,040		
	Paku 5 – 10 cm		kg	0,300		
	Minyak bekisting		Liter	0,100		
				JUMLAH HARGA BAHAN		
C	PERALATAN					
				JUMLAH HARGA ALAT		
D	Jumlah (A+B+C)					
E	Overhead & Profit (Contoh 15 %)			15% x D (maksimum)		
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					

(Sumber: Peraturan Menteri PUPR, 2016)

4. Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Sloof

Tabel 2.4 (K3) Pemasangan 1 m² bekisting untuk sloof
A.4.1.1.21 (K3) Pemasangan 1 m² bekisting untuk sloof

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0,520		
	Tukang kayu	L.02	OH	0,260		
	Kepala tukang	L.03	OH	0,026		
	Mandor	L.04	OH	0,026		
				JUMLAH TENAGA KERJA		
B	BAHAN					
	Kayu kelas III		m ³	0,045		
	Paku 5 cm – 10 cm		kg	0,300		
	Minyak bekisting		Liter	0,100		
				JUMLAH HARGA BAHAN		
C	PERALATAN					
				JUMLAH HARGA ALAT		
D	Jumlah (A+B+C)					
E	Overhead & Profit (Contoh 15 %)			15% x D (maksimum)		
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					

(Sumber: Peraturan Menteri PUPR, 2016)

5. Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Kolom

Tabel 2.5 (K3) Pemasangan 1 m² bekisting untuk kolom
A.4.1.1.22 (K3) Pemasangan 1 m² bekisting untuk kolom

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0,660		
	Tukang kayu	L.02	OH	0,330		
	Kepala tukang	L.03	OH	0,033		
	Mandor	L.04	OH	0,033		
				JUMLAH TENAGA KERJA		
B	BAHAN					
	Kayu kelas III		m ³	0,040		
	Paku 5 cm – 12 cm		kg	0,400		
	Minyak bekisting		Liter	0,200		
	Balok kayu kelas II		m ³	0,015		
	Plywood tebal 9 mm		Lbr	0,350		
	Dolken kayu ϕ 8-10cm –panj 4 m		Batang	2,000		
				JUMLAH HARGA BAHAN		
C	PERALATAN					
				JUMLAH HARGA ALAT		
D	Jumlah (A+B+C)					
E	Overhead & Profit (Contoh 15 %)			15% x D (maksimum)		
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					

(Sumber: Peraturan Menteri PUPR, 2016)

6. Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Balok

Tabel 2.6 (K3) Pemasangan 1 m² bekisting untuk balok**A.4.1.1.23 (K3) Pemasangan 1 m² bekisting untuk balok**

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0,660		
	Tukang kayu	L.02	OH	0,330		
	Kepala tukang	L.03	OH	0,033		
	Mandor	L.04	OH	0,033		
				JUMLAH TENAGA KERJA		
B	BAHAN					
	Kayu kelas III		m ³	0,040		
	Paku 5 cm – 12 cm		kg	0,400		
	Minyak bekisting		Liter	0,200		
	Balok kayu kelas II		m ³	0,018		
	Plywood tebal 9 mm		Lbr	0,350		
	Dolken kayu ϕ (8-10) cm panjang 4 m		Batang	2,000		
				JUMLAH HARGA BAHAN		
C	PERALATAN					
				JUMLAH HARGA ALAT		
D	Jumlah (A+B+C)					
E	Overhead & Profit (Contoh 15 %)			15% x D (maksimum)		
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					

(Sumber: Peraturan Menteri PUPR, 2016)

7. Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Plat Lantai

Tabel 2.7 (K3) Pemasangan 1 m² bekisting untuk lantai**A.4.1.1.24 (K3) Pemasangan 1 m² bekisting untuk lantai**

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0,660		
	Tukang kayu	L.02	OH	0,330		
	Kepala tukang	L.03	OH	0,033		
	Mandor	L.04	OH	0,033		
			JUMLAH TENAGA KERJA			
B	BAHAN					
	Kayu kelas III		m ³	0,040		
	Paku 5 cm – 12 cm		kg	0,400		
	Minyak bekisting		Liter	0,200		
	Balok kayu kelas II		m ³	0,015		
	Plywood tebal 9 mm		Lbr	0,350		
	Dolken kayu galam, (8–10) cm panjang 4m		Batang	6,000		
			JUMLAH HARGA BAHAN			
C	PERALATAN					
			JUMLAH HARGA ALAT			
D	Jumlah (A+B+C)					
E	Overhead & Profit (Contoh 15 %)			15% x D (maksimum)		
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					

(Sumber: Peraturan Menteri PUPR, 2016)

1.1.9 Kelebihan BIM

1. Perencanaan dan desain yang lebih baik: BIM harus memungkinkan bangunan yang telah selesai serta seluruh layanan dan sistem P&E yang

terkait dapat divisualisasikan di layar sebelum pembangunan dilakukan. Informasi ini memungkinkan perencanaan dan desain yang lebih baik bagi arsitek yang memungkinkan ruang dan sumber daya yang tersedia digunakan secara lebih efektif.

2. Perubahan desain yang mudah: model dibagikan, sehingga pengguna dapat membuat perubahan pada satu model BIM. Hal ini dapat dilakukan pada waktu yang ditentukan untuk pertemuan tim desain tindak lanjut atau bahkan dalam waktu nyata, sehingga semua orang bekerja dengan informasi terkini dan alur kerja kolaboratif dapat dibentuk.
3. Pengerjaan ulang minimal di lokasi: BIM memfasilitasi visibilitas area masalah potensial dan memungkinkan kesalahan diperbaiki melalui 'deteksi bentrokan' model sebelum terjadi secara fisik. Hal ini mengurangi kebutuhan pengerjaan ulang dan revisi lokasi yang mahal sehingga menghasilkan penghematan tenaga kerja dan material.
4. Prafabrikasi: BIM memungkinkan kontraktor dan subkontraktor untuk memvisualisasikan proyek, memberikan waktu untuk melakukan pekerjaan prefabrikasi di luar lokasi dengan lebih mudah dan tepat, yang dapat menghemat waktu dan uang melalui kontrol produktivitas yang lebih baik di lingkungan manufaktur yang jauh dari lokasi konstruksi.
5. Tersedia perangkat lunak gratis: semua pihak yang terlibat di setiap tingkat proyek dapat menggunakan model yang telah selesai, dengan menggunakan perangkat lunak 'hanya lihat' gratis. Hal ini telah digunakan oleh Sotham dengan efek yang besar di lokasi dengan tablet portabel, memungkinkan supervisor mengakses model secara instan di lokasi untuk koordinasi perdagangan. Melihat model 3D jauh lebih informatif daripada melihat dan menafsirkan berbagai gambar 2D.
6. Informasi seumur hidup kepada pengguna akhir; bagi mereka yang menggunakan BIM, model ini dapat diisi dengan banyak data yang mudah dibaca dan ditemukan. Setiap sistem dan bahkan komponen

individual dalam model dapat berisi informasi ukuran, warna, pemasok, dan bahkan data pemeliharaan. Lewatlah sudah masa-masa data produsen yang dipindai atau difotokopi, sehingga menghasilkan informasi generik berkualitas buruk dan sering kali sulit ditemukan, terkandung dalam pengikat cincin yang menghabiskan ruang penyimpanan yang berharga.

1.1.10 Kekurangan BIM

1. Perangkat Lunak Pemodelan: Perangkat lunak BIM untuk melakukan konstruksi atau perubahan model awal memerlukan investasi besar dalam perangkat lunak , bersama dengan PC yang semakin kuat untuk memproses sejumlah besar data yang diperlukan.
2. Pelatihan & staf: investasi tambahan dalam pelatihan dan pendidikan selalu diperlukan, seiring dengan diperkenalkannya perangkat lunak baru ke dalam bisnis. Seiring dengan tambahan staf, hadir pula ruang kantor dan sumber daya kantor. Manfaat yang diberikan oleh penghematan waktu di lokasi biasanya membuat investasi staf dan perangkat lunak bermanfaat, namun hanya jika banyak proyek menggunakan sumber daya ini dan pada akhirnya model yang dihasilkan dimanfaatkan sepenuhnya dan akurat.
3. Kepercayaan dan kerja sama: sangat penting bagi kesuksesan proyek BIM dan perubahan budaya perlu dilakukan dalam industri ini. Rutinitas normal tender, perjanjian komersial, dan pemberian proyek dengan kontraktor utama perlu dikelola secara hati-hati terhadap waktu dan ekspektasi agar proyek BIM dapat berjalan sebagaimana mestinya. Semua pihak harus bersedia berbagi pengetahuan dan berinvestasi, terkadang bahkan sebelum mereka mendapatkan proyek tersebut dari klien.
4. Keterlibatan klien: sering kali spesifikasi proyek atau kerangka pengadaan akan menuntut BIM, hanya untuk menemukan pengguna akhir/penghuni gedung yang tidak melihat atau memahami keuntungan berkelanjutan dari penggunaan model tersebut secara maksimal.

Informasi F&M yang terkandung dalam model 'as built' yang telah selesai kemudian diabaikan, sehingga membuang-buang waktu dan tenaga dari tim konstruksi untuk mengisi model tersebut dengan semua detail pabrikan dan informasi pemeliharaan.

1.1.11 Aplikasi Program BIM

Ada banyak program pendukung dari penggunaan Building Information Modeling. Tabel 1. berikut akan disebutkan aplikasi program dari BIM dan fungsi utama masing-masing. Daftar ini mencakup MEP, struktural, arsitektur. Beberapa program ini mampu melakukan penjadwalan pekerjaan dan estimasi biaya.

Tabel 2.8 Aplikasi Program BIM (Reinhardt, 2009)

Product Name	Manufacturer	Primary Function
Cadpipe HVAC	AEC Design Group	3D HVAC Modeling
Revit Architecture	Autodesk	3D Architectural Modeling and Parametric Design
AutoCAD Architecture	Autodesk	3D Architectural Modeling and Parametric Design
Revit Structure	Autodesk	3D Architectural Modeling and Parametric Design
Revit MEP	Autodesk	3D Detailed MEP Modeling
AutoCAD MEP	Autodesk	3D MEP Modeling
AutoCAD Civil 3D	Autodesk	Site Development
Cadpipe Commercial Pipe Dprofiler	AEC Design Group	3D Pipe Modeling
	Back Technology	3D Conceptual Modeling with Real Time Cost Estimating
Bentley BIM Suite (MicroStation, Bentley Architecture, Structural, Mechanical, Electrical, Generative Design)	Bentley Systems	3D Architecture, Structural, Mechanical, Electrical, and Generative Components Modeling\
Fastrak SDS/2	CSC (UK) Design Data	3D Structural Modeling 3D Detailed Structural Modeling

Fabrication for AutoCAD MEP Digital Project	East Cost CAD/CAM Gehry Technologies	3D Detailed MEP Modeling CATIA based BIM System for Architectural, Design, Engineering, and Construction Modeling MEP Design
Digital Project MEP Systems Rounting	Gehry Technologies	
ArchiCAD	Graphisoft	3D Architectural Modeling
MEP Modeler	Graphisoft	3D MEP Modeling
HydraCAD	Hydratec	3D Fire Sprinkler Design and Modeling
AutoSPRINK VR	M.E.P CAD	3D Fire Sprinkler Design and Modeling
FireCad	Mc4 Software	Fire Piping Network Design and Modeling
CAD-Duct	Micro Application	3D Detailed MEP Modeling
Vectorworks Designe	Nemetschek	3D Architectural Modeling
Duct Designer 3D, Pipe Designer 3D	QuickPen International	3D Detailed MEP Modeling
RISA	RISA Technologies	Full suite of 2D and 3D Structural Design Application
Tekla Structure	Tekla	3D Detailed Structural Modelin
Affinity	Trelligence	3D Model Application for Early Concept Design
Vico Office	Vico Software	5D Modeling which can be used to Generate cost and Schedule Data
Power Civil	Bentley Systems	Site Development
Site Design, Site Planning	Eagle Poin	Site Development
CAD-Duct	Micro Application	3D Detailed MEP Modeling

1.2 Tekla Structures

Tekla structures merupakan software pemodelan multi-material dan multi-proses yang dapat menentukan dan menganalisa dalam suatu model 3D, serta dapat memperbaiki secara akurat semua pekerjaan struktur dan

memeiliki kemampuan mengoperasikan penjadwalan pekerjaan yang memberikan hasil manajemen suatu proyek yang efisien. Prinsip dasar pemodelan tekla structures yaitu dapat menggunakan model bangunan 3D agar mendapat semua gambar proyek yang diperlukan, termasuk tampak, potongan, gambar detail kontruksi, gambar presentasi, perhitungan kuantitas, estimasi harga, dan kinerja waktu (Hergunsel, 2011).

1.2.1 Kelebihan Tekla Structures

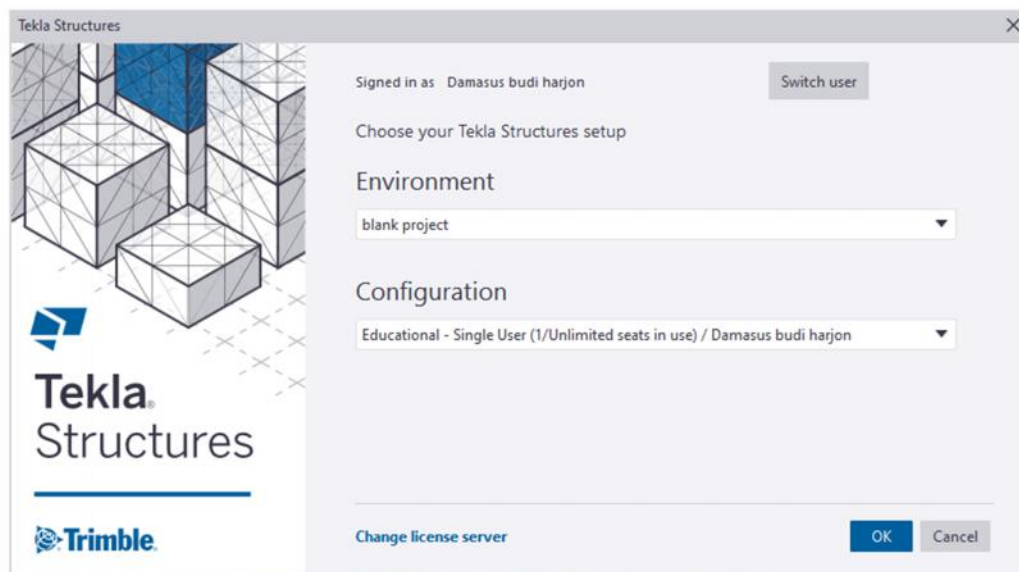
1. Perhitungan setiap item pekerjaan lebih akurat dan mendetail
2. Lebih cepat dari segi waktu dan perhitungan
3. Mampu menangani proyek yang besar dan kompleks dengan tingkat akurasi dan perencanaan yang tinggi agar dapat mengurangi resiko kesalahan perencanaan yang mengakibatkan tidak dapat terlaksananya suatu pekerjaan saat proses kontruksi

1.2.2 Kekurangan Tekla Structures

1. Memerlukan spesifikasi laptop atau komputer yang lebih tinggi agar mempercepat pekerjaan
2. Aplikasi ini terbatas pada *database* yang dimiliki sehingga ada beberapa detail yang harus dibuat secara manual ataupun dengan
3. Harga Software yang sangat mahal sehingga masih sedikit penyedia jasa kontruksi yang menggunakan Tekla Structure. Tetapi Trimble menyediakan software bagi para pelajar dengan durasi waktu yang singkat

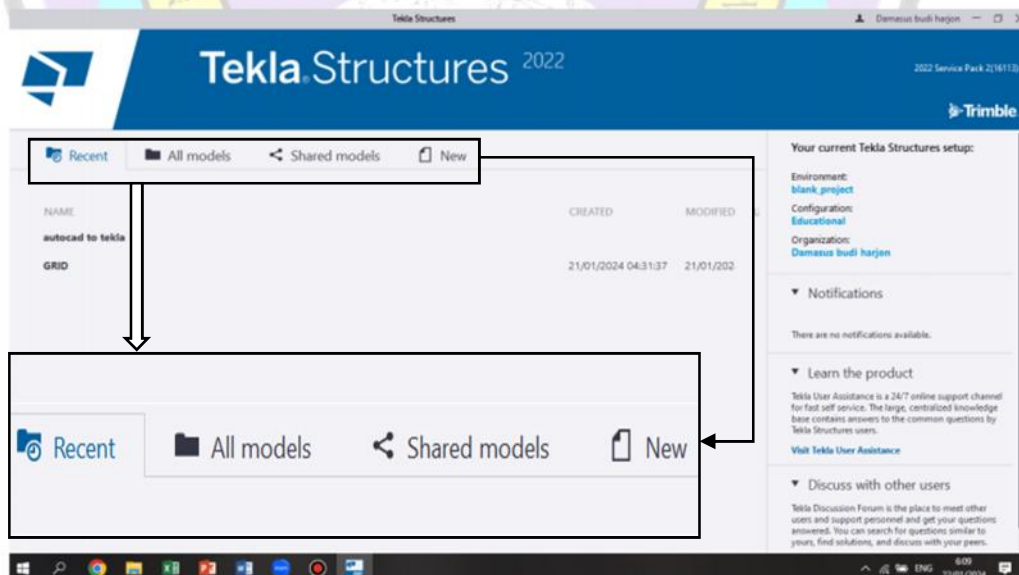
1.2.3 Software Tekla Structures 2022

Menu yang harus dipelajari dalam pengoperasian software tekla structures 2022:



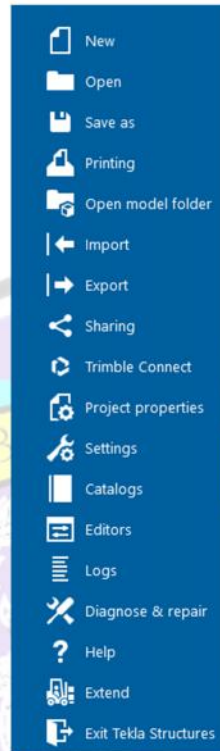
Gambar 2.5 Menu Pembukaan
(Sumber: Tekla Structures, 2024)

Pada awal membuka tekla muncul jendela environment dan configuration, dimana Environment berfungsi untuk mengatur tentang domisili negara nantinya mengatur tentang ketentuan-ketentuan sesuai negara yang dipilih. Sedangkan Configuration adalah pilihan berupa kedudukan untuk mengoptimalkan dalam pengoperasian.



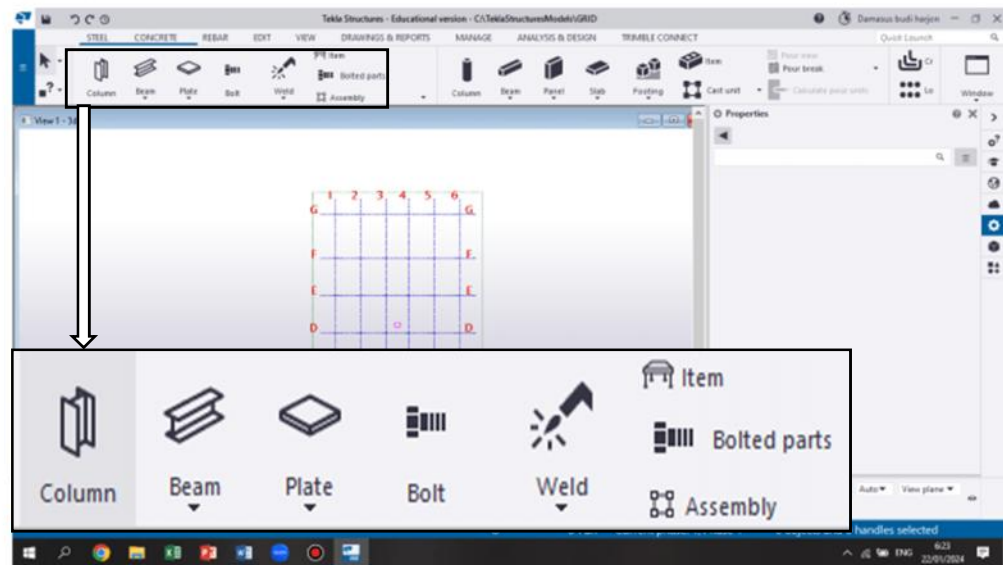
Gambar 2.6 Pembukaan
(Sumber: Tekla Structures, 2024)

Menu ini merupakan pilihan untuk memulai menggambar baik gambar yang sudah ada (Recent), semua gambar (All Models), dan memulai operasi baru (New)



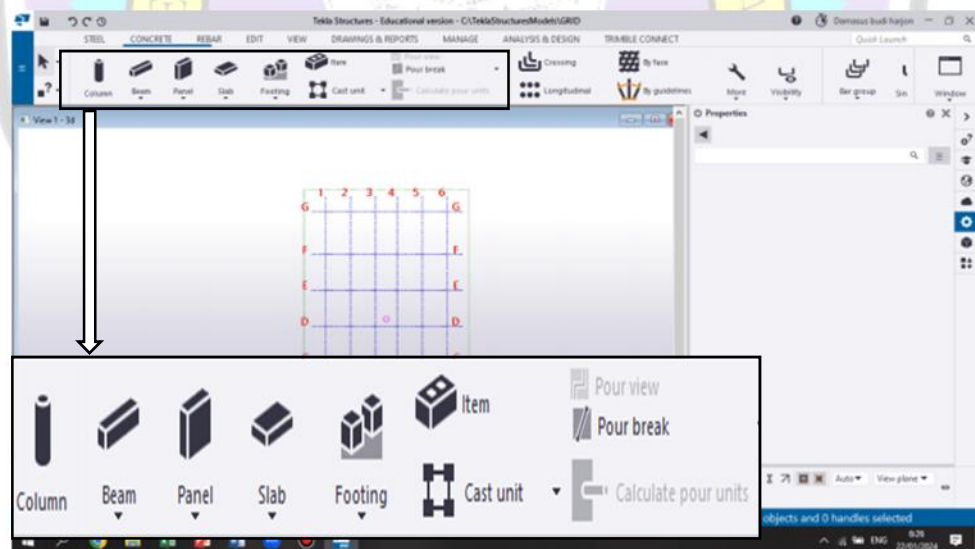
Gambar 2.7 Menu Modeling
(Sumber: Tekla Structures, 2024)

Klik garis 3 di sebelah kiri layar untuk menampilkan menu seperti pada gambar 2.8, pada kotak menu mempunyai fungsinya masing-masing. Dan digunakan sesuai kebutuhan para pengguna.



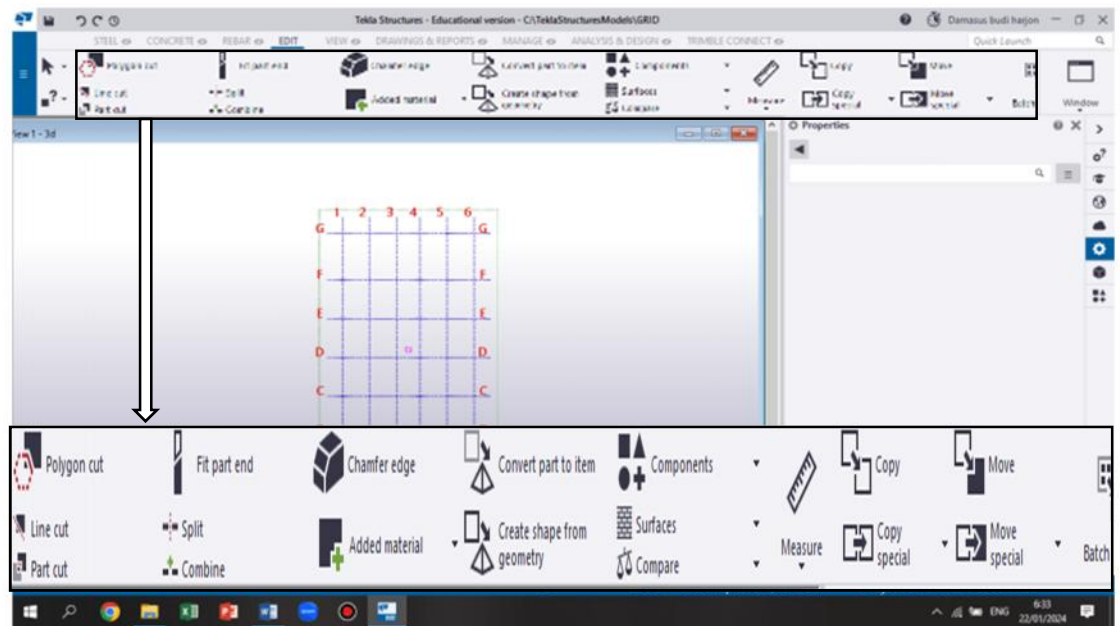
Gambar 2.8 Toolbar Steel
(Sumber: Tekla Structures, 2024)

Pada gambar 2.9 merupakan Toolbar Steel yang berfungsi untuk menentukan material yang digunakan dalam pemodelan, Toolbar Steel ini memberikan material baja dalam objek gambar.



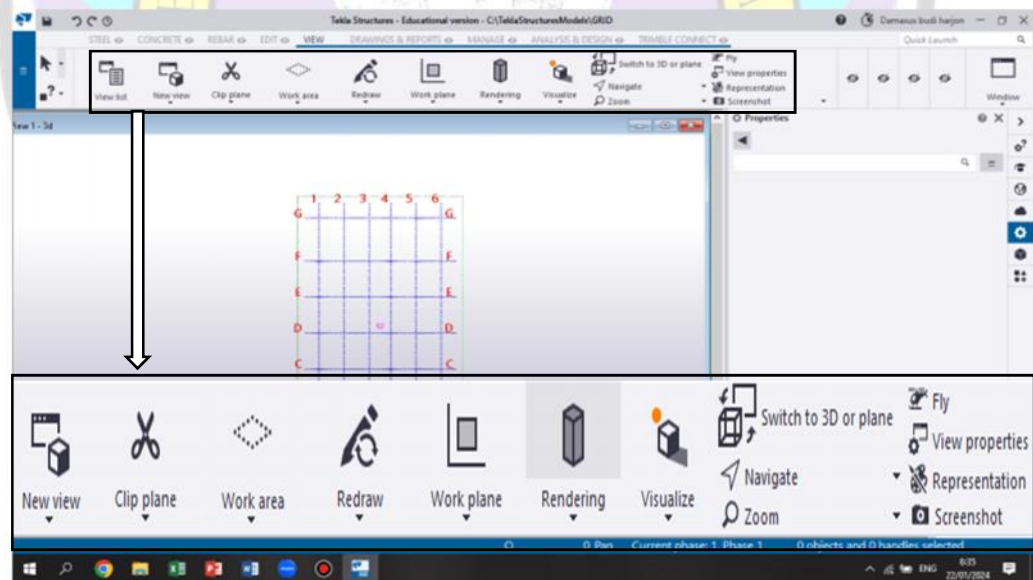
Gambar 2.9 Toolbar Concrete
(Sumber: Tekla Structures, 2024)

Kemudian Toolbar Concrete, berfungsi memberi material beton pada objek gambar. Mulai dari bentuk kolom hingga penulangan pada beton



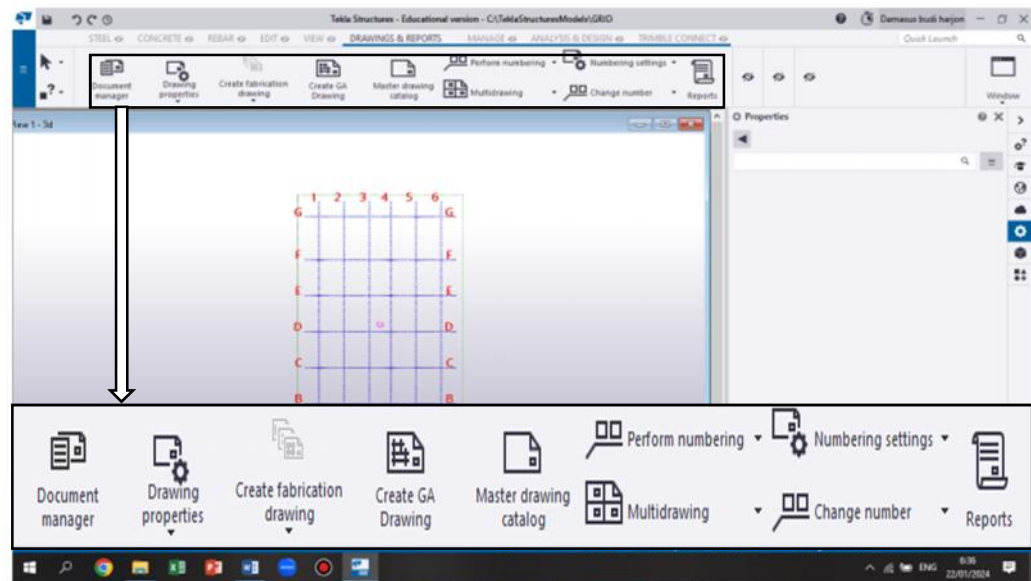
Gambar 2.10 Toolbar Edit
(Sumber: Tekla Structures, 2024)

Pada toolbar Edit, berfungsi untuk mengedit gambar seperti mengukur objek, memotong objek, hingga mengcopy dan memindahkan objek.



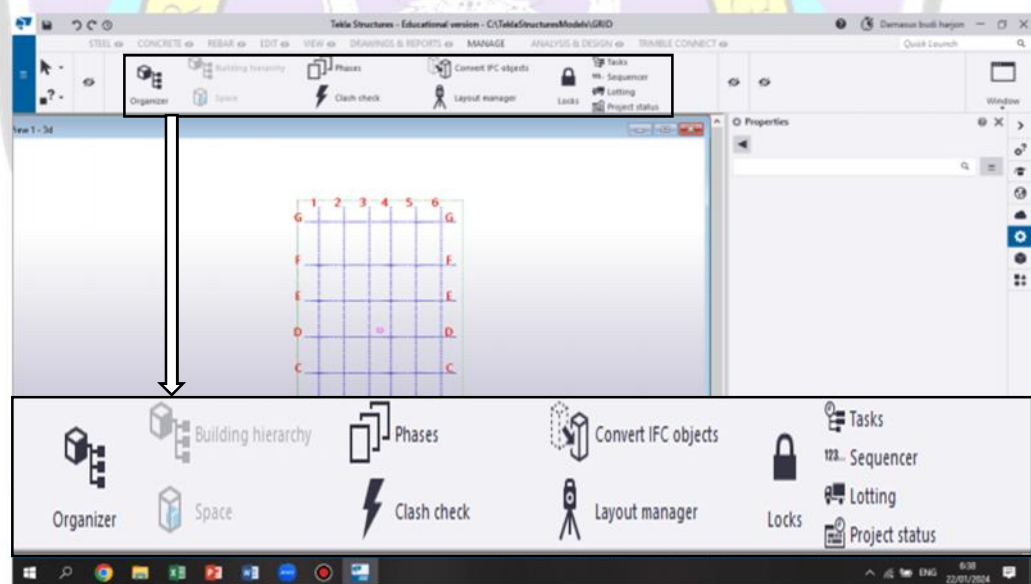
Gambar 2.11 Toolbar View
(Sumber: Tekla Structures, 2024)

Toolbar View memberikan pada gambar 2D hingga 3D, menampilkan jendela objek 2D dan 3D secara bersamaan, membuat area gambar, dll.



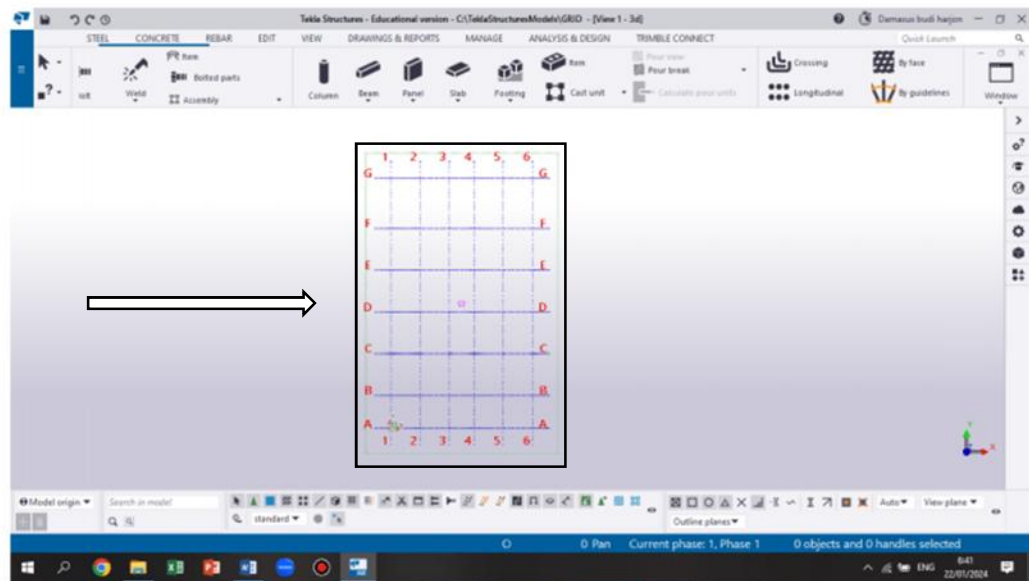
Gambar 2.12 Toolbar Drawings and Reports
(Sumber: Tekla Structures, 2024)

Pada Toolbar drawings and reports ini berfungsi untuk membuat laporan pada gambar.



Gambar 2.13 Toolbar Manage
(Sumber: Tekla Structures, 2024)

Pada Toolbar Manage ini berfungsi untuk membuat jadwal pada sebuah proyek dan menyusun jadwal sesuai urutan-urutan yang sesuai. Dalam BIM merupakan 4D.

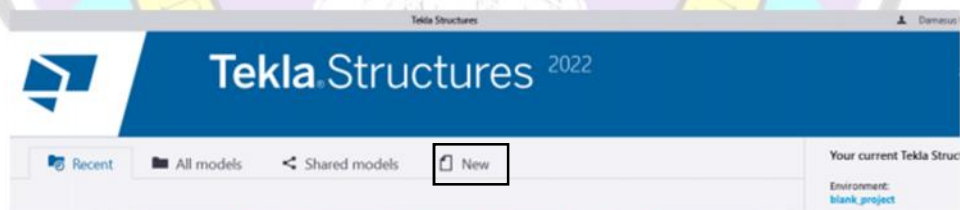


Gambar 2.14 Grid
(Sumber: Tekla Structures, 2024)

Fungsi *Grid*, yaitu untuk memudahkan dalam pemodelan 3D dari as ke as. Sehingga gambar yang diinginkan sesuai dengan ukuran. Grid gambar bisa diatur sesuai kebutuhan dalam pemodelan.

1.2.4 Pemodelan Menggunakan Software Tekla Structures 2022

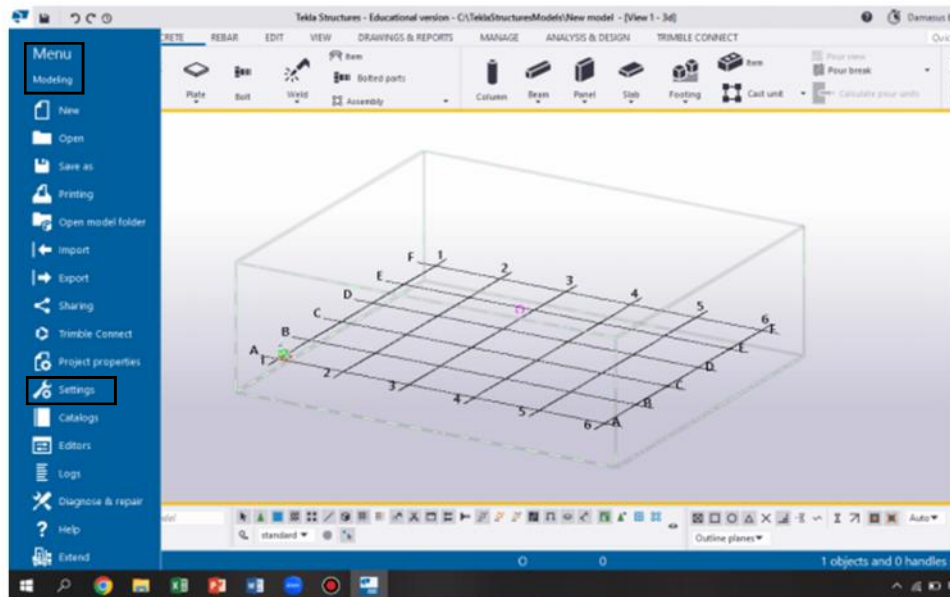
1. Menu Awal



Gambar 2.15 Menu Awal Tekla Structures
(Sumber: Tekla Structures, 2024)

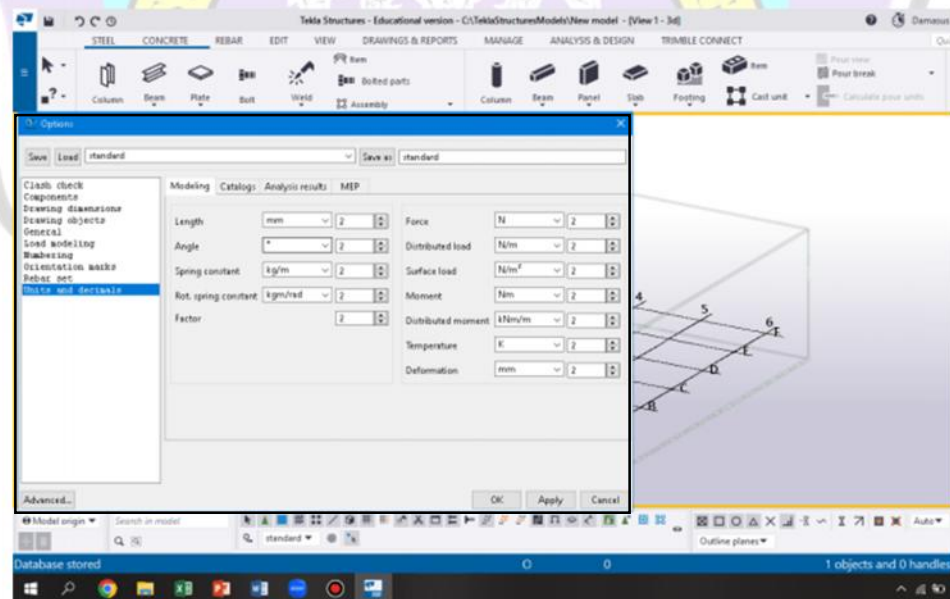
Pilih menu New pada jendela awal untuk memulai gambar baru.

2. Berikutnya klik menu settings pada menu modelling, untuk mengatur satuan gambar sesuai keinginan



Gambar 2.16 Menu Modeling
(Sumber: Tekla Structures, 2024)

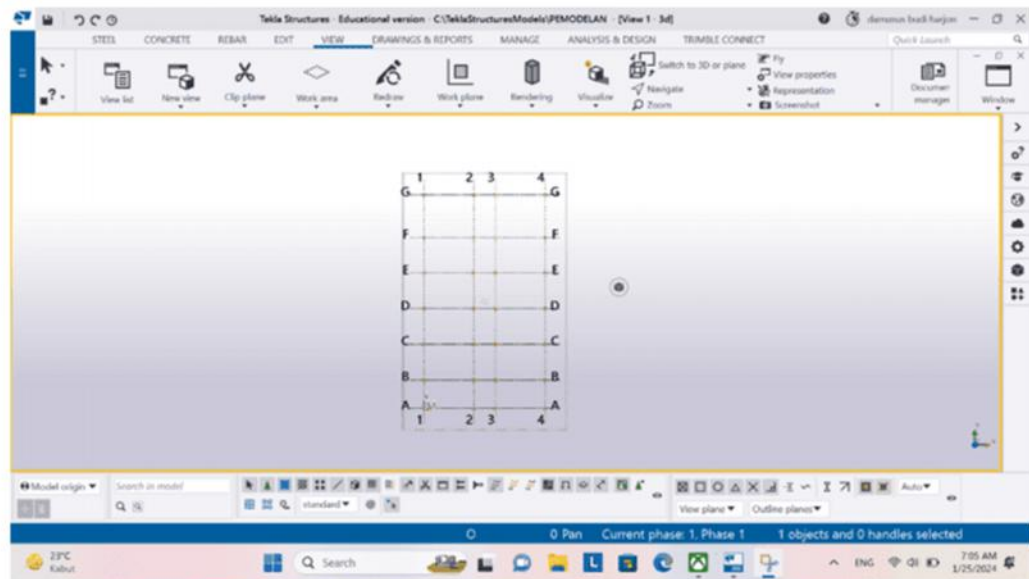
Setelah itu klik *options* pada menu *settings*



Gambar 2.17 Options
(Sumber: Tekla Structures, 2024)

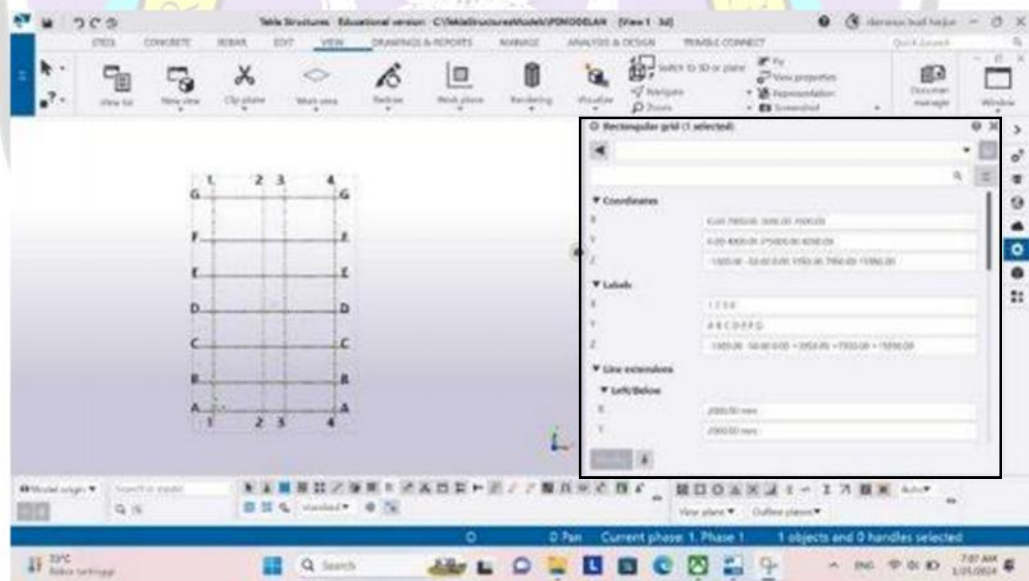
Kemudian muncul perintah seperti pada gambar 2.18, setelah itu pilih unit and decimals. Pada kolom *modeling*, *catalogs*, dan *analysis result* di ganti sesuai kebutuhan, berikutnya klik *apply* dan *OK*.

3. Mengatur Grid



Gambar 2.18 Layout
(Sumber: Tekla Structures, 2024)

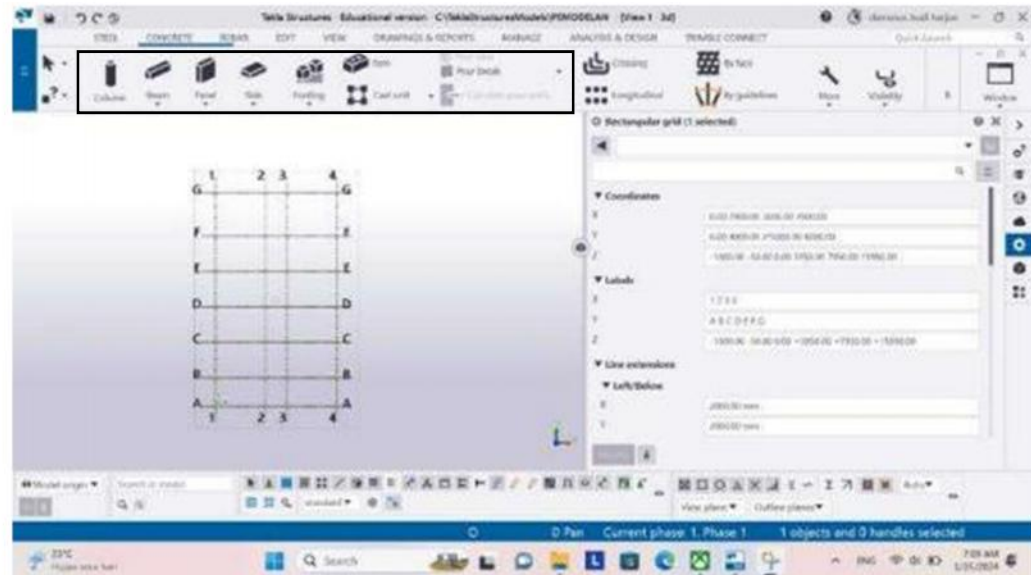
Klik 2x pada *grid* untuk mengatur *grid* sesuai keinginan.



Gambar 2.19 Mengatur Grid
(Sumber: Tekla Structures, 2024)

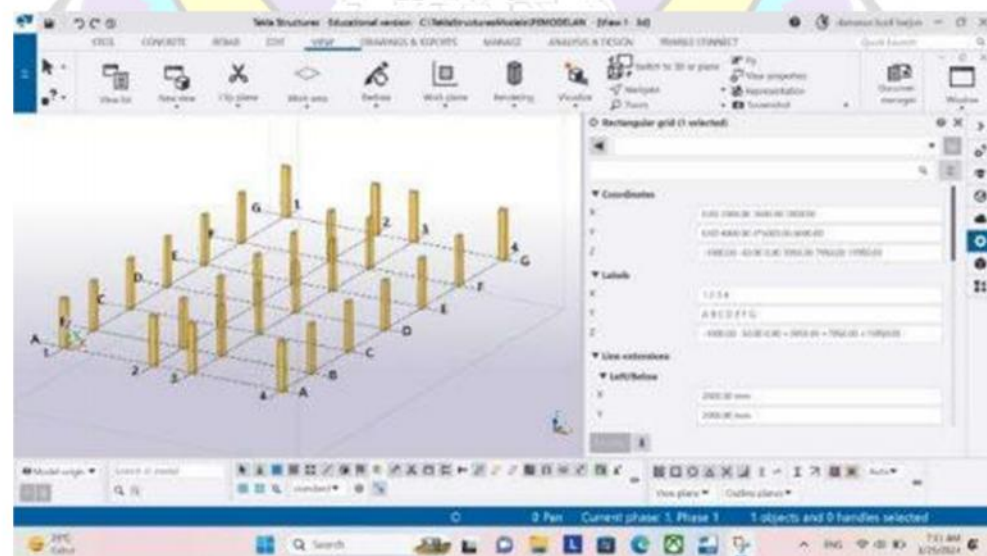
Pada kolom sebelah kanan seperti yang ditandai dalam gambar 2.20 digunakan untuk mengatur ukuran Grid, panjang, lebar, tinggi, dan label.

Dalam pemodelan kita perlu menentukan terlebih dahulu material yang akan digunakan. Pada penulisan kali ini menggunakan material beton.



Gambar 2.20 Toolbar Material Beton
(Sumber: Tekla Structures, 2024)

Pada gambar 2.21 merupakan *Toolbar* material beton yang berfungsi untuk menggambar kolom, balok, dan material beton lainnya. Setelah memilih material kolom beton, selanjutnya objek material kolom dimasukkan kedalam *grid* yang sudah diatur.



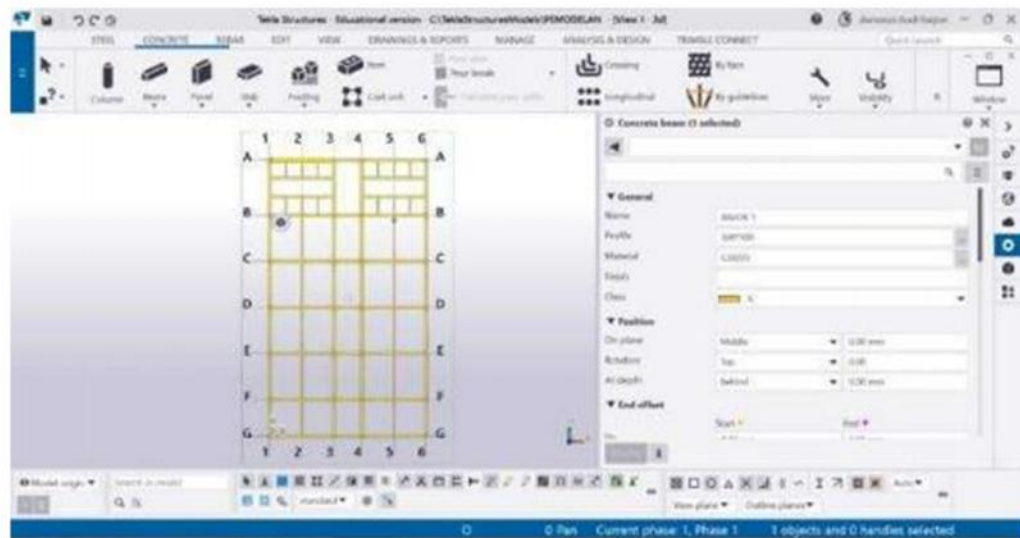
Gambar 2.21 Menggambar Kolom
(Sumber: Tekla Structures, 2024)

Selanjutnya tekan tombol Ctrl+P untuk mengubah tampilan 2D menjadi 3D. Jika ingin mengubah dimensi kolom, blok terlebih dahulu kemudian terdapat gambar kubus lalu klik pada gambar kubus tersebut kemudian muncul kolom edit, setelah itu sesuaikan dimensi sesuai kebutuhan.

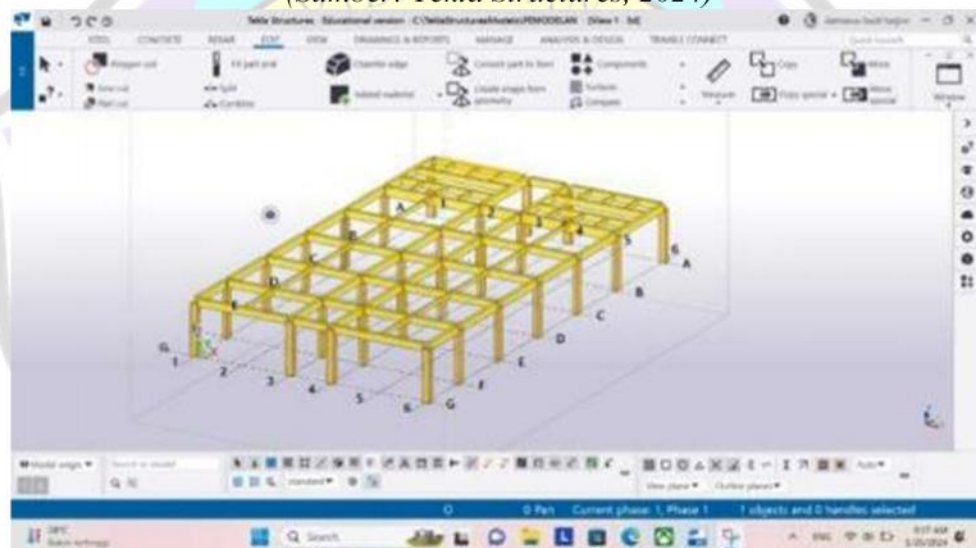


Gambar 2.22 Menu Balok
(Sumber: Tekla Structures, 2024)

Untuk pemilihan material balok, dilakukan dengan cara yang sama seperti memilih material kolom. Tarik garis AS ke AS bangunan pada kolom untuk menggambar balok.



Gambar 2.23 Menggambar Balok
(Sumber: Tekla Structures, 2024)



Gambar 2.24 Edit Balok
(Sumber: Tekla Structures, 2024)

Jika ingin mengedit dimensi pada balok, gunakan cara yang sama seperti mengedit dimensi kolom. Terdapat kolom edit untuk mengedit dimensi balok.

1.3 Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah besaran satuan volume pekerjaan sesuai dengan masing-masing item pekerjaan. Volume dihitung untuk memperoleh besarnya biaya yang diperlukan untuk melaksanakan pekerjaan ini. Agar

menghasilkan perhitungan volume benar, estimator harus mengerti dan memahami gambar desain yang definitif. Gambar tersebut meliputi gambar denah, potongan dan detail yang ketiganya saling melengkapi

1.4 Bangunan Gedung

Bangunan gedung adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah dan/atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 24 tahun 2008 tentang pedoman pemeliharaan bangunan gedung, fungsi dari bangunan gedung meliputi fungsi hunian, keagamaan, usaha, sosial dan budaya serta fungsi khusus adalah ketentuan mengenai pemenuhan persyaratan administratif dan persyaratan teknis bangunan gedung.

1.5 Beton

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain lain. Beton merupakan satu kesatuan yang homogen. Beton ini didapatkan dengan mencampur agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), atau jenis agregat lain dan air, dengan semen Portland atau semen hidrolik yang lain, kadang-kadang dengan bahan tambahan (additif) yang bersifat kimiawi ataupun fisikal pada perbandingan tertentu, sampai menjadi satu kesatuan yang homogen. Campuran tersebut akan mengeras seperti batuan. Pengerasan terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara semen dengan air.

Beton merupakan merupakan material yang paling mendominasi dunia konstruksi di indonesia, alah satu pemilihan material beton adalah kemudahan dalam pengerjaan di lapangan (Handika Setya Wijaya, Dipa Supryanti, & Johannes Claudio Vandem Dea, 2024)

1.6 Struktur Bawah

Struktur bawah adalah seluruh bagian struktur gedung atau bangunan yang berada di bawah permukaan tanah. Jadi apapun itu jika letaknya di bawah permukaan tanah maka dinamakan struktur bawah. Apakah itu besmen, pondasi, sloof, kolom, dan sebagainya.

Struktur bawah mempunyai peranan yang sangat penting bagi sebuah sistem struktur. Struktur bawah memikul beban-beban dari struktur di atasnya sehingga struktur bawah tidak boleh runtuh terlebih dahulu dari struktur atas. Ibarat manusia, kaki adalah struktur bawahnya. Jika kaki tersebut patah (runtuh) maka orang tersebut sulit untuk berdiri.

1.6.1 Pondasi

Pengertian umum untuk Pondasi adalah Struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah, atau bagian bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah yang mempunyai fungsi memikul beban bagian bangunan lainnya di atasnya. Pondasi harus diperhitungkan untuk dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap beratnya sendiri, beban-beban bangunan (beban isi bangunan), gaya-gaya luar seperti: tekanan angin, gempa bumi, dan lain-lain. Disamping itu, tidak boleh terjadi penurunan level melebihi batas yang diijinkan. Agar kegagalan fungsi pondasi dapat dihindari, maka pondasi bangunan harus diletakkan pada lapisan tanah yang cukup keras, padat, dan kuat mendukung beban bangunan tanpa menimbulkan penurunan yang berlebihan.

Pondasi merupakan bagian struktur dari bangunan yang sangat penting, karena fungsinya adalah menopang bangunan di atasnya, maka proses pembangunannya harus memenuhi persyaratan utama sebagai berikut:

1. Cukup kuat menahan muatan geser akibat muatan tegak ke bawah.
2. Dapat menyesuaikan pergerakan tanah yang tidak stabil (tanah gerak)
3. Tahan terhadap pengaruh perubahan cuaca
4. Tahan terhadap pengaruh bahan kimia

Jenis-jenis pondasi dapat dibedakan menjadi 3 yaitu:

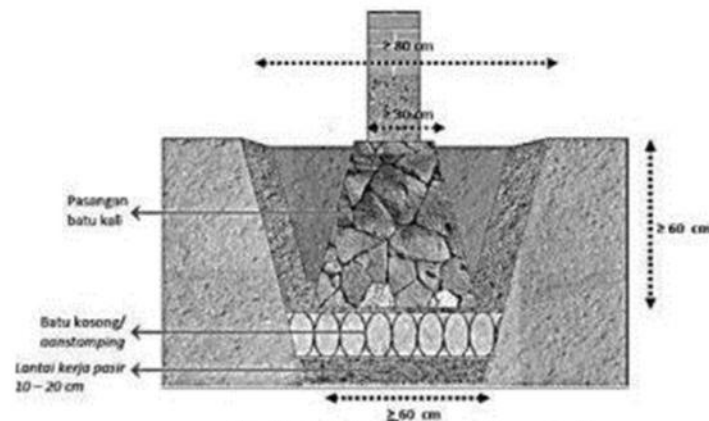
1. Berdasarkan bahan yang dipakai
 - a. Pondasi batu bata
 - b. Pondasi batu kali/karang
 - c. Pondasi beton
2. Berdasarkan bentuk kedalaman
 - a. Pondasi dalam
 - b. Pondasi dangkal
3. Berdasarkan beban yang dipikul
 - a. Pondasi: menanggung beban vertical
 - b. Turap: menanggung beban horizontal

A. Pondasi Dangkal (*Shallow Foundation*)

Pondasi dangkal digunakan dalam bangunan dengan beban struktural yang rendah. Flat foundation juga digunakan pada jenis tanah dengan kapasitas dukungan yang rendah, seperti tanah liat, sumur, air mancur, sungai, pantai, dan area rekreasi. Pondasi dangkal digunakan untuk bangunan yang tidak terlalu tinggi (maksimum 3 meter) serta mempunyai keadaan tanah yang keras untuk menahan beban bangunan yang akan dipotongnya.

1. Pondasi batu kali

Pondasi ini biasanya hanya dipakai untuk konstruksi yang tidak berat, misalnya pagar, rumah tinggal sederhana yang tidak bertingkat. Pondasi batu kali hanya mempertimbangkan beban momen yang terjadi, sehingga kurang tepat apabila dipakai pada konstruksi berat/ bertingkat tinggi.



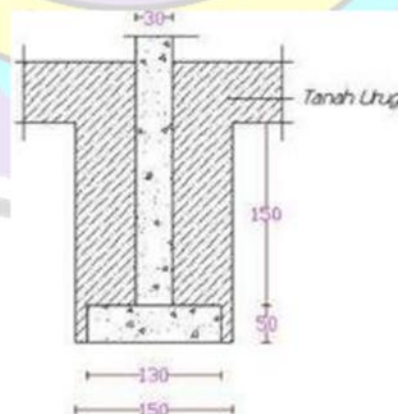
Gambar 2.25 Pondasi Batu Kali

(Sumber : Kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat
direktorat jenderal cipta karya direktorat pengembangan kawasan
permukiman, 2022)

2. Pondasi telapak dari beton bertulang

Pondasi ini digunakan pada bangunan bertingkat yang jumlah tingkatnya tidak terlalu banyak, dengan daya dukung tanah yang baik. Langkah-langkah perhitungan pondasi telapak dari beton bertulang adalah sebagai berikut:

- Menentukan ukuran pondasi
- Kontrol geser
- Menentukan pembesian



- Menentukan besar penurunan

Gambar 2.26 Pondasi Telapak

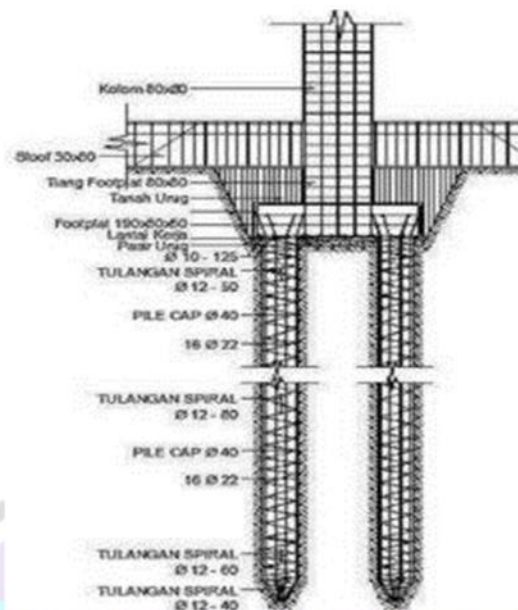
(Sumber : Yulianto & Irwanto, 2013)

B. Pondasi Dalam

Apabila lapisan atas berupa tanah lunak dan terdapat lapisan tanah yang keras yang dalam maka dibuat pondasi tiang pancang yang dimasukkan ke dalam sehinggamencapai tanah keras ($Df/B > 10$ m), tiang-tiang tersebut disatukan oleh poer/pile cap. Struktur bawah bangunan pondasi terdiri dari pondasi dan tanah pendukung pondasi. Pondasi berfungsi untuk mendukung seluruh beban bangunan dan meneruskan beban bangunan tersebut kedalam tanah dibawahnya. Suatu sistem pondasi harus dapat menjamin, harus mampu mendukung beban bangunan diatasnya, termasuk gaya-gaya luar seperti gaya angin, gempa, dll. Untuk itu pondasi haruslah kuat, stabil, aman, agar tidak mengalami penurunan, tidak mengalami patah, karena sulit untuk memperbaiki suatu sistem pondasi.

1. Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang ini umumnya digunakan terhadap struktur-struktur yang mengalami pembebanan struktural yang signifikan, dimana beban itu memiliki potensi untuk membalikkan atau menggulingkan struktur sebagai akibat dari gaya dinamis seperti gempa bumi dan angin. Pondasi jenis ini dirancang untuk membawa beban struktural dari tanah lunak ke tanah keras karena tekanan pada tanah yang berada dibawahnya serta gesekan-gesekan dari permukaan dinding tiang dengan lapisan tanah di sekitarnya.



Gambar 2.27 Pondasi Tiang Pancang
(Sumber : Suwarno, 2018)

Diantara jenis-jenisnya, pondasi tiang pancang sendiri umumnya berdiameter tipikal tiang berlubang adalah 20–60 cm, sementara diameter untuk tiang pracetaknya sendiri bisa sampai 140 cm. Kemudian untuk panjang dari tiangnya pun bervariasi, biasanya berkisar antara 20–40 meter untuk tiang tidak berlubang dan 60 meter untuk tiang yang memiliki lubang. Tiang pancang pracetak ini juga mampu menahan berat beban hingga 800 kN.

1.6.2 Sloof

Sloof adalah salah satu jenis konstruksi pada bangunan yang terletak di atas struktur fondasi. Sloof memiliki bentuk yang mirip dengan balok, tetapi penempatannya saja berbeda. Posisi balok berada di atas kolom, sedangkan sloof berada di bawah untuk menopang kolom. Sloof juga sering disebut sebagai struktur bawah, karena memang letaknya berada di bawah tanah atau menyentuh dengan tanah tergantung dengan desain bangunannya. Keberadaan sloof ini sangat penting pada sebuah bangunan, karena dapat meningkatkan kualitas ketahanan bangunan tersebut.



Gambar 2.28 Sloof

(Sumber : Kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat direktorat jenderal cipta karya direktorat pengembangan kawasan permukiman, 2022)

Fungsi Sloof:

1. Penerima Beban

Fungsi sloof yang pertama adalah sebagai penerima beban dari bagian-bagian bangunan di atasnya. Bagian bangunan yang dimaksud adalah seperti dinding, kolom, kosen pintu, dan sebagainya.

2. Meratakan Beban

Sloof juga berfungsi untuk meratakan beban yang diterima oleh fondasi agar apabila terjadi penurunan tanah pada bangunan, maka penurunannya menjadi sama rata.

3. Sebagai Pengunci

Selanjutnya, sloof bisa berperan sebagai pengunci atau pengikat antar kolom dan dinding. Penguncian ini membuat struktur bangunan menjadi lebih kokoh dan lebih aman terhadap guncangan seperti gempa bumi atau pergeseran tanah.

4. Penambah Estetika

Sloof yang dibangun di atas permukaan tanah yang lebih tinggi dari sekitarnya akan terlihat dari luar. Sloof yang terlihat dari luar ini bisa menambah keindahan estetika suatu bangunan jika dikerjakan dengan rapi

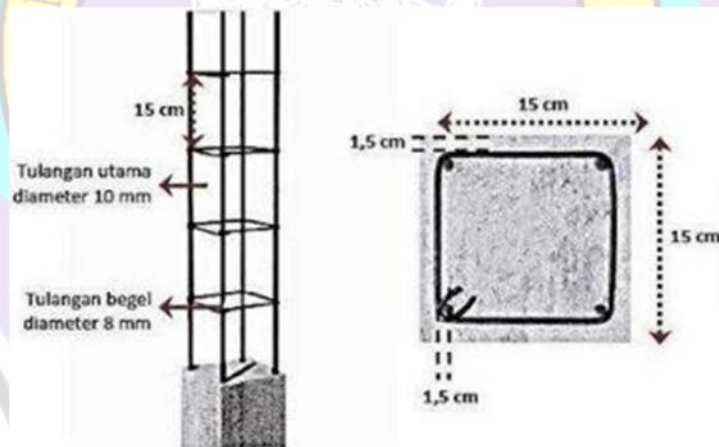
1.7 Struktur Atas

Struktur atas suatu gedung adalah seluruh bagian struktur gedung yang berada di atas tanah. Struktur atas ini terdiri atas kolom, pelat, balok,

dinding geser dan tangga, yang masing-masing mempunyai peran yang sangat penting.

1.7.1 Kolom

Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (collapse) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (total collapse) seluruh struktur (Diagram Perancangan Kolom Beton Bertulang Mengacu SNI-03-2847-1992, 1996). Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Bila diumpamakan, kolom itu seperti rangka tubuh manusia yang memastikan sebuah bangunan berdiri. Kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup (manusia dan barang-barang), serta beban hembusan angin. Kolom berfungsi sangat penting, agar bangunan tidak mudah roboh. Kolom terdiri dari kolom utama dan kolom praktis



Gambar 2.29 Kolom

(Sumber : Kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat direktorat jenderal cipta karya direktorat pengembangan kawasan permukiman, 2022)

A. Kolom utama

Yang dimaksud dengan kolom utama adalah kolom yang fungsi utamanya menyanggah beban utama yang berada diatasnya. Untuk rumah tinggal disarankan jarak kolom utama adalah 3.5 m, agar dimensi balok untuk menompang lantai tidak begitu besar, dan apabila jarak

antara kolom dibuat lebih dari 3.5 meter, maka struktur bangunan harus dihitung.

B. Kolom praktis

Kolom yang berfungsi membantu kolom utama dan juga sebagai pengikat dinding agar dinding stabil, jarak kolom 3-4 meter, atau pada pertemuan pasangan bata (sudut-sudut).

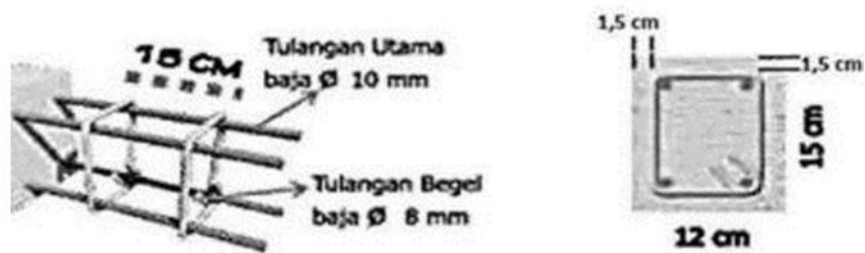
Prinsip-prinsip dasar yang dipakai untuk analisa kolom pada dasarnya sama dengan balok yaitu :

1. Distribusi tegangan adalah linier diseluruh tinggi penampang kolom
2. Regangan pada baja sama dengan regangan beton yang menyelimutinya.
2. Regangan tekan beton dalam kondisi batas adalah 0,003 mm/mm
3. Kekuatan tarik beton diabaikan dalam perhitungan kekuatan

1.7.2 Balok

A. Balok

Balok adalah elemen struktur yang berfungsi menyalurkan beban ke kolom. Balok merupakan bagian dari struktur inti bangunan selain kolom dan pondasi. Sehingga pengecorannya harus dilakukan dengan baik. Tahap pengecoran dimulai sejak tahap persiapan pengerjaan tulangan sampai pada saat perawatan (curing). Pelaksanaan pengecoran yang kurang baik dapat menimbulkan pengeroposan pada balok, dan hasil dari survey yang tidak sesuai dengan yang sudah direncanakan agar mencegah terjadinya pengeroposan tersebut, perlu dilakukan proses-proses pengujian kualitas beton seperti slump test dan test kuat beton yang dilakukan oleh bagian pengendalian mutu (Quality Control).



Gambar 2.30 Balok

(Sumber : Kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat
direktorat jenderal cipta karya direktorat pengembangan kawasan
permukiman, 2022)

B. Ring Balk

Balok ring atau ring balk merupakan struktur bangunan yang berbentuk balok yang terletak pada bangunan teratas dinding. Balok ini memiliki fungsi utama sebagai pengikat pasangan susunan tembok sekaligus meratakan beban dari struktur yang berada di atasnya. Jenis-jenis balok ring yang sudah berkembang di antaranya yakni sebagai berikut:

1. Balok Sederhana

Pertama ada balok sederhana yang mana merupakan jenis balok ring yang bertumpu pada kolom di bagian kedua ujungnya. Untuk jenis balok ring ini tidak tergantung pada bentuk penampang dan bahan materialnya. Akan tetapi, balok sederhana tergantung nilai dari semua reaksi dan pergeseran.

2. Balok Kantilever

Berikutnya ada jenis balok ring bernama balok kantilever yang mana hanya bertumpu pada salah satu ujungnya saja. Sementara itu, bagian ujung yang lainnya dikatakan tidak memiliki penyangga atau menggantung.

3. Balok Teritisan

Balok teritisan sendiri merupakan salah satu variasi dari balok sederhana yang mana berbentuk memanjang. Jika dilihat secara sekilas, balok teritisan ini memiliki bentuk memanjang sampai dengan melewati salah satu kolom yang ditumpunya.

4. Balok dengan Ujung Tetap

Jenis balok ring selanjutnya ada balok dengan ujung tetap. Dimana, balok ini hadir dengan ujungnya dikunci secara kuat sehingga tidak menjadikannya bergerak dan bahkan dapat menahan pergeseran dan rotasi karena momen.

5. Balok dengan Bentangan Tersuspensi

Bisa dikatakan, bahwa balok dengan bentangan tersuspensi ini merupakan variasi dari jenis balok sederhana. Akan tetapi, penggunaannya ditopang oleh teritisan dari dua bentang dengan konstruksi sambungan pin pada momen nol.

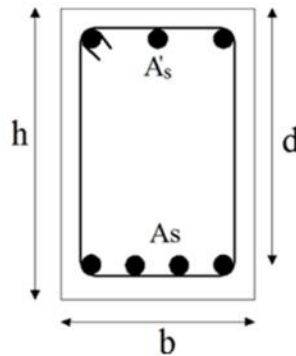
6. Balok Kontinu / Balok Menerus

Adapun jenis balok ring yang terakhir yakni balok kontinu atau dikenal juga dengan nama balok menerus. Ya, balok ini memiliki bentuk memanjang secara terus menerus sehingga melewati lebih dari dua kolom tumpuan. Ini bertujuan untuk menghasilkan kekuatan yang lebih besar dan momen lebih kecil dari serangkaian balok tidak terus menerus dengan panjang dan beban yang sama pada bangunan.

C. Jenis-Jenis Balok Beton Bertulang

Balok adalah elemen struktur yang menyalurkan beban-beban dari pelat ke kolom penyangga yang vertikal. Dalam konstruksi gedung biasanya balok dibagi menjadi tiga penampang yaitu balok L, T dan persegi.

1. Balok Persegi



Gambar 2.31 Penampang balok persegi dengan tulangan rangkap
(Sumber: Mathematics, 2016)

Keterangan :

h = tinggi balok,

b = lebar balok,

d = tinggi balok dari tepi serat yang tertekan ke pusat tulangan

tarik

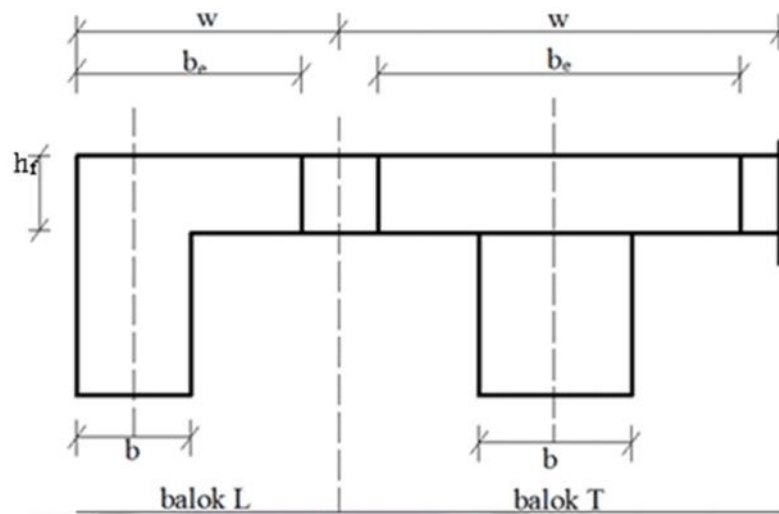
A_s = luas tulangan tarik dan

$A's$ = luas tulangan tekan

Untuk perencanaan lebar efektif dan tebal balok sudah diatur dalam SNI-03-2847-2002 tentang tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung. SNI-03-2847-2002 menyajikan tinggi minimum balok sebagai berikut ini.

- Balok di atas dua tumpuan $h_{min} = L/16$.
- Balok dengan satu ujung penerus $h_{min} = L/18,5$.
- Balok dengan kedua ujung penerus $h_{min} = L/21$.
- Balok kantilever $h_{min} = L/8$, dengan L = panjang bentang dari tumpuan ke tumpuan.

2. Balok L/T



Gambar 2.32 Penampang balok T dan balok L
(Sumber: Priyosulistyo, 2010)

keterangan :

- h_f = Tebal sayap
- b = lebar balok
- w = jarak bersih antar balok dan
- b_e = lebar sayap

Sedangkan untuk ketentuan lebar balok T dan L, (SNI-2847-2013) sebagai berikut ini.

1. Pada konstruksi balok T, sayap dan balok harus dibangun menyatu atau bila tidak harus dilekatkan bersama secara efektif.
2. Lebar slab efektif sebagai sayap balok T tidak boleh melebihi seper empat panjang bentang balok, dan lebar efektif sayap yang menggantung pada masing-masing sisi badan balok tidak boleh melebihi :
 - a. Delapan kali tebal slab, dan
 - b. Setengah jarak bersih ke badan di sebelahnya.
3. Untuk balok dengan slab pada suatu sisi saja, lebar efektif yang menggantung tidak boleh melebihi:

- a. $\frac{1}{1}$ panjang bentang balok
- b. enam kali tebal slab
- c. setengah jarak bersih ke badan disebelahnya.

1.7.3 Pelat

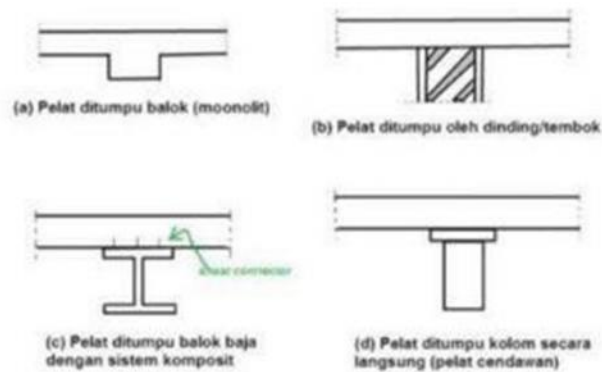
Pelat merupakan elemen struktur lantai di mana beban layan bekerja. Pelat adalah elemen struktur yang akan dikenai beban layan pertama kali sebelum terdistribusi ke elemen struktur yang lain. Elemen pelat mempunyai fungsi sebagai penopang langsung beban atau tumpuan beban (Nasution, 2009).

Adapun fungsi dari plat lantai yaitu sebagai berikut:

- a) Berfungsi sebagai tempat berpijak bagi penghuni bangunan tersebut,
- b) Berfungsi sebagai penyekat atau pemisah antar lantai bawah dan lantai atas,
- c) Berfungsi untuk menambah kekakuan beban yang bekerja pada arah horizontal,
- d) Berfungsi untuk menyalurkan beban menuju elemen kolom penopang,
- e) Berfungsi sebagai tempat penempatan lampu dan kabel listrik
- f) Berfungsi sebagai peredam suara antara lantai satu dan lainnya

1. Jenis-jenis plat lantai berdasarkan tumpuannya

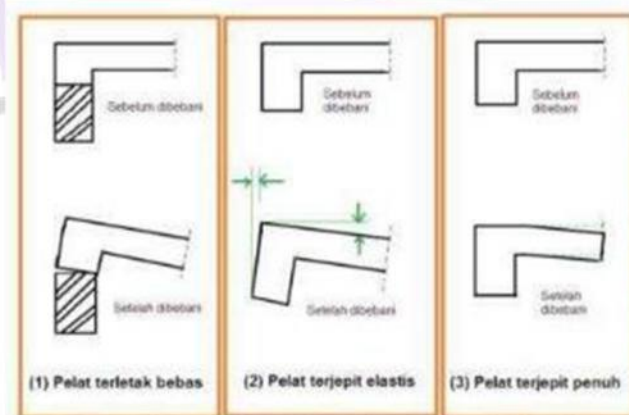
- a) Plat ditumpu oleh balok (moonolit)
- b) Plat ditumpu oleh dinding
- c) Plat ditumpu oleh balok baja (komposit)
- d) Plat ditumpu kolom secara langsung (plat cendawan)



Gambar 2.33 Jenis Plat Lantai Berdasarkan Tumpuannya
(Sumber: Fannyn, 2019)

2. Jenis perletakan plat lantai

- Terletak Bebas Terletak bebas maksudnya yaitu apabila pelat diletakkan begitu saja diatas balok, antara balok dan plat tidak dicor secara bersamaan sehingga pelat dapat berotasi bebas pada tumpuannya.
- Terjepit Elastis Terjepit elastis maksudnya yaitu apabila pelat dan balok dicor bersamaan secara moonolit, akan tetapi memiliki dimensi balok yang kecil maka balok tidak kuat dalam menahan beban rotasi pada pelat.
- Terjepit Penuh Terjepit penuh maksudnya adalah jika balok dan pelat dicor bersamaan secara moonolit, memiliki ukuran balok yang cukup besar, sehingga balok mampu untuk menahan rotasi pelat.

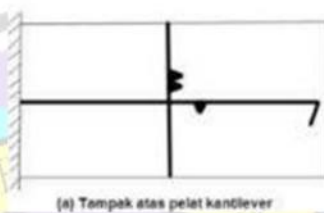


Gambar 2.34 Jenis Perletakan Plat Lantai
(Sumber: Fannyn, 2019)

3. Sistem perencanaan Penulangan

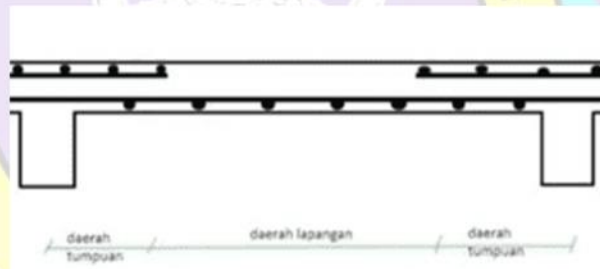
Sistem perencanaan penulangan pada plat yaitu terbagi dua, sebagai berikut:

1. Penulangan Satu Arah



Gambar 2.35 Penulangan Plat Satu Arah
(Sumber: Fannyn, 2019)

2. Penulangan Dua Arah



Gambar 2.36 Penulangan Plat Dua Arah
(Sumber: Fannyn, 2019)

1.8 Pembebanan

Pembebanan pada struktur bangunan merupakan salah satu hal yang terpenting dalam perencanaan sebuah gedung. Kesalahan dalam perencanaan beban atau penerapan beban pada perhitungan mengakibatkan kesalahan yang fatal pada hasil desain bangunan tersebut. Untuk itu sangat penting bagi kita untuk merencanakan pembebanan pada struktur bangunan dengan sangat teliti agar bangunan yang didesain tersebut nantinya akan aman pada saat dibangun dan digunakan.

1.8.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan structural lainnya, serta peralatan layan terpasang lainnya termasuk berat keran (SNI 1727:2013 pasal 3.1)

1.8.2 Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung, atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, serta beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

1.8.3 Beban Gempa

Beban gempa merupakan beban yang diakibatkan oleh adanya pergerakan tanah di bawah struktur suatu gedung atau bangunan. Akibat pergerakan tanah, struktur atas akan bergoyang. Goyangan tersebut dimodelkan sebagai beban horizontal terhadap struktur atas gedung atau bangunan, kemudian diformulasikan sebagai beban gempa rencana.

Kriteria rencana gempa berdasarkan pertimbangan sebagai berikut:

1. Probabilitas terjadinya
2. Karakteristik gerakan tanah
3. Sifat deformasi struktur
4. Perilaku bahan bangunan menerima regangan bolak-balik
5. Tingkat kegagalan bangunan yang dapat ditoleransi
6. Biaya perbaikan kerusakan dibandingkan dengan biaya perencanaan system tahan gempa.

Faktor penting dalam perencanaan tahan gempa yang perlu diperhatikan sebagai berikut:

1. Peraturan adalah spesifikasi minimum yang harus dipenuhi dalam perencanaan.
2. Rincian gambar kerja mengenai sambungan, sambungan lewatan, baut harus benar-benar dirancang.

3. Kekokohan struktur harus terjamin.
4. Daktilitas elemen merupakan indikator dari pencegahan kehancuran mendadak.
5. Secara umum, gempa menengah seharusnya menimbulkan tanggap elastis, sedangkan gempa kuat harus dicegah untuk kegagalan struktur. Pada kondisi inelastik (terbentuknya sendi-sendi plastis) struktur, harus direkayasa terjadinya sendi pada balok atau bracing bukan di kolom.
6. Jika ada beban dengan sifat bolak-balik, rencanakan penempatan tulangan dengan baik, terutama pada balok prategang.
7. Tanah fondasi seperti tanah timbunan, lereng, tanah lunak mempengaruhi tanggap struktur.
8. Perlunya pengawasan bagi pelaksanaan supaya terlaksana rencana gambar kerja dan terpenuhinya kualitas bahan.
9. Jarak bangunan harus dijaga supaya tidak terjadi tumbukan.
10. Jaga sifat simetri struktur.
11. Kurangi masa jika mungkin.
12. Rencana beban kerja benar-benar sesuai menurut peraturan (Nasution, 2009).

1.9 Penelitian Terdahulu

Tujuan penelitian terdahulu adalah sebagai upaya penelitian untuk mencari perbandingan sehingga dapat menemukan inspirasi atau konsep baru untuk penelitian yang akan di ambil dan selanjutnya di samping itu kajian atau penelitian terdahulu membantu penelitian dalam memposisikan serta memberikan gambaran dari penelitian tersebut.

Tabel 2.9 Penelitian terdahulu

Nama	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
(Handika Setya Wijaya, Dipa Supryanti, & Johannes Claudio Vandem Dea, 2024)	Aplikasi Building Information Modeling (Bim) Menggunakan Software Tekla Structures 2022 Pada Konstruksi Gedung Klinik Multazam, Pasuruan	Tujuan penelitian ini untuk memodelkan struktur bangunan pada Gedung Klinik Multazam, Pasuruan secara 3D, 4D dan 5D menggunakan software Tekla Structures 2022	Hasil yang didapatkan yaitu dapat memodelkan ukuran, detail tulangan dan jumlah Sengkang pada pondasi, sloof, kolom, balok serta pelat lantai secara 3D. Desain struktur 3D pada bangunan ini, menggunakan pondasi yang berdimensi (2x2) m dengan ketebalan 0,6 m pada pile cap serta terdapat 6 tiang pancang berdiameter 30 cm dan kedalaman tiang 6m. Untuk Sloof menggunakan dimensi (30x60) cm dengan tulangan 12D20 dan sengkang Ø10-100. Kolom berdimensi (60x60) cm, tulangan 14D20 dan sengkang Ø10-100.

			Balok terdiri dari balok B1 dan B2 berdimensi (30x60) cm dan (20x30) cm, tulangan tumpuan lapangan atas dan bawah 9D20+6D20 dan 6D16+3D16 serta sengkang Ø10-100 dan Ø8-60. Pelat lantai dengan tulangan D10-200 dan tebal 12 cm. Secara 4D (Penjadwalan Proyek) dengan memanfaatkan menu task manager didesain pekerjaan dimulai pada tanggal 09-02-2024 dan selesai pada tanggal 19-07-2021. Secara 5D (Perhitungan RAB) memanfaatkan menu inquire object dan excel diperoleh dana RAB untuk struktur Klinik Multazam sebesar Rp. 2.262.300.000,00.
(Fadillah & Nofriadi, 2022)	Quantity take-off pekerjaan struktur berbasis building information modeling (bim) pembangunan gedung kantor pelayanan pajak pratama balige	Membandingkan antara perhitungan volume pekerjaan secara otomatis dan secara manual oleh konsultan	Penerapan konsep BIM menggunakan Tekla Structures memberikan hasil perhitungan quantity take-off yang lebih akurat, lebih cepat dan bisa dipertanggung jawabkan. Berdasarkan penelitian ini diperoleh perbandingan hasil Tekla Structures terhadap BOQ konsultan perencana sebesar 98,45% untuk beton, 94,30% untuk bekisting dan 100,004 % untuk pembesian
(Tama & Renaningsih, 2023)	Perbandingan perhitungan volume dan estimasi biaya beton pile cap rs kasih ibu surakarta antara metode building information modeling (bim) dengan konvensional	Melakukan perbandingan perhitungan volume dan estimasi biaya beton pile cap RS Kasih Ibu Surakarta dengan metode BIM dan metode konvensional	Hasil quantity take off dari aplikasi Tekla structure dalam bentuk Excel untuk mencari estimasi biaya beton . Berdasarkan pada penelitian ini diperoleh hasil perbandingan 0,01% jadi dapat diartikan hampir sama atau tidak berpengaruh terhadap pelaksanaan di lapangan
(Bastian & Setiawan, 2023)	Penerapan Building Information Modeling dalam Proses Quantity Take - Off pada Proyek Gudang X	Membandingkan konsep BIM dengan metode konvensional dalam mengurangi total pengeluaran berdasarkan rencana anggaran biaya	Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, ditemukan bahwa pelaksanaan quantity takeoff untuk estimasi rencana anggaran biaya menggunakan metode BIM memberikan penghematan sebesar 4,807% dari keseluruhan biaya pekerjaan yang ditinjau. Perbedaan biaya ini terutama disebabkan oleh

			perbedaan hasil perhitungan volume, yang mana perhitungan volume menggunakan metode BIM membuahkan hasil perhitungan yang lebih cepat dan akurat
(Zahrah & Berliana, 2023)	Implementasi Bim Dalam Perhitungan Quantity Take-Off Pekerjaan Struktur Dan Arsitektur Proyek Rtct Pertamina	Membandingkan Quantity Take-off menggunakan BIM pada software Autodesk Revit dan perhitungan manual menggunakan Microsoft Excel dan Autocad pada pekerjaan struktur dan arsitektur	Adanya perbedaan sebesar 0.0503% antara perhitungan BIM dan manual. Mengeluarkan volume melalui BIM juga terbilang cukup cepat dan mudah daripada manual sehingga dapat menghemat efisiensi waktu

