

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Landasan Teori**

##### **2.1.1 BIM (Building Information Modeling)**

*Building Information Modeling* (BIM) merupakan seperangkat teknologi, dimana proses kebijakan yang seluruh prosesnya berjalan secara terintegrasi dalam sebuah model digital, yang kemudian diterjemahkan sebagai gambar 3 tiga dimensi. BIM menggunakan software 3D, real time, dan permodelan bangunan dinamis untuk meningkatkan produktivitas dalam desain dan konstruksi bangunan (Nelson & Tamtana, 2019).

BIM adalah *Software* yang bertujuan untuk mendukung berbagai proses dalam pekerjaan konstruksi. BIM merupakan suatu sistem atau alur kerja yang berbasis digital yang dapat memberikan tampilan yang konsisten dan terkoordinasi serta representasi dari model digital termasuk data yang dapat diandalkan untuk setiap tampilan (Wijaya et al., 2020). BIM dapat digunakan untuk menunjukkan segala siklus hidup bangunan. Siklus hidup yang dimaksudkan adalah mencakup proses konstruksi dan operasi fasilitas. Kuantitas dan kualitas dari suatu material dapat digali dengan mudah. Lingkup kerja dapat ditentukan, dibagi, dan dipisahkan. Sistem, pemasangan dan urutan rangkaian dapat digambarkan 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 Bangunan.

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. Menurut (Lestari et al., 2021) Tujuan utama penggunaan BIM adalah untuk mendukung siklus hidup proyek konstruksi dimulai dari tahap pra-konstruksi, desain, konstruksi, fabrikasi hingga ke tahap pemeliharaan. 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.

### 2.1.2 Pemodelan Dimensi Dalam BIM

Penerapan aplikasi teknologi BIM membantu pada proses pelaksanaan konstruksi, pengguna atau pemilik proyek dengan sangat mudah mengetahui kondisi, proses dan bentuk dari hasil konstruksi tersebut (Saputro et al., 2021). Dimensi BIM mengacu pada bagaimana tipe data tertentu terkait dengan model informasi (Sigurdsson Houghton B. & Wedge, 2022). Setiap dimensi dan data yang ditambahkan ke dalamnya memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang proyek, seperti biayanya, bagaimana pelaksanaannya, pemeliharaan apa yang diperlukan, dan sebagainya.

Pemodelan *Building Information Modeling* (BIM) tidak hanya mempresentasikan 2D dan 3D saja namun keluaran yang dihasilkan oleh BIM dapat diperoleh 4D, 5D, 6D, bahkan 7D. Tahapan BIM berbasis obyek pemodelan parametric, tahapan BIM 4D merupakan urutan dan penjadwalan material, pekerja, luasan area, waktu dan lainnya. Tahapan BIM 5D merupakan perhitungan estimasi biaya dan semua detailnya. Tahap BIM 6D memperhitungkan analisis energi suatu bangunan dan memperhitungkan dampak lingkungan. Sedangkan tahap BIM 7D digunakan untuk fasilitas manajemen. Adapun tahapan Dimensi pada *Building Information Modeling* (BIM) adalah sebagai berikut :



Gambar 2. 1 Implementasi BIM Dalam Konstruksi  
(Sumber : Dirjen Bina KonstruksiKementerian PUPR, 2019)

## **2.2 Pemodelan**

### **2.2.1 Pemodelan 3D**

Pemodelan 3D merupakan tahapan yang memperlihatkan kondisi existing suatu proyek serta memvisualisasikan keluaran konstruksi dari bangunan tersebut. Pemodelan 3D disebut juga dengan model 3 (tiga) dimensi yang berisi parameter informasi komponen yang lebih detail dan dapat diintegrasikan ke berbagai platform dan dapat ditingkatkan ke dimensi selanjutnya. Dalam pengaplikasian model BIM 3D, terdapat keuntungan yang tidak dimiliki oleh aplikasi lain misal, AutoCAD dan Google SketchUp.

### **2.2.2 Pemodelan 4D**

Pemodelan 4D dihasilkan dengan memvisualisasikan urutan konstruksi yaitu integrasi fase konstruksi dan urutan model 3 (tiga) dimensi yang di dalamnya mengandung berbagai Tingkat Rincian untuk digunakan dalam berbagai fase konstruksi dalam proyek.

### **2.2.3 Pemodelan 5D**

Dengan menambahkan harga satuan dari bahan yang digunakan pada proyek ke dalam software BIM, estimasi biaya pun dapat diperhitungkan. Dan estimasi biaya tersebut dijadikan dasar perhitungan RAB proyek.

## **2.3 Kelebihan Dan Kekurangan BIM**

### **2.3.1 Kelebihan BIM**

Penggunaan BIM dapat memprediksi konstruksi dalam praktek sebelum konstruksi yang sebenarnya, sehingga mengurangi ketidakpastian dan meminimalkan kesalahan dalam proyek konstruksi. Kelebihan penggunaan BIM dari setiap tahap proyek adalah pada tahap pra-konstruksi, tahap desain, tahap konstruksi dan fabrikasi dan tahap pemeliharaan. Berikut beberapa kelebihan pada BIM yaitu:

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 tidak lanjut atau bahkan dalam waktu nyata, sehingga semua orang dapat bekerja sesuai dengan informasi terkini dan alur kerja kolaborasi dapat dibentuk.
3. Pengerjaan ulang minimal dilokasi, BIM memfasilitas 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. Proses Lebih Cepat Dengan menggunakan perangkat lunak yang terintegrasi akan sangat mempermudah dan mempercepat dalam segala proses baik perencanaan maupun pelaksanaan dibandingkan dengan sistem konvensional.
5. Penghematan Sumber Daya Kebutuhan sumber daya manusia jika menggunakan metode BIM dapat diminimalisir karena penggunaan metode BIM dapat mempermudah pekerjaan. Ada beberapa pekerjaan jika menggunakan metode konvensional akan sangat memerlukan banyak sumber daya manusia dan jika menggunakan metode BIM hanya memerlukan beberapa sumber daya manusia saja.
6. Penghematan Biaya. Penghematan biaya akan sangat terasa jika menggunakan metode BIM dikarenakan kebutuhan sumber daya manusia dan efisiensi waktu dapat dikontrol dengan baik.

### **2.3.2 Kekurangan BIM**

Untuk menerapkan konsep BIM yang dimana BIM sendiri merupakan konsep baru dalam dunia konstruksi saat ini. Dimana dalam penerapannya juga BIM menggunakan software yang sangat membutuhkan spek PC yang tinggi dan SDM yang mampu menjalankan atau mengoperasikan software tersebut.

### 2.3.3 Tekla Struktur

Software Tekla Structures merupakan perangkat lunak Building Information Modeling (BIM) yang memungkinkan untuk membuat dan mengelola data secara akurat dan rinci, serta dapat membuat model struktur 3D tanpa melupakan material dan struktur yang kompleks. (Hidayat et al., 2020)

Tekla Structures adalah salah satu tools BIM pada bidang struktur yang memiliki keunggulan dibanding program aplikasi lainnya (Saputro et al., 2021). Manfaat serta keunggulan Tekla Structures diantara lain yaitu presisi dan kejelasan detail, otomatisasi terhadap hasil, serta efisiensi dan penghematan usaha manajemen.

#### 1. Kelebihan Tekla Struktur

Kelebihan dalam menggunakan Tekla structure yaitu sebagai berikut :

- a. Mampu mengolah model dari aplikasi lain yang memiliki pendekatan open BIM. Begitu pun sebaliknya, model dari aplikasi Tekla structures dapat diolah lagi pada aplikasi lainnya yang memiliki pendekatan Open BIM.
- b. Mampu menangani proyek yang besar dan kompleks dengan tingkat akurasi dan perincian yang tinggi agar dapat mengurangi resiko salah perencanaan yang mengakibatkan tidak dapat terlaksananya suatu pekerjaan saat proses konstruksi
- c. Mampu memodelkan berbagai macam material komponen struktur sehingga jenis konstruksi yang dapat dimodelkan pun bisa beragam

#### 2. Kekurangan Tekla Struktur

Terlepas dari kelebihannya, aplikasi ini pun memiliki beberapa kekurangan, antara lain:

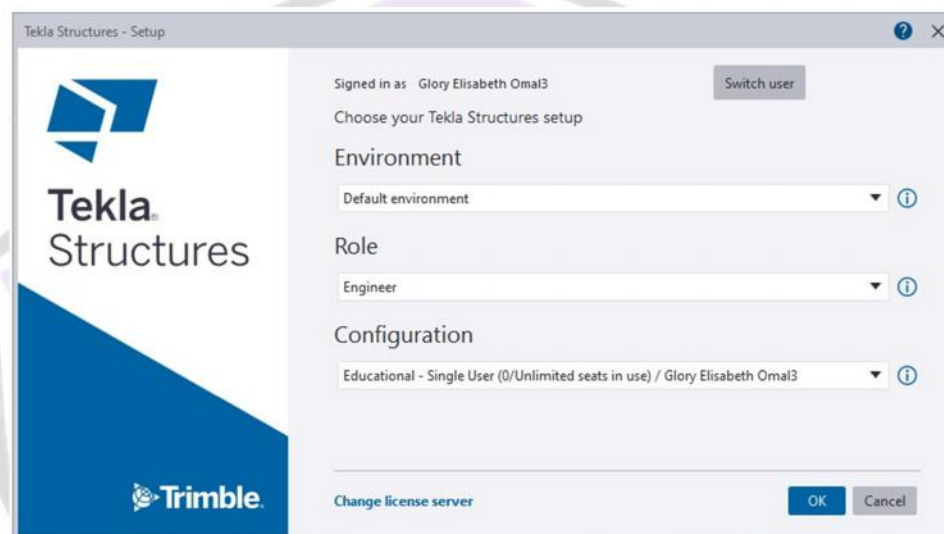
- a. Aplikasi BIM hanya mampu memodelkan struktur sehingga dibutuhkan aplikasi lain yang dapat membuat detail perpipaan.
- b. Masih terdapat beberapa komponen yang perlu penyesuaian agar model sesuai.
- c. Masih terdapat beberapa komponen yang perlu penyesuaian agar model sesuai.

## 2.4 Pengenalan Tekla Struktur

Dalam Tekla struktur terdapat beberapa menu yang harus di pahami dalam mengoperasikan Tekla Structures.

### 1. Menu awal Tekla structures

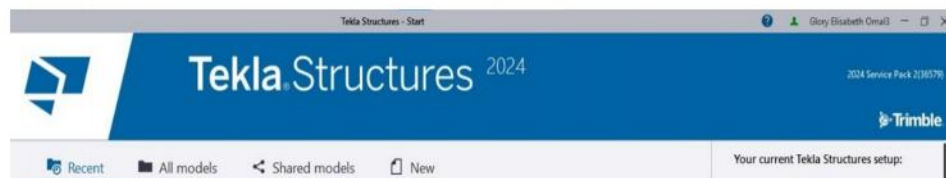
Untuk tahap awal membuka Tekla muncul jendela environment dan configuration, yang dimana Environment berfungsi untuk mengatur tentang domisili negara dan mengatur tentang ketentuan-ketentuan sesuai dengan negara yang dipilih. Sedangkan Configuration merupakan pilihan berupa kedudukan dalam mengoptimalkan untuk pengoprasian.



Gambar 2. 2 Menu Utama Tekla Structures  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025)

### 2. Pembukaan Tekla Structures

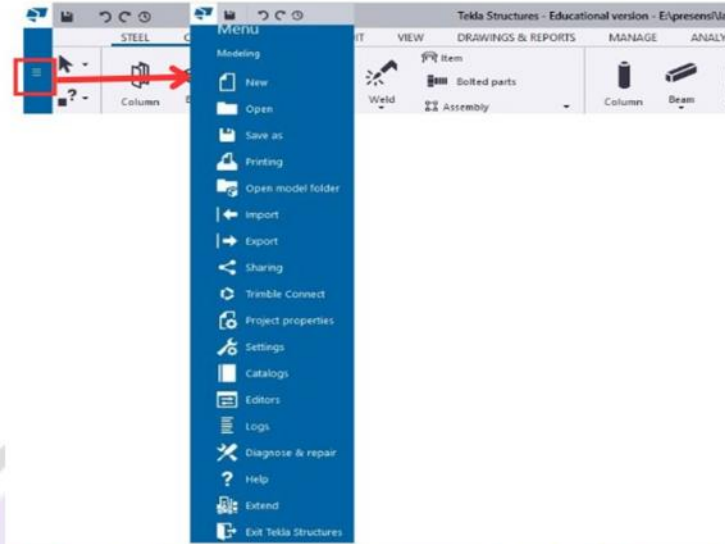
Menu ini merupakan pilihan untuk memulai menggambar baik gambar yang sudah ada (Recent), semua gambar (all Models), dan memulai operasi baru (new)



Gambar 2. 3 Pembukaan Tekla Structures  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025)

### 3. Menu pada Tekla structure

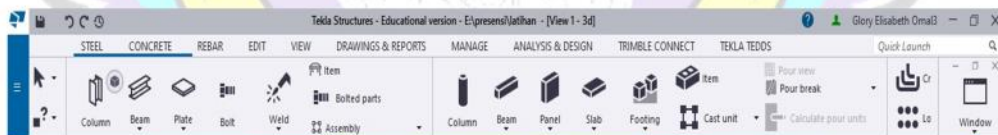
Klik garis 3 di sebelah kiri layar untuk menampilkan menu seperti pada gambar 2.8, pada kotak menu mempunyai fungsinya masing-masing. Dan hanya digunakan sesuai kebutuhan para pengguna.



Gambar 2. 4 Menu Pada *Tekla Structures*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025)

#### 4. Toolbar Stell pada Tekla Structures

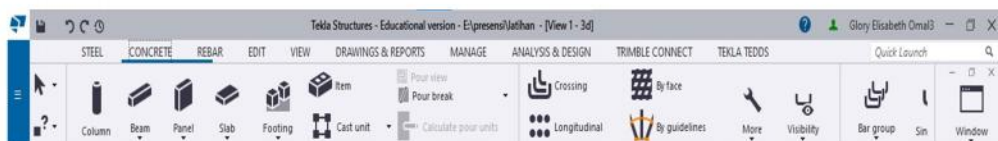
Dalam gambar 2.5 yang merupakan Toolbar Sell yang berfungsi untuk menentukan material yang digunakan dalam pemodelan, Toolbar Stell ini memberikan material baja dalam objek gambar.



Gambar 2. 5 Toolbar Stell Pada *Tekla Structures*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025)

#### 5. Toolbar Concrete pada Tekla Structures

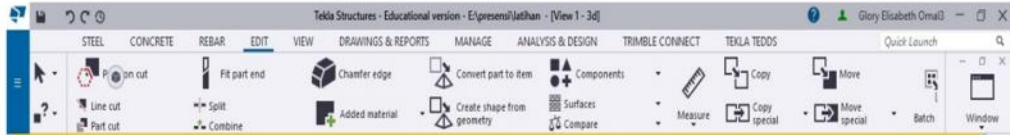
Sama seperti Tollbar Stell, Toolbar Concrete berfungsi memberi material beton pada objek gambar. Mulai dari bentuk kolom hingga penulangan pada beton



Gambar 2. 6 Toolbar Concrete Pada *Tekla Structures*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025)

## 6. Toolbar Edit Pada Tekla Structures

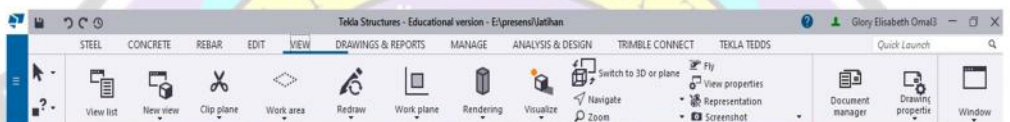
Pada toolbar Edit memiliki fungsi untuk mengedit gambar seperti mengukur objek, memotong objek, hingga mengcopy dan memindahkan objek.



Gambar 2. 7 Toolbar Edit *Tekla Structures*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025)

## 7. Toolbar View Tekla Structure

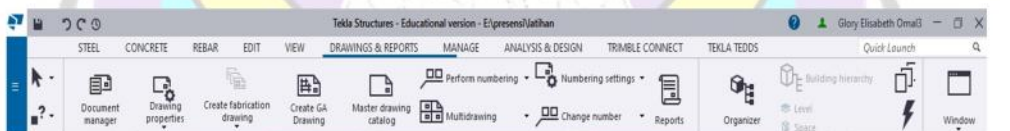
Toolbar View dapat memberikan pada gambar 2D hingga 3D, menampilkan jendela objek 2D dan 3D secara bersamaan, membuat area gambar, dll.



Gambar 2. 8 Toolbar View *Tekla Structures*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025)

## 8. Toolbar Drawing and Report Tekla Structures

Pada toolbar drawing and report ini memiliki fungsi untuk membuat laporan pada gambar.



Gambar 2. 9 Toolbar Drawing and Report *Tekla Structures*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025)

## 9. Toolbar Manage Tekla Structures

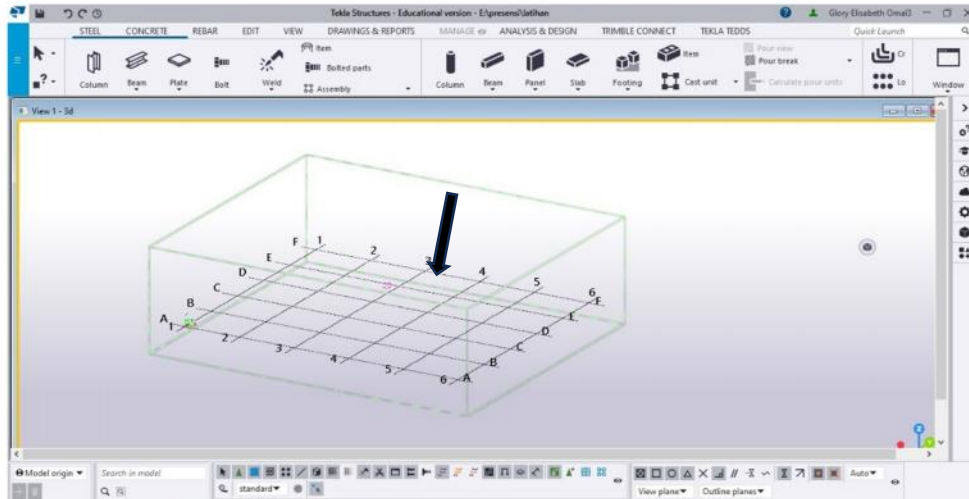
Pada Toolbar Manage ini memiliki fungsi untuk membuat jadwal pada sebuah proyek dan menyusun jadwal sesuai urutan-urutan yang sesuai. Dalam BIM merupakan 4D.



Gambar 2. 10 Toolbar Manage *Tekla Structures*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025)

## 10. Grid Tekla Structures

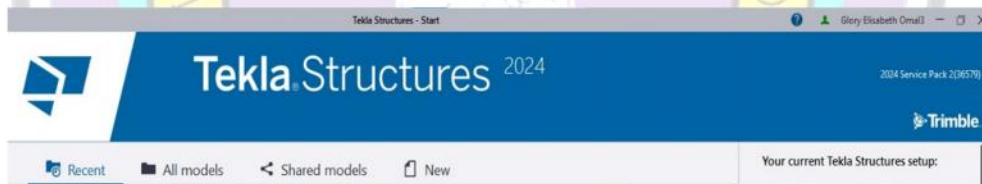
Grid, memiliki fungsi yaitu untuk memudahkan dalam pemodelan 3D dari as ke as. Sehingga gambar yang diinginkan dapat sesuai ukuran. Grid gambar bisa diatur sesuai kebutuhan dalam pemodelan.



Gambar 2. 11 Grid Pada *Tekla Structures*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025)

## 2.5 Pemodelan Menggunakan Tekla Structures

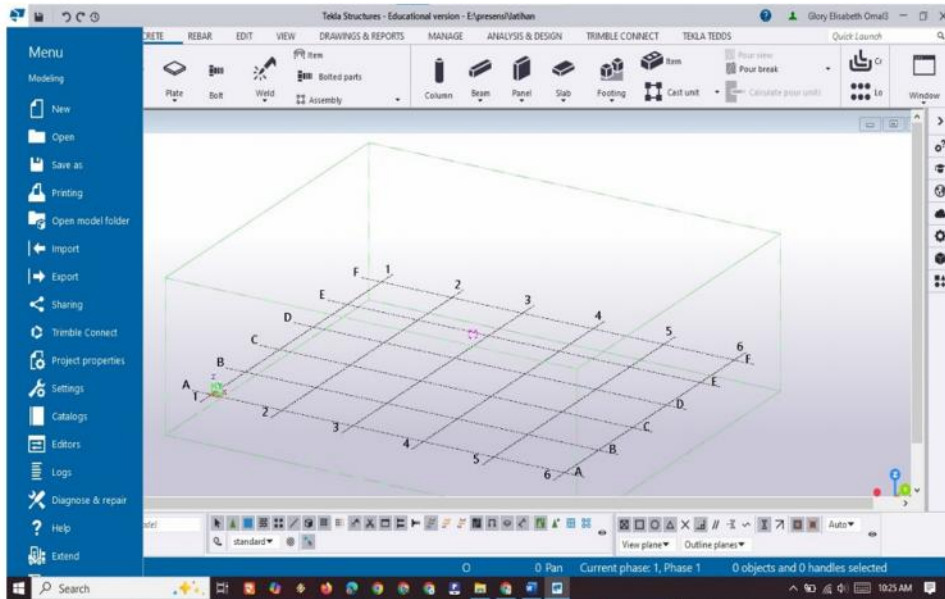
### 1. Menu awal



Gambar 2. 12 Menu Awal *Tekla Structures*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025)

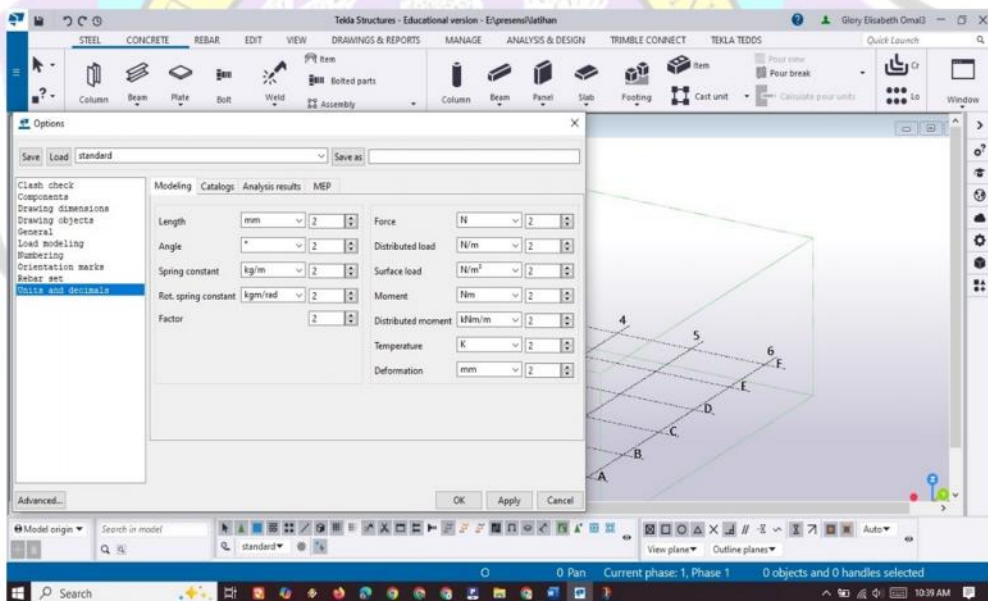
Pilih menu New pada jendela awal untuk memulai gambar baru.

2. Berikutnya mengatur satuan pada gambar pada menu setting sesuai keinginan.



Gambar 2. 13 Menu Setting *Tekla Structures*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025)

Setelah itu klik *options* pada menu *Settings*

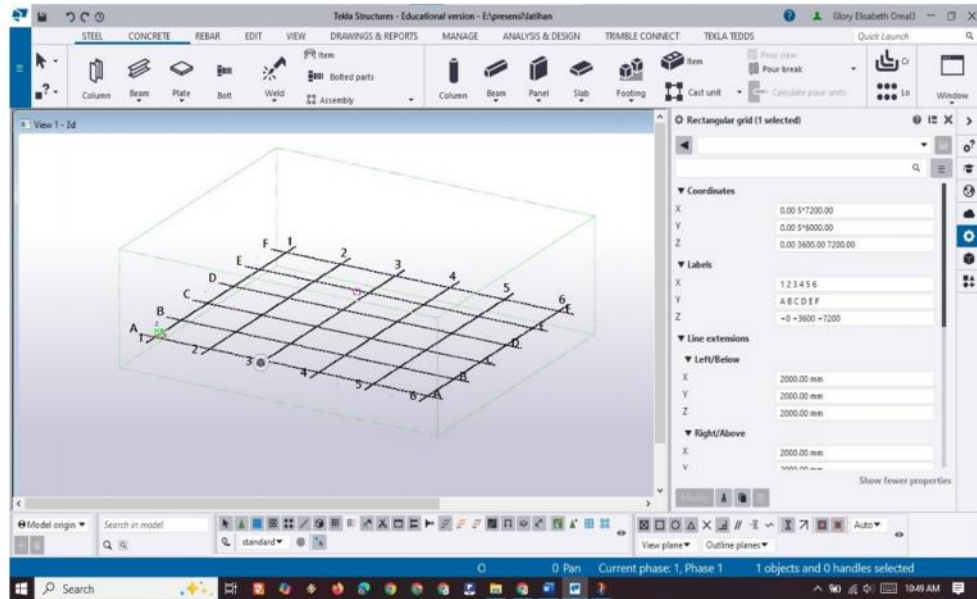


Gambar 2. 14 Options  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025)

Kemudian muncul perintah seperti pada gambar 2.14, 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

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



Gambar 2. 15 Mengatur Grid  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025)

Pada kolom sebelah kanan seperti yang ditandai dalam gambar 2.15 digunakan untuk mengatur ukuran Grid, panjang, lebar, tinggi, dan label. Dalam pemodelan kita perlu menentukan terlebih dahulu material yang akan digunakan. Dalam penulisan kali ini, menggunakan material beton.

## 2.6 Time Schedule/Penjadwalan Proyek

Time schedule adalah rencana penentuan jangka waktu masing-masing pekerjaan proyek yang disusun sehingga membentuk ketetapan waktu untuk menyelesaikan sebuah proyek (Mindra Putra & Hayadi Umar, 2021). Time Schedule ini menerangkan kapan waktu dimulai pekerjaan, lama waktu pekerjaan atau durasi dan waktu selesai pekerjaan yang meliputi pekerjaan pembuatan rumah, gedung, kantor, jalan raya, jembatan, dan semua konstruksi bangunan sipil lainnya.

### 1. Tujuan Time Schedule

Tujuan dari pembuatan Time Schedule adalah sebagai berikut:

- Menentukan urutan pekerjaan, agar sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan yang ada, sehingga pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar, dan di capai efisiensi sumber daya dengan mutu pekerjaan yang memenuhi persyaratan teknis

- Mendeteksi terjadinya keterlambatan pelaksanaan pekerjaan, bila terjadi keterlambatan dapat dicegah sedini mungkin atau diambil kebijakan lain, sehingga tidak terlalu mengganggu kelancaran pekerjaan lain.
- Memperkirakan jumlah sumber daya (material, manusia, peralatan, dan lain- lain), yang harus disediakan pada waktu tertentu.
- Pedoman bagi Kontraktor dan Konsultan Pengawas untuk mengatur kecepatan pelaksanaan proyek.
- Referensi bagi pemilik, Konsultan Pengawas dan Kontraktor untuk mengontrol kemajuan pekerjaan proyek.
- Pedoman bagi Konsultan Pengawas dan Kontraktor untuk mengevaluasi pekerjaan yang telah diselesaikan.

## 2. Pembuatan Time Schedule

Menyusun Time Schedule atau Jadwal pelaksanaan proyek yang baik membutuhkan beberapa cara antara lain:

- Gambar kerja proyek
- Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP)
- Bill of Quantity (BOQ)
- Data Lokasi proyek
- Data sumber daya meliputi material, peralatan, sub kontraktor yang tersedia disekitar Lokasi pekerjaan proyek berlangsung
- Data sumber daya material, peralatan, sub kontraktor yang harus

### 2.7 Volume pekerjaan

Volume pekerjaan adalah besaran satuan volume pekerjaan sesuai dengan masing-masing item pekerjaan. Tujuan dari perhitungan volume ini untuk mengetahui volume dari item pekerjaan agar dapat menganalisis harga satuan yang di butuhkan dilapangan.

Menghitung volume pekerjaan harus mempunyai kemampuan menggambar teknik, sehingga dapat menjabarkan gambar bestek kedalam satu satuan volume (per m<sup>2</sup> atau per m<sup>3</sup>). Hasil harga satuan setelah dikalikan dengan besarnya volume pekerjaan sesuai dengan analisa biaya satuan barang dan upah, kemudian dilakukan rekapitulasi sebagai Rencana Anggaran Biaya (RAB).

## 2.8 Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)

Tabel 2. 1 Analisa Beton

A.4.1.1.9 Membuat 1 m <sup>3</sup> beton mutu f <sub>c</sub> = 24,0 Mpa						
No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	1.650	Rp 139,481.00	Rp 230,143.65
	Tukang batu	L.02	OH	0.275	Rp 164,937.00	Rp 45,357.68
	Kepala Tukang	L.03	OH	0.028	Rp 179,920.00	Rp 5,037.76
	Mandor	L.04	OH	0.083	Rp 190,320.00	Rp 15,796.56
						<b>JUMLAH TENAGA KERJA</b>
						<b>Rp 296,335.65</b>
B	BAHAN					
	Semen Portland		kg	406.000	Rp 1,508.00	Rp 612,248.00
	Pasir beton		kg	684	Rp 219.00	Rp 149,796.00
	Kerikil (Maks 30 mm)		kg	1026	Rp 232.00	Rp 238,032.00
	Air		Liter	215	Rp 14.00	Rp 3,010.00
						<b>JUMLAH HARGA BAHAN</b>
						<b>Rp 1,003,086.00</b>
C	PERALATAN					
						<b>JUMLAH HARGA ALAT</b>
						<b>Rp -</b>
D	Jumlah (A+B+C)					<b>Rp 1,299,421.65</b>
E	Overhead & Profit 15%			15% x D (maksimum)		<b>Rp 194,913.25</b>
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					<b>Rp 1,494,334.89</b>

Tabel 2. 2 Analisa Pemesian Polos

A.4.1.1.17 Pemesian 10 kg dengan besi polos atau ulir						
No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0.070	Rp 139,481.00	Rp 9,763.67
	Tukang batu	L.02	OH	0.070	Rp 164,937.00	Rp 11,545.59
	Kepala Tukang	L.03	OH	0.007	Rp 179,920.00	Rp 1,259.44
	Mandor	L.04	OH	0.004	Rp 190,320.00	Rp 761.28
						<b>JUMLAH TENAGA KERJA</b>
						<b>Rp 23,329.98</b>
B	BAHAN					
	Besi beton (polos/ulir)		kg	10.500	Rp 13,684.00	Rp 143,682.00
	Kawat beton		kg	0.150	Rp 20,339.00	Rp 3,050.85
						<b>JUMLAH HARGA BAHAN</b>
						<b>Rp 146,732.85</b>
C	PERALATAN					
						<b>JUMLAH HARGA ALAT</b>
						<b>Rp -</b>
D	Jumlah (A+B+C)					<b>Rp 170,062.83</b>
E	Overhead & Profit 15%			15% x D (maksimum)		<b>Rp 25,509.42</b>
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					<b>Rp 195,572.25</b>

Tabel 2. 3 Analisa Bekisting

**A.4.1.1.20 Pemasangan 1 m<sup>3</sup> bekisting untuk pondasi**

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0.520	Rp 139,481.00	Rp 72,530.12
	Tukang batu	L.02	OH	0.260	Rp 164,937.00	Rp 42,883.62
	Kepala Tukang	L.03	OH	0.026	Rp 179,920.00	Rp 4,677.92
	Mandor	L.04	OH	0.026	Rp 190,320.00	Rp 4,948.32
					<b>JUMLAH TENAGA KERJA</b>	<b>Rp 125,039.98</b>
B	BAHAN					
	Kayu kelas III		m <sup>3</sup>	0.040	Rp 3,364,853.00	Rp 134,594.12
	Paku 5-10 cm		kg	0.300	Rp 22,880.00	Rp 6,864.00
	Minyak bekisting		Liter	0.100	Rp 4,576.00	Rp 457.60
					<b>JUMLAH HARGA BAHAN</b>	<b>Rp 141,915.72</b>
C	PERALATAN					
					<b>JUMLAH HARGA ALAT</b>	<b>Rp -</b>
D	Jumlah (A+B+C)					<b>Rp 266,955.70</b>
E	Overhead & Profit 15%			15% x D (maksimum)		<b>Rp 40,043.36</b>
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					<b>Rp 306,999.06</b>

**A.4.1.1.21 Pemasangan 1 m<sup>3</sup> bekisting untuk sloof**

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0.520	Rp 139,481.00	Rp 72,530.12
	Tukang batu	L.02	OH	0.260	Rp 164,937.00	Rp 42,883.62
	Kepala Tukang	L.03	OH	0.026	Rp 179,920.00	Rp 4,677.92
	Mandor	L.04	OH	0.026	Rp 190,320.00	Rp 4,948.32
					<b>JUMLAH TENAGA KERJA</b>	<b>Rp 125,039.98</b>
B	BAHAN					
	Kayu kelas III		m <sup>3</sup>	0.045	Rp 3,364,853.00	Rp 151,418.39
	Paku 5cm-10 cm		kg	0.300	Rp 22,880.00	Rp 6,864.00
	Minyak bekisting		Liter	0.100	Rp 4,576.00	Rp 457.60
					<b>JUMLAH HARGA BAHAN</b>	<b>Rp 158,739.99</b>
C	PERALATAN					
					<b>JUMLAH HARGA ALAT</b>	<b>Rp -</b>
D	Jumlah (A+B+C)					<b>Rp 283,779.97</b>
E	Overhead & Profit 15%			15% x D (maksimum)		<b>Rp 42,566.99</b>
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					<b>Rp 326,346.96</b>

**A.4.1.1.22 Pemasangan 1 m<sup>3</sup> bekisting untuk kolom**

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0.660	Rp 139,481.00	Rp 92,057.46
	Tukang batu	L.02	OH	0.330	Rp 164,937.00	Rp 54,429.21
	Kepala Tukang	L.03	OH	0.033	Rp 179,920.00	Rp 5,937.36
	Mandor	L.04	OH	0.033	Rp 190,320.00	Rp 6,280.56
					<b>JUMLAH TENAGA KERJA</b>	<b>Rp 158,704.59</b>
B	BAHAN					
	Kayu kelas III		m <sup>3</sup>	0.040	Rp 3,364,853.00	Rp 134,594.12
	Paku 5cm-12 cm		kg	0.400	Rp 22,880.00	Rp 9,152.00
	Minyak bekisting		Liter	0.200	Rp 4,576.00	Rp 915.20
	Balok kayu kelas II		m <sup>3</sup>	0.015	Rp 15,268,804.00	Rp 229,032.06
	Plywood tebal 9 mm		Lbr	0.350	Rp 122,156.00	Rp 42,754.60
	Dolken kayu $\phi$ 8-10 cm-panjang 4 m		Batang	2.000	Rp 46,068.00	Rp 92,136.00
					<b>JUMLAH HARGA BAHAN</b>	<b>Rp 508,583.98</b>
C	PERALATAN					
					<b>JUMLAH HARGA ALAT</b>	<b>Rp -</b>
D	Jumlah (A+B+C)					<b>Rp 667,288.57</b>
E	Overhead & Profit 15%			15% x D (maksimum)		<b>Rp 100,093.29</b>
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					<b>Rp 767,381.86</b>

**A.4.1.1.23 (K3) Pemasangan 1 m<sup>2</sup> bekisting untuk balok**

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0.660	Rp 139,481.00	Rp 92,057.46
	Tukang batu	L.02	OH	0.330	Rp 164,937.00	Rp 54,429.21
	Kepala Tukang	L.03	OH	0.033	Rp 179,920.00	Rp 5,937.36
	Mandor	L.04	OH	0.033	Rp 190,320.00	Rp 6,280.56
					<b>JUMLAH TENAGA KERJA</b>	<b>Rp 158,704.59</b>
B	BAHAN					
	Kayu kelas III		m <sup>3</sup>	0.040	Rp 3,364,853.00	Rp 134,594.12
	Paku 5cm-12 cm		kg	0.400	Rp 22,880.00	Rp 9,152.00
	Minyak bekisting		Liter	0.200	Rp 4,576.00	Rp 915.20
	Balok kayu kelas II		m <sup>3</sup>	0.018	Rp 15,268,804.00	Rp 274,838.47
	Plywood tebal 9 mm		Lbr	0.350	Rp 122,156.00	Rp 42,754.60
	Dolken kayu $\phi$ 8-10 cm-panjang 4 m		Batang	2.000	Rp 46,068.00	Rp 92,136.00
					<b>JUMLAH HARGA BAHAN</b>	<b>Rp 554,390.39</b>
C	PERALATAN					
					<b>JUMLAH HARGA ALAT</b>	<b>Rp -</b>
D	Jumlah (A+B+C)					<b>Rp 713,094.98</b>
E	Overhead & Profit 15%			15% x D (maksimum)		<b>Rp 106,964.25</b>
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					<b>Rp 820,059.23</b>

**A.4.1.1.24 (K3) Pemasangan 1 m<sup>2</sup> bekisting untuk lantai**

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0.660	Rp 139,481.00	Rp 92,057.46
	Tukang batu	L.02	OH	0.330	Rp 164,937.00	Rp 54,429.21
	Kepala Tukang	L.03	OH	0.033	Rp 179,920.00	Rp 5,937.36
	Mandor	L.04	OH	0.033	Rp 190,320.00	Rp 6,280.56
					<b>JUMLAH TENAGA KERJA</b>	<b>Rp 158,704.59</b>
B	BAHAN					
	Kayu kelas III		m <sup>3</sup>	0.040	Rp 3,364,853.00	Rp 134,594.12
	Paku 5cm-12 cm		kg	0.400	Rp 22,880.00	Rp 9,152.00
	Minyak bekisting		Liter	0.200	Rp 4,576.00	Rp 915.20
	Balok kayu kelas II		m <sup>3</sup>	0.015	Rp 15,268,804.00	Rp 229,032.06
	Plywood tebal 9 mm		Lbr	0.350	Rp 122,156.00	Rp 42,754.60
	Dolken kayu galam (8-10) cm panjang 4 m		Batang	6.000	Rp 101,899.00	Rp 611,394.00
					<b>JUMLAH HARGA BAHAN</b>	<b>Rp 1,027,841.98</b>
C	PERALATAN					
					<b>JUMLAH HARGA ALAT</b>	<b>Rp -</b>
D	Jumlah (A+B+C)					<b>Rp 1,186,546.57</b>
E	Overhead & Profit 15%			15% x D (maksimum)		<b>Rp 177,981.99</b>
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					<b>Rp 1,364,528.56</b>

**A.4.1.1.25 (K3) Pemasangan 1 m<sup>2</sup> bekisting untuk dinding**

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0.660	Rp 139,481.00	Rp 92,057.46
	Tukang batu	L.02	OH	0.330	Rp 164,937.00	Rp 54,429.21
	Kepala Tukang	L.03	OH	0.033	Rp 179,920.00	Rp 5,937.36
	Mandor	L.04	OH	0.033	Rp 190,320.00	Rp 6,280.56
					<b>JUMLAH TENAGA KERJA</b>	<b>Rp 158,704.59</b>
B	BAHAN					
	Kayu kelas III		m <sup>3</sup>	0.030	Rp 3,364,853.00	Rp 100,945.59
	Paku 5cm-12 cm		kg	0.400	Rp 22,880.00	Rp 9,152.00
	Minyak bekisting		Liter	0.200	Rp 4,576.00	Rp 915.20
	Balok kayu kelas II		m <sup>3</sup>	0.020	Rp 15,268,804.00	Rp 305,376.08
	Plywood tebal 9 mm		Lbr	0.350	Rp 122,156.00	Rp 42,754.60
	Dolken kayu $\phi$ 8-10 cm-panjang 4 m		Batang	3.000	Rp 46,068.00	Rp 138,204.00
	Penjaga jarak bekisting/spacer		Buah	4.000	Rp 1,795.00	Rp 7,180.00
					<b>JUMLAH HARGA BAHAN</b>	<b>Rp 604,527.47</b>
C	PERALATAN					
					<b>JUMLAH HARGA ALAT</b>	<b>Rp -</b>
D	Jumlah (A+B+C)					<b>Rp 763,232.06</b>
E	Overhead & Profit 15%			15% x D (maksimum)		<b>Rp 114,484.81</b>
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					<b>Rp 877,716.87</b>

**A.4.1.1.26 (K3) Pemasangan 1 m<sup>2</sup> bekisting untuk tangga**

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L.01	OH	0.660	Rp 139,481.00	Rp 92,057.46
	Tukang batu	L.02	OH	0.330	Rp 164,937.00	Rp 54,429.21
	Kepala Tukang	L.03	OH	0.033	Rp 179,920.00	Rp 5,937.36
	Mandor	L.04	OH	0.033	Rp 190,320.00	Rp 6,280.56
					<b>JUMLAH TENAGA KERJA</b>	<b>Rp 158,704.59</b>
B	BAHAN					
	Kayu kelas III		m <sup>3</sup>	0.030	Rp 3,364,853.00	Rp 100,945.59
	Paku 5cm-12 cm		kg	0.400	Rp 22,880.00	Rp 9,152.00
	Minyak bekisting		Liter	0.150	Rp 4,576.00	Rp 686.40
	Balok kayu kelas II		m <sup>3</sup>	0.015	Rp 15,268,804.00	Rp 229,032.06
	Plywood tebal 9 mm		Lbr	0.350	Rp 122,156.00	Rp 42,754.60
	Dolken kayu $\phi$ 8-10 cm-panjang 4 m		Batang	2.000	Rp 46,068.00	Rp 92,136.00
					<b>JUMLAH HARGA BAHAN</b>	<b>Rp 474,706.65</b>
C	PERALATAN					
					<b>JUMLAH HARGA ALAT</b>	<b>Rp -</b>
D	Jumlah (A+B+C)					<b>Rp 633,411.24</b>
E	Overhead & Profit 15%			15% x D (maksimum)		<b>Rp 95,011.69</b>
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					<b>Rp 728,422.93</b>

## 2.9 Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK)

Harga satuan pokok kegiatan adalah harga dari setiap pekerjaan yang terdiri dari beberapa komponen dengan nilai koefisien berdasarkan perhitungan Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan penentuan besaran nilai koefisien disesuaikan dengan metode pelaksanaan.

## 2.10 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek. Rencana anggaran didapat dengan Volume Total Setiap Jenis Pekerjaan x Analisa Harga Satuan.

Berikut cara membuat Rencana Anggaran Biaya (RAB) yaitu :

1. Tetapkan tujuan dan waktu penggunaan anggaran
2. Membuat estimasi kebutuhan
3. Analisis kebutuhan sumber daya
4. Riset harga
5. Rekapitulasi dan evaluasi

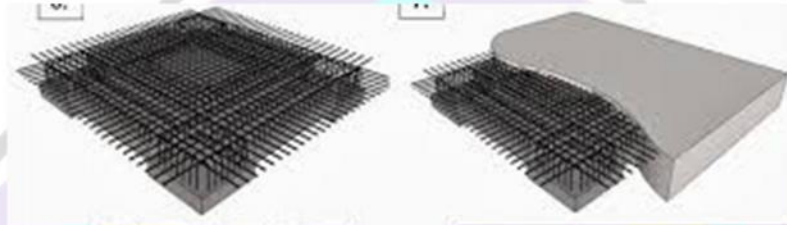
## 2.11 Perencanaan Struktur Atas

Struktur atas adalah bagian struktur di atas tanah yang berfungsi sebagai penopang struktur dengan bentuk memanjang ke atas seperti rangka, kuda-kuda, dan balok.

Berikut beberapa komponen dari struktur atas:

### 2.11.1 Pelat

Pelat adalah komponen struktur yang merupakan sebuah bidang datar yang lebar dengan permukaan atas dan bawahnya sejajar.



Gambar 2. 16 Pelat

Pelat beton bertulang dalam suatu struktur dipakai pada lantai, pada pelat ruang ditumpu balok pada keempat sisinya terbagi dua berdasarkan geometrinya, yaitu :

#### 1. Pelat Satu Arah (One Way Slab)

Pelat satu arah yaitu suatu pelat yang memiliki Panjang lebih besar atau lebih lebar yang bertumpu menerus melalui balok-balok. Maka hampir semua beban lantai dipikul oleh balok-balok yang sejajar.

Suatu pelat dikatakan pelat satu arah apabila  $l_y/l_x \geq 2$ , dimana  $l_y$  dan  $l_x$  adalah Panjang dari sisi-sisinya. Dalam perencanaan struktur pelat satu arah, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

##### a. Penentuan tebal pelat

Penentuan tebal pelat trelentur satu arah tergantung beban atau momen lentur yang bekerja, defleksi yang terjadi dan kebutuhan kuat geser yang dituntut. Menurut SNI-2847- 2019, tebal minimum yang ditentukan dalam tabel berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang

mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar, kecuali bila perhitungan lendutan menunjukkan bahwa ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan.

Tabel 2. 4 Rumus Ketebalan Minimum Pelat Satu Arah

Kondisi tumpuan	$h^{(1)}$ Minimum
Tumpuan sederhana	$l/20$
Satu ujung menerus	$l/24$
Kedua ujung menerus	$l/28$
Kantilever	$l/10$

Sumber SNI 2847-2019

- b. Menghitung beban mati pelat termasuk beban berat sendiri pelat dan beban hidup dengan cara metode beban terfaktor.
- c. Menghitung momen rencana ( $M_u$ ) baik pelat dengan cara tabel atau Analisa.

Sebagai alternatif, metode pendekatan berikut ini dapat digunakan untuk menentukan momen lentur dan gaya geser dalam perencanaan balok menerus dan pelat satu arah, yaitu pelat beton bertulangan di mana tulangnya hanya direncanakan untuk memikul gaya-gaya dalam satu arah, selama :

- Jumlah minimum bentang yang ada haruslah minimum dua
  - Memiliki panjang bentang yang tidak terlalu berbeda, dengan rasio panjang bentang terbesar terhadap panjang terpendek dari dua bentang yang bersebelahan tidak lebih dari 1,2.
  - Beban yang bekerja merupakan beban terbagi rata,
  - Beban hidup per satuan panjang tidak melebihi tiga kali beban mati per satuan panjang, dan
  - Komponen struktur adalah prismatis.
- d. Analisa pendekatan momen berdasarkan SNI-2847-2019 :

Tabel 2. 5 Momen Pendekatan untuk Analisis Balok Menerus dan Pelat Satu Arah

Momen	Lokasi	Kondisi	$M_u$
Positif	Bentang ujung	Ujung tak menerus dan monolit dengan perletakan	$w_u l_n^2 / 14$
		Ujung tak menerus dan tidak terkekang	$w_u l_n^2 / 11$
	Bentang tengah	Semua	$w_u l_n^2 / 16$
Negatif <sup>1)</sup>	Muka interior dari pendukung eksterior	Balok menyatu secara monolit dengan balok spandrel pendukung	$w_u l_n^2 / 24$
		Balok monolit dengan kolom pendukung	$w_u l_n^2 / 16$
	Muka eksterior dari pendukung interior pertama	Dua bentang	$w_u l_n^2 / 9$
		Lebih dari dua bentang	$w_u l_n^2 / 10$
	Muka dari pendukung lainnya	Semua	$w_u l_n^2 / 11$
	Muka semua pendukung memenuhi (a) atau (b)	(a) Pelat dengan bentang tidak lebih dari 3 m (b) Balok dengan rasio jumlah kekakuan kolom terhadap kekakuan balok melebihi 8 pada setiap ujung bentangnya	$w_u l_n^2 / 12$

Sumber SNI-2847-2019

e. Perkiraan tinggi efektif ( $d_{eff}$ )

Untuk beton bertulang tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut sesuai Tabel berikut :

Tabel 2. 6 Standar Selimut Beton

Paparan	Komponen struktur	Tulangan	Ketebalan Selimut, mm
Dicor dan secara permanen kontak dengan tanah	Semua	Semua	75
Terpapar cuaca atau kontak dengan tanah	Semua	Batang D19 hingga D57	50
		Batang D16, Kawat Ø13 atau D13 dan yang lebih kecil	40
Tidak terpapar cuaca atau kontak dengan tanah	Pelat, pelat berusuk dan dinding	Batang D43 dan D57	40
		Batang D36 dan yang lebih kecil	20
	Balok, kolom, pedestal dan batang tarik	Tulangan utama, sengkang, sengkang ikat, spiral dan sengkang pengekang	40

Sumber SNI-2847-2019

f. Menghitung  $K_{perlu}$

$$K = M_u / \phi \cdot b \cdot Deff^2 \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan (MPa)

Mu = Momen terfaktor pada penampang (KN/m)

b = lebar penampang (mm) diambil 1 m

deff = tinggi efektif pelat (mm)

$\phi$  = faktor kuat rencana (SNI 2019)

g. Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ )

Dari tabel Struktur Beton Bertulang , Istimawan Dipohusodo.

Dalam penggunaan  $\rho$  ada ketentuan yaitu  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ , dimana :

$$\rho_{\min} = 1,4 / F_y \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot (\square_1 \cdot 0,85 \cdot F'c / f_y) \cdot (600 / 600 + f_y) \dots\dots (2.3)$$

h. Hitung  $A_s$  yang diperlukan

$$A_s = \rho \times b \times d \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

$A_s$  = Luas tulangan (mm<sup>2</sup>)

$\rho$  = Rasio penulangan

$d$  = tinggi efektif pelat (mm)

$b$  = lebar penampang (mm) diambil 1 m

## 2. Pelat Dua Arah (Two way slab)

Pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh balok pada keempat sisinya dan beban-beban ditahan oleh pelat dalam arah yang tegak lurus terhadap balok-balok penunjang.

a. Penentuan tebal pelat

Tebal minimum pelat tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan tumpuannya, harus memenuhi ketentuan dari tabel berikut :

Tabel 2. 7 Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah

$f_y$ , MPa <sup>[2]</sup>	Tanpa drop panel <sup>[3]</sup>			Dengan drop panel <sup>[3]</sup>		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi <sup>[4]</sup>		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi <sup>[4]</sup>	
280	$l_d/33$	$l_d/36$	$l_d/36$	$l_d/36$	$l_d/40$	$l_d/40$
420	$l_d/30$	$l_d/33$	$l_d/33$	$l_d/33$	$l_d/36$	$l_d/36$
520	$l_d/28$	$l_d/31$	$l_d/31$	$l_d/31$	$l_d/34$	$l_d/34$

Sumber SNI-2847-2019

b. Pembebanan pelat

Menghitung beban yang bekerja pada pelat (beban mati dan beban hidup). Kemudian hasil perhitungan akibat beban mati dan beban

hidup dikali dengan faktor beban untuk mendapatkan nilai beban terfaktor.

c. Mencari momen

Mencari momen yang bekerja pada arah x dan y, dengan cara penyaluran “metode koefisien momen plat”.

Tabel 2. 8 Momen Pelat Dua Arah

Kondisi Pelat		Nilai Momen Pelat	Perbandingan Ly/Lx																		
			1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.8	
	$M_{lx} = -0.001 a_x l_x^2 x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	$M_{ly} = 0.001 a_y l_y^2 y$	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	112	112	128	
	$M_{lx} = 0.001 a_x l_x^2 x$	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	34	34	34	34	34	28
	$M_{ly} = -0.001 a_y l_y^2 y$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{lx} = -0.001 a_x l_x^2 x$	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	63	63	63	63	63	63	
	$M_{ly} = 0.001 a_y l_y^2 y$	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	62	63	63	63	63	63	63
	$M_{lx} = 0.001 a_x l_x^2 x$	36	37	35	35	35	37	36	36	35	35	34	34	34	34	34	34	34	34	34	35
	$M_{ly} = -0.001 a_y l_y^2 y$	36	37	35	35	35	37	36	36	35	35	34	34	34	34	34	34	34	34	34	35
	$M_{lx} = -0.001 a_x l_x^2 x$	45	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	92	92	94	
	$M_{ly} = 0.001 a_y l_y^2 y$	45	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	92	92	92	94
	$M_{lx} = 0.001 a_x l_x^2 x$	45	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47	47	47	47	47	49
	$M_{ly} = -0.001 a_y l_y^2 y$	45	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47	47	47	47	47	50
	$M_{lx} = -0.001 a_x l_x^2 x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	$M_{ly} = 0.001 a_y l_y^2 y$	22	25	24	21	18	15	12	10	9	8	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	$M_{lx} = 0.001 a_x l_x^2 x$	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
	$M_{ly} = -0.001 a_y l_y^2 y$	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
	$M_{lx} = -0.001 a_x l_x^2 x$	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	
	$M_{ly} = 0.001 a_y l_y^2 y$	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
	$M_{lx} = 0.001 a_x l_x^2 x$	22	20	18	17	16	14	13	12	11	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	13
	$M_{ly} = -0.001 a_y l_y^2 y$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{lx} = -0.001 a_x l_x^2 x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	$M_{ly} = 0.001 a_y l_y^2 y$	31	35	35	33	30	26	22	18	15	13	11	10	10	9	9	9	9	9	9	13
	$M_{lx} = 0.001 a_x l_x^2 x$	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	$M_{ly} = -0.001 a_y l_y^2 y$	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	$M_{lx} = -0.001 a_x l_x^2 x$	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	92	92	93	93	94	94	
	$M_{ly} = 0.001 a_y l_y^2 y$	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	92	92	93	93	94	94	94
	$M_{lx} = 0.001 a_x l_x^2 x$	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	15	15	15	12
	$M_{ly} = -0.001 a_y l_y^2 y$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{lx} = -0.001 a_x l_x^2 x$	35	46	53	59	63	66	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	90	91	94	
	$M_{ly} = 0.001 a_y l_y^2 y$	35	46	53	59	63	66	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	90	91	91	94
	$M_{lx} = 0.001 a_x l_x^2 x$	43	46	45	50	51	51	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	48	48	48	48
	$M_{ly} = -0.001 a_y l_y^2 y$	43	46	45	50	51	51	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	48	48	48	48
	$M_{lx} = -0.001 a_x l_x^2 x$	13	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	$M_{ly} = 0.001 a_y l_y^2 y$	13	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	$M_{lx} = 0.001 a_x l_x^2 x$	35	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	34	33	33	33	33	33	33	33
	$M_{ly} = -0.001 a_y l_y^2 y$	35	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	34	33	33	33	33	33	33	33

Catatan :  
 - Terletak bebas  
 - Momen atau terjepit elastik

Sumber PBI 71

Tabel momen pelat dua arah

Tabel 2. Momen Pelat Persegi akibat beban merata kondisi tumpuan bebas dan terjepit penuh

Momen Pelat persegi akibat beban merata (PBI'71)

Kondisi Pelat	Nilai Momen Pelat	Perbandingan $L_y/L_x$																			
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	
	$M_{lx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	113	114	115	
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28
	$M_{ly} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{lx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	21	25	28	31	34	36	37	38	40	40	41	41	41	41	42	42	42	42	42	42
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	21	21	20	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	$M_{ly} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
	$M_{lx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	65	77	85	92	98	103	107	111	113	116	118	119	120	121	122	122	122	123	123	
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	25	33	38	42	45	48	51	53	55	57	58	59	59	60	61	61	61	62	62	63
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	25	25	25	25	26	25	23	23	23	22	21	19	18	17	17	16	16	16	16	16
	$M_{ly} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	65	72	74	76	77	77	78	78	78	78	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
	$M_{lx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	22	28	34	42	49	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	105	107	108	109
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	32	35	37	39	40	41	41	41	41	40	39	38	37	36	35	35	35	35	35	35
	$M_{ly} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	70	79	87	94	100	105	109	112	115	117	119	120	121	122	123	123	123	123	123	123
	$M_{lx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	32	34	36	38	39	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	22	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9
	$M_{ly} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{lx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	31	35	43	53	60	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	110	112	113	114
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	37	39	41	41	42	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	33	33	33	33
	$M_{ly} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	84	92	99	104	109	112	115	117	119	121	122	122	123	123	123	124	124	124	124	125
	$M_{lx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	84	92	98	103	108	111	114	117	119	120	121	122	122	123	123	123	123	124	125	
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	37	41	45	48	51	53	55	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	31	30	28	27	25	24	23	21	20	19	18	17	17	16	16	15	15	15	15	15
	$M_{ly} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	80	85	89	92	94	96	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
	$M_{lx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	60	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	26	29	32	35	36	38	39	40	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	10
	$M_{ly} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	55	57	57	57	55	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57

Catatan:  
 = Tumpuan bebas  
 = Terjepit penuh

Sumber PBI 71

d. Mencari tebal efektif pelat

Untuk menentukan tinggi efektif pelat ditinjau dari dua arah yaitu :

Arah X  $dx = h - p - \frac{1}{2} \emptyset$  tulangan arah x..... (2.5)

Arah Y  $dy = h - p - \emptyset x - \frac{1}{2} \emptyset$  tulangan arah y..... (2.6)

Keterangan :

- h = Tebal pelat (mm)
- p = Tebal selimut beton (mm)
- $\emptyset$  = Diameter tulangan

e. Mencari nilai koefisien tahanan (k)

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \dots\dots\dots (2.7)$$

Faktor reduksi  $\phi = 0,80$

Keterangan

- k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)
- Mu = Momen terfaktor pada penampang (KN/m)
- b = lebar penampang (mm) diambil 1 m
- d = tinggi efektif pelat (mm)

f. Mencari rasio penulangan ( )

Rasio penulangan ini didapat berdasarkan koefisien tahanan (k) yang telah didapat sebelumnya. Dengan menggunakan tabel A-11 (Dipohusodo I, Struktur Beton Bertulang).

g. Mencari luas tulangan ( $A_s$ )

Sebelum menentukan luas tulangan terlebih dahulu meninjau nilai yang didapat :

- Jika  $\rho < \rho_{min}$ , maka menggunakan  $\rho_{min}$  maka  $A_s$  yang digunakan  $A_{smin}$

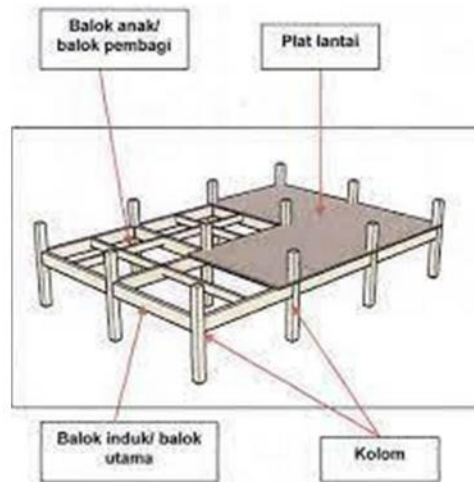
$$A_s = \rho \times b \times d \dots\dots\dots (2.8)$$

- Jika  $\rho > \rho_{maks}$ , maka pelat dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang.

### 2.11.2 Balok

Balok merupakan elemen struktur rangka yang berfungsi meneruskan beban-beban dari pelat lantai ke penyangga yang vertikal. Balok merupakan elemen structural yang di desain untuk menahan gaya-gaya yang bekerja secara transversal terhadap sumbunya sehingga mengakibatkan momen lentur dan gaya geser sepanjang bentangnya

Balok juga dikenal sebagai elemen lentur, karena elemen struktur ini yang dominan memikul gaya dalam berupa momen lentur dan geser.



Gambar 2. 17 Balok

a. Penentuan dimensi balok

Tinggi minum balok dalam SNI 2847 sebagai berikut :

Tabel 2. 9 Tinggi Minimum Balok

Kondisi perlekatan	Minimum $h^{[1]}$
Perlekatan sederhana	$l/16$
Menerus satu sisi	$l/18,5$
Menerus dua sisi	$l/21$
Kantilever	$l/8$

Sumber SNI 2847-2019

b. Perhitungan tinggi efektif balok



Gambar potongan balok

$d$  = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan Tarik (mm)

$d'$  = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan (mm)

$p$  = Tebal selimut beton (mm)

$\emptyset$  = Diameter tulangan

c. Hitung beban-beban yang bekerja

- Berat balok

- Berat dinding
  - Berat plesteran
- d. Gaya lintang desain balok maksimum
- e. Momen desain balok maksimum
- f. Dilakukan pemeriksaan apakah benar-benar perlu balok bertulangan rangkap. Dari tabel Apendiks A, terlampir (Dipohusodo I, Struktur Beton Bertulang) diperoleh nilai k maksimum untuk digunakan menghitung  $M_R$  balok bertulangan baja tarik saja.

$$M_R \text{ maksimum} = \phi \cdot b \cdot d^2 \cdot k \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan :

$M_R$  = momen rencana

$\phi$  = factor reduksi kekuatan (0.8)

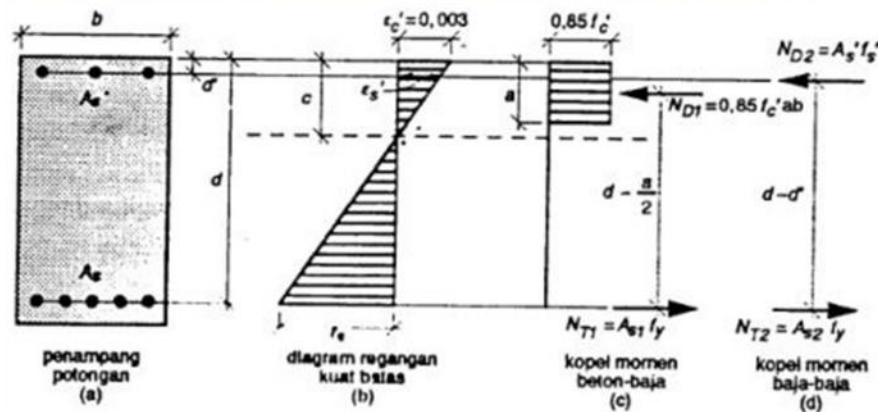
b = lebar balok (mm)

d = tinggi efektif balok (mm)

k = koefisien tahanan (MPa)

- Apabila  $M_R < M_u$ , rencanakan balok sebagai balok bertulangan
- Rangkap apabila  $M_R \geq M_u$  balok direncanakan sebagai balok bertulangan tarik saja.

Apabila harus direncanakan sebagai balok bertulangan rangkap :



Gambar 2. 18 Potongan Balok

(Sumber buku Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo)

g. Hitung  $\rho b = (\rho_1 \cdot 0,85 \cdot F'c / fy) \cdot (600 / 600 + fy)$

$$\rho_b = (\beta_1 \cdot 0,85 \cdot F'_c / f_y) \cdot (600 / 600 + f_y) \dots \dots \dots \quad (2.10)$$

Keterangan :

$\rho_b$  = rasio tulangan balance

$F'_c$  = mutu beton (Mpa)

$F_y$  = mutu baja (Mpa)

$\beta_1$  = koefisien whithey

- Untuk  $f'_c \leq 30 \text{ Mpa}$ ,  $\beta_1 = 0,85$
- Untuk  $30 < f'_c < 55 \text{ Mpa}$ ,  $\beta_1 = 0,85 - 0,008 (f'_c - 30)$
- Untuk  $f'_c > 55 \text{ Mpa}$ ,  $\beta_1 = 0,65$

h. Hitung  $\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot (\beta_1 \cdot 0,85 \cdot F'_c / f_y) \cdot (600 / 600 + f_y)$   
 $\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot (\beta_1 \cdot 0,85 \cdot F'_c / f_y) \cdot (600 / 600 + f_y) \dots \dots \dots \quad (2.11)$

i. Menghitung rasio penulangan pasangan kopel gaya beton tekan dan tulangan baja tarik,  $\rho = 90\% \cdot \rho_{maks} = 0,90 \cdot 0,75 \cdot \rho_b$ .

Nilai  $\rho$  tersebut digunakan untuk mencari k pada tabel Apendiks (Dipohusodo I, Struktur Beton Bertulang).

j. Menentukan kapasitas momen dari pasangan kopel gaya beton tekan dan tulangan baja tarik.

$$M_{R1} = \phi \cdot b \cdot d^2 \cdot k \dots \dots \dots \quad (2.12)$$

Menghitung tulangan baja tarik yang diperlukan untuk pasangan kopel gaya beton tekan dan tulangan baja tarik.

$$A_{s1 \text{ perlu}} = \rho \cdot b \cdot d \dots \dots \dots \quad (2.13)$$

k. Menghitung selisih momen, atau momen yang harus ditahan oleh pasangan gaya tulangan baja tekan dan tarik tambahan,  $M_{R2} = M_u - M_{R1}$ .

l. Dengan berdasarkan pada pasangan kopel gaya tulangan baja tekan dan tarik tambahan, hitung gaya tekan pada tulangan yang diperlukan.

m. Dengan  $N_{D2} = A_{s'} \cdot f_s'$

Hitung  $f_s'$  sedemikian sehingga  $A_s'$  dapat ditentukan. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan letak garis netral dari pasangan gaya beton tekan dan tulangan baja tarik kemudian memeriksa regangan  $\epsilon_s'$  pada tulangan tekan, sedemikian nilai regangan tulangan tarik,  $\epsilon_y = 0,0020$

$$a = A_{s1} \cdot f_y / 0,85 \cdot f'_c \cdot b \dots \dots \dots (2.14)$$

$$C = a / \beta_1 \dots \dots \dots (2.15)$$

$$\epsilon_s' = c-d'/c \dots \dots \dots (2.16)$$

Apabila  $\epsilon_s' < \epsilon_y$ , tulangan baja tekan telah meluluh pada momen ultimit dan  $f_s' = f_y$ , sedangkan apabila  $\epsilon_s' > \epsilon_y$ , hitunglah  $f_s' = \epsilon_s' \cdot E_s$  dimana  $E_s$  (modulus elastisitas baja = 200000 MPa) dan gunakan tegangan tersebut untuk langkah selanjutnya.

n. Karena  $N_D = A_s' \cdot f_s'$

$$A_p' = N_D^2 \dots \dots \dots (2.17)$$

o. Menghitung  $A_{s2}$  perlu

$$A_p^2 = F's \cdot A_s' / f_y \dots \dots \dots (2.18)$$

p. Menghitung jumlah luas tulangan baja Tarik total yang diperlukan

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} \dots \dots \dots (2.19)$$

q. Memilih batang tulangan baja tekan  $A_s'$

r. Memilih batang tulangan baja Tarik ( $A_s$ ). Periksa lebar balok dengan mengusahakan agar tulangan dapat dipasang dalam satu lapisan saja.

s. Cek terhadap  $\mu_u$  yang dapat dipikul tulangan rangkap dengan rumus

$$M_{Ur} \leq \phi M_n$$

$$M_n = (A_s' \cdot f_y - A_s') \cdot (d - a/2) + (A_s' \cdot f_s') \cdot (d - d') \dots \dots \dots (2.20)$$

t. Menghitung tulangan geser

Perencanaan penampang geser harus didasarkan pada :  $V_u = V_c + V_s$  Kuat geser yang disumbangkan beton sebesar (SNI 2847-2019).

$$V_c = \phi \cdot F^{0,5} / 6 \cdot b \cdot d \dots \dots \dots (2.21)$$

Jika  $V_u > V_c$ , maka diperlukan tulangan geser. (SNI 2847- 2019)

$$V_s = V_u - V_c \dots \dots \dots (2.22)$$

Checking penampang (SNI 2847-2019)  $V_s < V_{smax}$

$$V_m = \phi \cdot 2/3 \cdot F^{0,5} \cdot b \cdot d \dots \dots \dots (2.23)$$

Jika  $V_s < V_s \text{ max}$ , maka penampang aman. Didapatkan tulangan geser (ganda) untuk sengkang per meter sebesar (SNI 2847-2019) :

$$A_v = V_s \cdot s / f_y \cdot d \cdot \phi \dots \dots \dots (2.24)$$

$$A_{v_m} = 1/3 \cdot (b \cdot s / f_y) \dots \dots \dots (2.25)$$

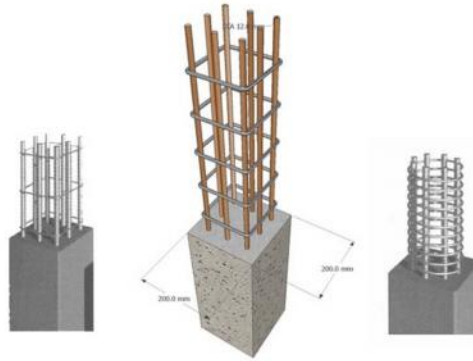
Jika  $A_v > A_{v \text{ min}}$ , maka dipakai tulangan geser sebesar  $A_v$ .

Keterangan :

- $V_c$  = kuat geser nominal disumbangkan beton
- $V_u$  = kuat geser terfaktor penampang
- $V_n$  = kuat geser nominal
- $V_s$  = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser
- $A_v$  = luas tulangan geser pada daerah sejarak  $s$
- $d$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik
- $f_y$  = mutu baja
- $b_w$  = lebar balok
- $s$  = jarak tulangan sengkang

### 2.11.3 Kolom

Kolom merupakan komponen struktur yang tugas utamanya adalah menyangga beban aksial tekan vertikal. Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. 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 roboh.



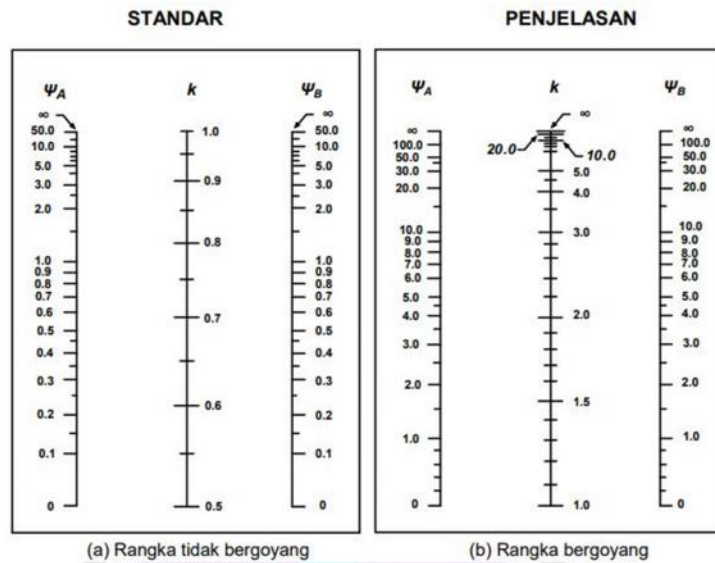
Gambar 2. 19 Kolom

Adapun urutan-urutan dalam menganalisis kolom :

- a. Tulangan untuk kolom dibuat penulangan simetris

Berdasarkan kombinasi  $P_u$  dan  $M_u$ . Untuk satu batang kolom dan dua kombinasi pembebanan yaitu pada ujung atas dan ujung bawah pada setiap freebody, masing-masing dihitung tulangannya dan diambil yang terbesar.

- b. Beban desain kolom maksimum
- c. Momen desain kolom maksimum untuk ujung atas dan ujung bawah
- d. Nilai kontribusi tetap deformasi
- e. Modulus elastisitas  $E_c = 4700 \sqrt{f'_c}$   
Dimana :  $f'_c$  = kuat tekan beton
- f. Nilai kekakuan kolom dan balok, SNI 2847-2019 :
  - Menghitung kekakuan kolom (EI kolom)
  - Menghitung kekakuan balok (EI balok)
- g. Menentukan drajat kebebasan kolom, SNI 2847-2019



Gambar 2. 20 Faktor Panjang Efektif  
Sumber SNI 2847-2019

h. Nili eksentrisitas ( $e$ ) =  $M_u / P_u$

Dimana :

$M_u$  = momen terfaktor penampang

$M_u$  = beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan

i. Angka kelangsingan kolom , SNI 2847-2019

j. Desain penulangan

Hitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 2% luas kolom

$$\rho = \frac{A_s'}{bd} \quad \rho' = \frac{A_s}{bd} \quad (2.26)$$

$$A_s = A_s' \quad (2.27)$$

k. Tentukan tulangan yang dipakai

$$P = \rho' = \frac{A_{s\text{pakai}}}{b \cdot d} \quad (2.28)$$

l. Periksa  $P_u$  terhadap beban seimbang  $P_{nb}$

$$P_{nb} = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot ab \quad (2.29)$$

$$ab = \beta_1 \cdot C_b = \beta_1 \cdot 600 / (600 + f_y) \cdot d \quad (2.30)$$

m. Menghitung tulangan geser

Berdasarkan SNI 2847 : 2019 Gaya geser desain,  $V_e$  harus ditentukan dari kuat momen maksimum  $M_{pr}$  dari setiap ujung komponen struktur yang bertemu di hubungan balok-kolom.

Menurut SNI 2847:2019 tentang perencanaan penampang geser harus memenuhi :

$$V_n \geq V_u$$

Dimana :

$V_u$  = gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

$V_n$  = adalah kekuatan geser nominal yang dihitung dengan :

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana :

$V_c$  = kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton .

$V_s$  = adalah kekuatan geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser.

## 2.12 Stuktur Bawah

Struktur bawah adalah seluruh bagian struktur gedung atau bangunan yang berada dibawah permukaan tanah yang berfungsi untuk menahan beban dari struktur atas dan memindahkannya kedalam tanah keras. Struktur bawah meliputi pondai, dudukan beton (*pile cap*) dan sloof

Struktur bawah bangunan atau yang biasa kita kenal pondasi, merupakan bagian terpenting dalam perencanaan awal suatu bangunan, dalam pelaksanaannya selain harus memenuhi kriteria dalam segi kekuatan, pondasi juga harus efisien dalam pengerjaannya dan ekonomis.

Kesalahan dalam perhitungan struktur bawah akan menyebabkan bangunan yang kokoh pada struktur atas menjadi runtuh dan berakibat fatal bagi penghuninya. Oleh karena itu, perencanaan struktur bawah untuk suatu bangunan harus direncanakan dengan teliti, baik, dan benar.

### 2.12.1 Pondasi

Pondasi merupakan suatu struktur bangunan yang terletak dibagian paling bawah (Sub Struktur) yang berfungsi meneruskan beban bangunan dari struktur yang paling atas (UpperStructure) ke bagian paling bawah sampai pada kedalaman tanah yang paling keras. Untuk tujuan itu pondasi bangunan harus diperhitungkan dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban-beban berguna dan gaya-gaya luar, seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain.

Pemilihan tipe, dimensi, serta komponen pondasi yang digunakan haruslah tepat, agar kualitas tetap terjaga sesuai mutu dan Standar Nasional Indonesia. Pemilihan tersebut akan mempengaruhi umur dari bangunan itu sendiri, karena pemilihan yang salah akan mengakibatkan keretakan dan kerusakan pada bagian-bagian pondasi yang akan meruntuhkan keseluruhan bangunan yang ada.

### 2.12.2 Pondasi dangkal

Menentukan daya dukung pondasi dangkal

Daya dukung ultimit (ultimit bearing capacity/ $q_u$ ) didefinisikan sebagai beban maksimum per satuan luas dimana tanah masih dapat mendukung beban tanpa mengalami keruntuhan.

#### a. Rumus Terzaghi

$$q_u = C.N_c + \gamma b + N_q.D_f + 0,5.\gamma b.N_\gamma \dots\dots\dots (2.31)$$

Dimana :

$q_u$  = Daya dukung ultimit pondasi

C = Cohesi tanah

$\gamma b$  = Berat volume tanah

Df = kedalaman dasar pondasi

B = Lebar pondasi dianggap 1,00 meter

$N_c, N_q, N_\gamma$  = Faktor daya dukung terizghi ditentukan oleh besar sudut geser dalam

Setelah mendapatkan nilai daya dukung Ultimit Tanah ( $q_{ult}$ ), Langkah selanjutnya menghitung daya dukung ijin tanah yaitu :

$$q = q_{ult}/Sf \dots\dots\dots (2.32)$$

Dimana :

- q = Daya dukung ijin tanah
- $q_{ult}$  = Daya dukung tanah ultimit
- Sf = Faktor keamanan biasanya nialainua diambil 3

Tabel 2. 10 Nilai Faktor Daya Dukung Terizaghi

$\Phi$	Nc	Nq	N $\gamma$	Nc'	Nq'	N $\gamma$ '
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1	0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

b. Rumus Meyerhof

$$q_{ult} = qc \cdot B \cdot \left(1 + \frac{D}{B}\right) \dots\dots\dots (2.33)$$

Dimana :

- $q_{ult}$  = Daya dukung ultimit tanah
- qc = Niali conus
- B = Lebar pondasi (dianggap 1 meter)
- D = Kedalam dasar pondasi

Setelah mendaptkan nilai daya dukung Ultimit Tanah ( $q_{ult}$ ), langkah selanjutnya menghitung daya dukung ijin tanah yaitu :

$$q = q_{ult}/Sf \dots\dots\dots (2.34)$$

Dimana :

$q$  = Daya dukung ijin tanah

$q_{ult}$  = Daya dukung tanah ultimit

$S_f$  = Faktor keamanan biasanya nilainya diambil 3

Daya dukung ijin tanah dapat juga dihitung langsung dengan cara :

$$q = \frac{q_c}{40} \quad (\text{untuk besaran } B \text{ (2.35) sembarang)} \dots\dots\dots$$

Dimana :

$q$  = Daya dukung ijin tanah

$q_c$  = Nilai conus

Berikut beberapa jenis pondasi dangkal :

1. Pondasi Telapak

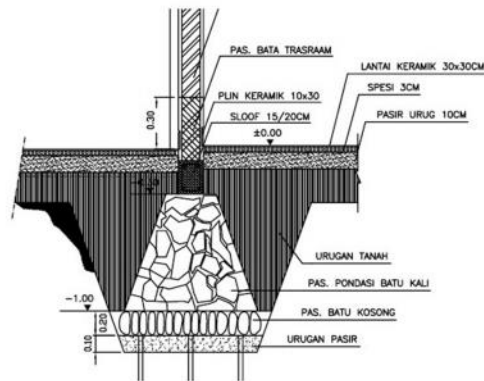
Pondasi telapak adalah pondasi yang terbuat dari beton bertulang yang dibentuk papan/telapak. Pondasi ini biasanya digunakan sebagai tumpuan struktur kolom, khususnya untuk bangunan bertingkat. Agar bisa meneruskan beban ke lapisan tanah keras di bawahnya dengan baik, dimensi pondasi tapak sengaja dibuat lebih besar daripada ukuran kolom di atasnya



Gambar 2. 21 Pondasi Telapak

2. Pondasi Batu Kali

Pondasi batu kali adalah jenis pondasi yang strukturnya terdiri dari kumpulan batu kali yang disusun sedemikian rupa sehingga pondasi dapat berdiri dengan kekuatan yang cukup untuk menahan beban dinding rumah di atasnya.

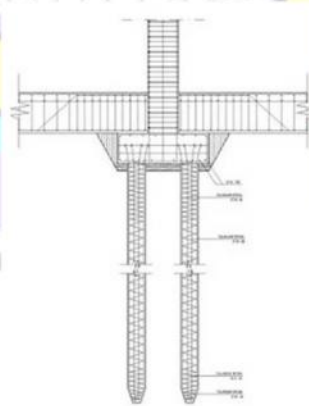


Gambar 2. 22 Pondasi Batu Kali

### 2.12.3 Pondasi Dalam

#### 1. Pondasi Tiang Pancang

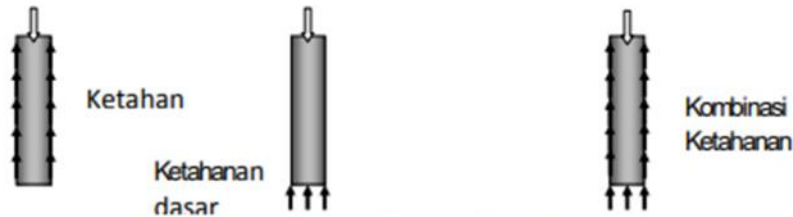
Pondasi tiang pancang (pile foundation) adalah bagian dari struktur yang digunakan untuk menerima dan mentransfer (menyalurkan) beban dari struktur atas ke tanah penunjang yang terletak pada kedalaman tertentu. Tiang pancang bentuknya panjang dan langsing yang menyalurkan beban ke tanah yang lebih dalam. Tiang pancang yang terbuat dari bahan ini adalah dipukul, dibor atau di dongkrak ke dalam tanah dan dihubungkan dengan pile cap (poer). Tergantung juga pada tipe tanah, material dan karakteristik penyebaran beban tiang pancang diklasifikasikan berbedabeda.



Gambar 2. 23 Pondasi Tiang Pancang

Ada 3 cara bagaimana suatu pondasi tiang menahan gaya luar tekan yang bekerja seperti ditunjukkan dalam Gambar dibawah ini :

- Dengan menggunakan ketahanan lekat atau skin friction ( $Q_s$ ) permukaan dimana beban ditahan oleh gesekan pada tanah non-kohesif atau adesi pada tanah kohesif.
- Dengan menggunakan ketahanan dasar atau end bearing ( $Q_b$ ) dimana beban ditahan pada dasar tiang
- Kombinasi dari ketahanan dasar dan ketahanan lekat  $Q_p = Q_s + Q_b$



Gambar 2. 24 Daya Dukung Pondasi Tiang

1) Daya Dukung Tiang Pada Tanah Non Cohesive

- Daya Dukung Dari Hambatan Lekat/Skin Friction

Daya dukung dari hambatan lekat tanah-pondasi untuk tanah tidak kohesif dihitung dengan persamaan berikut

$$Q_s = \sum_{L_i} F_i S_z C_p \quad (2.36)$$

Dimana :

$Q_s$  = Daya dukung hambatan lekat (kN)

$F_i$  = Faktor Gesek rencana , diperoleh dari table Parameter Perencanaan Tiang Untuk Tanah Kohesif

$S_z$  = Tegangan efektif rencana sepanjang tiang (kN/m<sup>2</sup>)

Nilai  $S_z$  diambil tidak boleh melebihi tegangan pada kedalaman batas  $Z_L$

Nilai  $Z_L$  diperoleh dari Tabel

$C_p$  = Keliling efektif dari tiang (meter), diperoleh berdasarkan Tabel Luas Dasar Efektif ( $A_p$ ) dan Keliling Efektif ( $C_p$ ) Pondasi Tiang

$L_i$  = Tebal lapisan penahan (meter)

- Daya Dukung Dari Tahanan Ujung/End Bearing

Daya dukung dari tahanan ujung untuk tanah tidak koheisif dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q_b = N_q \cdot S \quad (2.37)$$

$A_p$ .....

Dimana :

$Q_b$  = Daya dukung tahanan ujung (kN)

$N_q$  = Faktor Kapasitas Daya Dukung, didapat dari tabel Parameter Perencanaan Tiang Untuk Tanah Non-Koheisif

$A_p$  = Luas dasar tiang (meter<sup>2</sup>), diperoleh berdasarkan tabel Luas Dasar Efektif ( $A_p$ ) dan Keliling Efektif ( $C_p$ ) Pondasi Tiang

Tabel 2. 11 Parameter Perencanaan Tiang Untuk Tanah Non-Kohesif

Nilai SPT	$Z_L/d$	$F_i$		$N_q$	
		T. Pancang	T. Bor	T. Pancang	T. Bor
0-10	6	0.8	0.3	60	25
10-30	8	1.0	0.5	100	60
30-50	15	1.5	0.8	180	100

## 2) Daya Dukung Tiang Pada Tanah Cohesive

- Daya Dukung Dari Pada Tanah Cohesive

Daya dukung dari hambatan lekat tanah-pondasi untuk tanah kohesif dihitung dengan persamaan berikut

$$Q_s = F_c \cdot K_c^R \cdot C_u \cdot C_p \quad (2.38)$$

$L_i$ .....

Dimana :

$Q_s$  = Daya dukung hambatan lekat (kN)

$F_c$  = Faktor Reduksi

$K_c^R = 0.7$

$C_u$  = Kuat geser “undrained” rata-rata (kN/m<sup>2</sup>)

$C_p$  = Keliling efektif dari tiang (meter), diperoleh berdasarkan tabel Luas Dasar Efektif ( $A_p$ ) dan Keliling Efektif ( $C_p$ ) Pondasi Tiang

$L_i$  = Tebal Lapisan Penahan (meter)

- Daya Dukung Dari Tahanan Ujung/End Bearing

Daya dukung dari tahanan ujung untuk tanah kohesif dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q_b = N_c C_u A_p \quad (2.39)$$

Dimana :

$Q_b$  = Daya dukung tahanan ujung (kN)

$N_c$  = Faktor Kapasitas Daya Dukung.

Biasanya diambil = 9, tetapi bila tiang tertanam kurang dari 4 kali diameter, nilai  $N_c$  dikurangi secara linier sampai suatu nilai 5.6 pada permukaan.

$A_p$  = Luas dasar tiang (meter<sup>2</sup>), diperoleh berdasarkan Tabel Luas Dasar Efektif ( $A_p$ ) dan Keliling Efektif ( $C_p$ ) Pondasi Tiang.

Tabel 2. 12 Parameter Perencanaan Tiang Untuk Tanah Kohesif

Kuat geser “undrained” rata-rata nominal $C_u$ (kPa)	Koef. Terganggu $F_c$
0-10	1.00
10-25	1.00
25-45	1.00
45-50	1.00-0.95
50-60	0.95-0.80
60-80	0.80-0.65
80-100	0.65-0.55
100-120	0.55-0.45
120-140	0.45-0.40

140-160	0.40-0.36
160-180	0.36-0.35
180-200	0.35-0.40
>200	0.40

### 3) Gaya Negatif Skin Friction

Untuk tiang dalam tanah kompresibel, khususnya bila lapisan-lapisan tanah diatas adalah kompresibel misalnya urugan tidak berkonsolidasi, dan pondasi tiang berada teguh dalam suatu lapisan tanah padat/keras, terjadi gesekan permukaan yang negatif atau gaya penarik kebawah. Gaya penarik ke bawah ini akan mengurangi daya dukung aksial tekan dari tiang pancang

Besarnya gaya penarik negatif tersebut dihitung dengan rumus berikut:

$$P_n = 1.25 \sum_{L_n} F_n C_p \quad (2.40)$$

Dimana :

$P_n$  = Gaya Penarik Negatif (kN)

$F_n$  = Nilai gesekan permukaan negatif rencana (kPa)

Bila digunakan ter atau cat sejenis untuk mengurangi gesekan, nilai ini dapat direduksi sampai  $0.3F_n$

$$F_n = F \cdot S \quad (2.41)$$

Dimana :

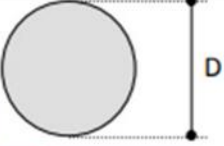
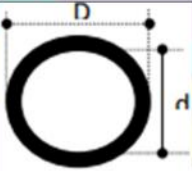
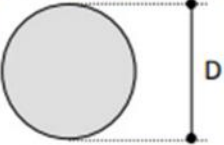
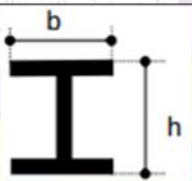
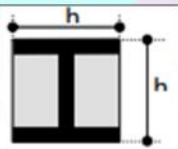
$F = 0.2$  untuk tanah dengan Index Plastisitas = 15

$S$  = Tegangan vertical efektif pada tiap titik sepanjang tiang (kN/m<sup>2</sup>)

$C_p$  = Keliling efektif dari tiang (meter), diperoleh berdasarkan Tabel Luas Dasar Efektif ( $A_p$ ) dan Keliling Efektif ( $C_p$ ) Pondasi Tiang.

$L_n$  = Panjang tiang pada mana bekerja gesekan permukaan yang negative (meter). Untuk tiang lekat dalam tanah kompresible merata diambil 0.7 kali panjang tertanam

Tabel Luas Dasar Efektif ( $A_p$ ) dan Keliling Efektif ( $C_p$ ) Pondasi Tiang.

Tipe Tiang	Bentuk	$A_p$	$C_p$
Tiang beton sirkular		$0.25\pi D^2$	$\pi D$
Tiang pipa baja dengan ujung terbuka		$0.25\pi(D^2 - d^2)$	$\pi D$
Tiang pipa baja dengan ujung tertutup		$0.25\pi D^2$	$\pi D$
Tiang H baja dengan ujung terbuka		Penampang Melintang	$2(b+h)$
Tiang H baja dengan ujung tertutup		$bh$	$2(b+h)$

#### 4) Efisiensi Group Tiang

Untuk kelompok tiang yang daya dukung utamanya nrengandalkan tahanan gesek, harus dilakukan evaluasi. efesiensi daya dukung kelompok tiang, dan disarankan. jarak as antara tiang lebih dari tiga diameter tiang.

Menurut Converce Labarre

$$E = 1 - \left( \frac{\theta}{90} \cdot \left( \frac{(n-1).m+(m-1).n}{m.n} \right) \right) \dots \dots \dots (2.42)$$

Dimana :

$\theta$  = are tg ( $D/k$ )

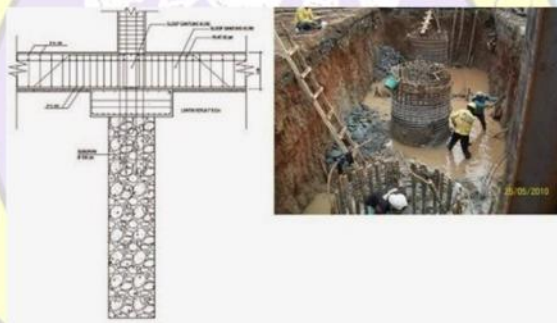
m = Jumlah tiang dalam arah sumbu x

n = Jumlah tiang dalam arah sumbu y

k = Jarak antara tiang

## 2. Pondasi Sumuran

Pondasi sumuran adalah suatu bentuk peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang. Pondasi ini digunakan apabila tanah dasar terletak pada kedalaman yang relatif dalam. Pada umumnya pondasi sumuran ini terbuat dari beton bertulang atau beton pracetak, yang umum digunakan pada pekerjaan jembatan di Indonesia adalah dari silinder beton bertulang dengan diameter 250 cm, 300 cm, 350 cm, dan 400 cm.



Gambar 2. 25 Pondasi Sumuran

### 1) Persyaratan Teknis

Persyaratan teknis pondasi sumuran adalah

- Tekanan dari konstruksi jembatan pada bagian bawah pondasi sumuran tersebut harus lebih kecil atau sama dengan tegangan ijin tanah ( $\sigma \leq \sigma_{ijin}$ ).
- Pondasi sumuran harus aman terhadap penurunan yang berlebihan
- Pondasi sumuran harus aman terhadap penggerusan atau kedalaman pondasi sumuran harus lebih besar dari kedalaman maksimum penggerusan. Jika kedalaman pondasi sumuran

lebih kecil dari kedalaman maksimum penggerusan maka diperlukan perlindungan terhadap pondasi sumuran tersebut.

- Diameter pondasi sumuran harus dibuat  $\geq 1.5$  meter untuk kemudahan pelaksanaan
- Pondasi sumuran tidak boleh digunakan pada kondisi tanah dimana lapisan atas terdiri dari tanah lunak dengan ketebalan  $> 3$  dan  $< 6 - 8$  meter
- Penggalian terbuka selama proses konstruksi pondasi sumuran tidak disarankan
- Jika selama pelaksanaan pondasi sumuran muka air tanah cukup tinggi, maka perlu dilakukan upaya menurunkan elevasi muka air tanah di lokasi konstruksi dengan menggunakan pompa air
- Pondasi sumuran harus mempunyai keawetan yang memadai untuk penggunaan yang dipilih
- Tanah pendukung harus memberikan daya dukung dan ketahanan geser yang memadai
- Struktur pondasi sumuran harus mempunyai kekuatan memadai
- Penurunan dan perpindahan horizontal tidak boleh menimbulkan pengurangan kekuatan pada komponen-komponen structural

Dalam perencanaan pondasi sumuran analisa yang harus dilakukan adalah:

- Analisa kestabilan terhadap guling
- Analisa ketahanan terhadap geser
- Analisa kapasitas daya dukung tanah
- Analisa penurunan
- Analisa stabilitas secara umum

## 2) Kestabilan Terhadap Guling

Kestabilan struktur terhadap kemungkinan terguling dihitung dengan persamaan berikut :

$$S_g = \frac{\sum M_R}{\sum M_O} \quad (2.43)$$

Dimana :

$M_o$  = Jumlah dari momen-momen yang menyebabkan n struktur terguling dengan titik pusat putaran di titik O.  $M_o$  disebabkan oleh tekanan tanah aktif yang bekerja pada elevasi H/3.

$M_R$  = Jumlah dari momen-momen yang mencegah struktur terguling dengan titik pusat putaran di titik O.  $M_R$  merupakan momen-momen yang disebabkan oleh gaya vertikal dari struktur dan berat tanah diatas struktur.

Berdasarkan Peraturan Teknik Jembatan Nilai minimum dari angka keamanan terhadap geser yang digunakan dalam perencanaan adalah 2.2

a) Ketahanan Terhadap Geser

Ketahanan struktur terhadap kemungkinan struktur bergeser dihitung berdasarkan persamaan berikut

$$S'_g = \frac{\sum F_R}{\sum F_D} \quad (2.44)$$

Dimana :

$\sum F_D$  = Jumlah dari gaya-gaya horizontal yang menyebabkan struktur bergeser.

$\sum F_D$  disebabkan oleh tekanan tanah aktif yang bekerja pada struktur

$\sum F_R$  = Jumlah gaya-gaya horizontal yang mencegah struktur bergeser.  $\sum F_R$  merupakan gaya gaya penahan yang disebabkan oleh tahanan gesek dari struktur dengan tanah serta tahanan yang disebabkan oleh kohesi tanah.

$$S'_g = \frac{(\sum V) \tan \phi_2 + B_2 + F_P}{F_h}$$

Berdasarkan Peraturan Teknik Jembatan, Nilai  $\phi_2$  biasanya diambil sama dengan sudut geser tanah  $\phi$  untuk beton pondasi

yang dicor ditempat dan 2/3 dari nilai  $\phi$  tanah untuk pondasi beton pracetak dengan permukaan halus. Sedangkan nilai  $c_2$  biasanya diambil 0.4 dari nilai kohesi  $c$  tanah. Berdasarkan Peraturan Teknik Jembatan Nilai minimum dari Angka Keamanan terhadap guling yang digunakan dalam perencanaan adalah 2.2

b) Daya Dukung Tanah Dasar

Tekanan yang disebabkan oleh gaya-gaya yang terjadi pada dasar pondasi sumuran harus dipastikan lebih kecil dari daya dukung ijin tanah. Daya dukung tanah pada dasar pondasi sumuran ditentukan dengan cara yang sama seperti dalam menentukan daya dukung pondasi dangkal.

Untuk memudahkan analisis, bentuk sumuran berupa lingkaran dengan diameter  $D$  dapat di ekivalensikan menjadi bentuk empat persegi dengan dimensi  $B \times B$ . Besarnya nilai  $B$  dihitung sebagai berikut.

$$B = \sqrt{\frac{\pi * D^2}{4}} \dots\dots\dots (2.45)$$

Pemeriksaan tegangan yang terjadi dilakukan seperti dalam perencanaan pondasi dangkal segi empat. Hal pertama yang perlu diperiksa adalah eksentrisitas dari gaya-gaya ke pondasi dengan menggunakan persamaan berikut.

$$eks = \frac{M_n}{\sum V} = \frac{B}{2} \dots\dots\dots (2.46)$$

Tegangan kontak ke tanah dasar dihitung dengan persamaan berikut:

$$q_m^m = \frac{\sum V}{B} \left( 1 \pm \frac{6 * e}{B} \right) \dots\dots\dots (2.47)$$

Jika nilai eksentrisitas beban  $eks > B/6$  maka tegangan kontak minimum  $q_{min}$  akan lebih kecil dari 0. Hal ini adalah

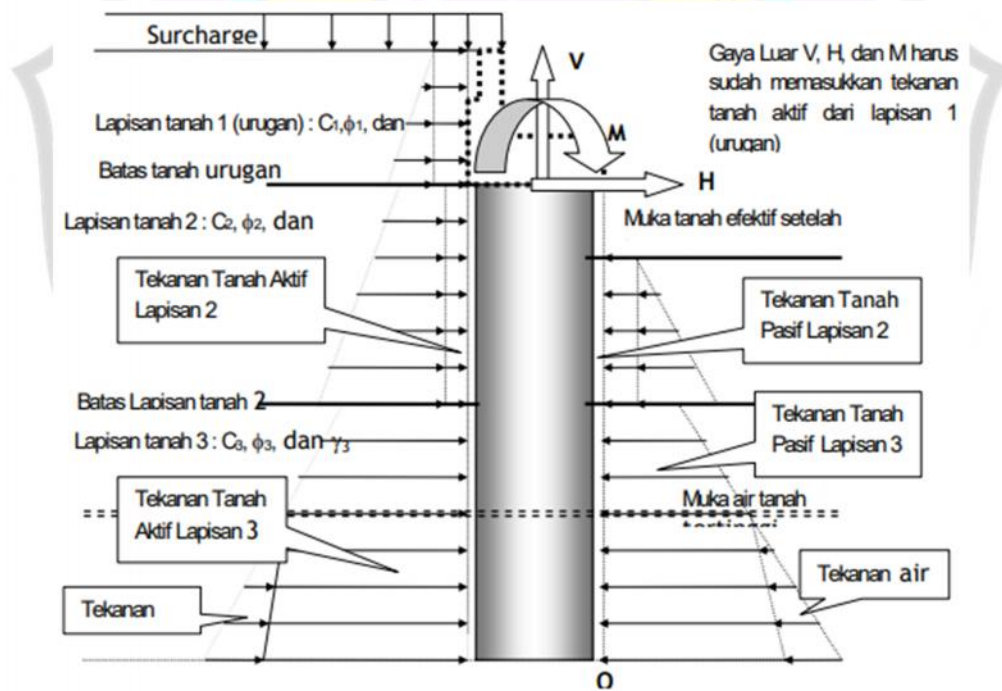
sesuatu yang tidak diharapkan. Demikian juga jika tegangan kontak maksimum  $q_{mak}$  lebih besar dari daya dukung ijin. Jika hal ini terjadi maka lebar pondasi B perlu di perbesar atau diameter pondasi D perlu diperlebar.

c) Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah yang bekerja pada pondasi sumuran disebabkan adalah tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif. Tekanan tanah pasif yang digunakan dalam analisis didasarkan tekanan tanah pada keadaan diam “at rest”

3) Gaya Gaya Yang Bekerja Pada Pondasi Sumuran

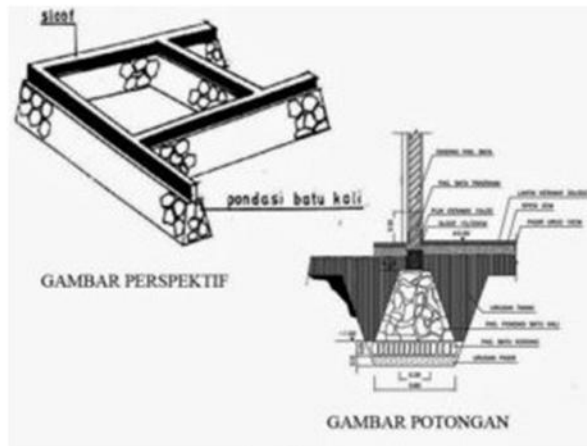
Notasi gaya-gaya yang bekerja pada pondasi sumuran diberikan pada Gambar di bawah.



Gambar 2. 26 Gaya-gaya Yang Bekerja Pada Pondasi Sumuran

2.12.4 Sloof

Sloof merupakan struktur bangunan yang berada diatas pondasi . Fungsi struktu atas adalah sebagai penopang bangunan dengan dengan bentuk memanjang keatas seperti rangka, kuda-kuda, dan balok.



Gambar 2. 27 Sloof

## 2.13 Pembebanan

Dalam pembebanan yang akan ditinjau dalam tugas akhir ini meliputi beban mati, beban hidup, beban angin, beban air, dan beban gempa.

Berikut adalah beban-beban struktural yang diperhitungkan dalam merencanakan struktur bangunan. Berdasarkan SNI 1727: 2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, dijelaskan sebagai berikut:

### 2.13.1 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan Gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi (SNI 1727:2013 pasal 4.1). Beban hidup selalu berubah-ubah dan sulit diperkirakan. Beban hidup atap adalah beban yang diakibatkan pelaksanaan pemeliharaan oleh pekerja, peralatan dan material. Adapun beban yang diakibatkan oleh benda bergerak, seperti tanaman atau benda dekorasi kecil yang tidak berhubungan dengan penghunian ( SNI 1727:2013 pasal 4.1)

### 2.13.2 Beban Mati

Beban mati merupakan berat seluruhan bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, tangga, plafon, dinding partisi tetap, atap, finishing, kladding gedung dan komponen struktural dan arsitektural lainnya serta peralatan layanan lain termasuk berat keran (SNI 1727:2013 pasal 3.1)

### **2.13.3 Beban Angin**

Beban Angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban Angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (hisapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan negatif yang dinyatakan dalam  $\text{kg/m}^2$  ini ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup dengan koefisien-koefisien angin.

### **2.13.4 Beban Air**

Beban Air hujan merupakan seluruh beban yang bekerja pada gedung atau bagian dari gedung yang diakibatkan oleh hujan.

Dalam SNI 2847:2019 Beban hujan R pada harus dihitung untuk semua kemungkinan akumulasi air hujan. Atap harus didesain memiliki kemiringan yang cukup atau lawan-lendut (camber) untuk menjamin drainase yang cukup dengan memperhitungkan defleksi atap jangka-panjang akibat beban mati. Bila defleksi atap dapat menimbulkan genangan air yang disertai dengan defleksi tambahan dan genangan tambahan, desainnya harus menjamin bahwa proses ini dengan sendirinya menjadi pembatas.

### **2.13.5 Beban Gempa**

Beban gempa merupakan beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa tersebut.

Analisis dan perencanaan struktur bangunan tahan gempa, pada umumnya hanya memperhitungkan pengaruh dari beban gempa horisontal yang bekerja pada kedua arah sumbu utama dari struktur bangunan secara bersamaan. Sedangkan pengaruh gerakan gempa pada arah vertikal tidak diperhitungkan, karena sampai saat ini perilaku dari respon struktur terhadap pengaruh gerakan gempa yang berarah vertikal, belum banyak diketahui.

Untuk mendapatkan perhitungan beban gempa, ada beberapa parameter yang harus diperhatikan sebagai berikut:

1. Kategori Resiko

Kategori resiko struktur bangunan Gedung dan non Gedung dapat dilihat pada SNI 1726 : 2019, Pasal 4.1.2 Tabel 3, dengan ringkasan sebagai berikut:

Tabel 2. 13 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	II
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> <li>- Penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul>	III
<p>Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	IV

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah ibadah</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</li> </ul> <p>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

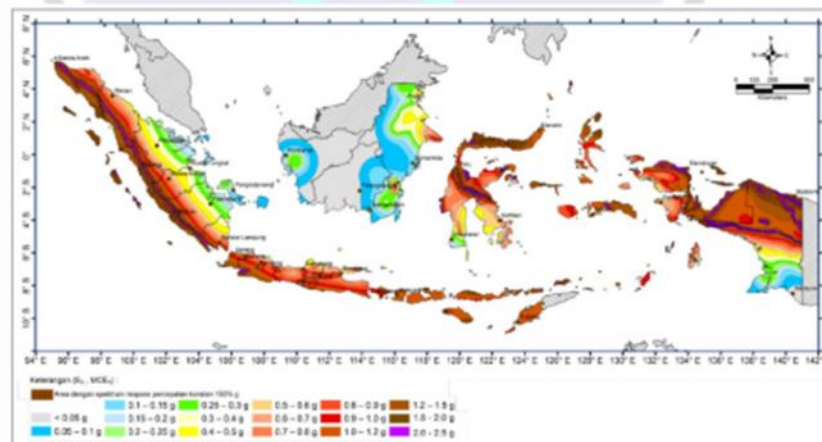
2. Menentukan Kelas Situs (SA s/d SF)

Tabel 2. 14 Klasifikasi Situs

Kelas situs	$v_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$s_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50

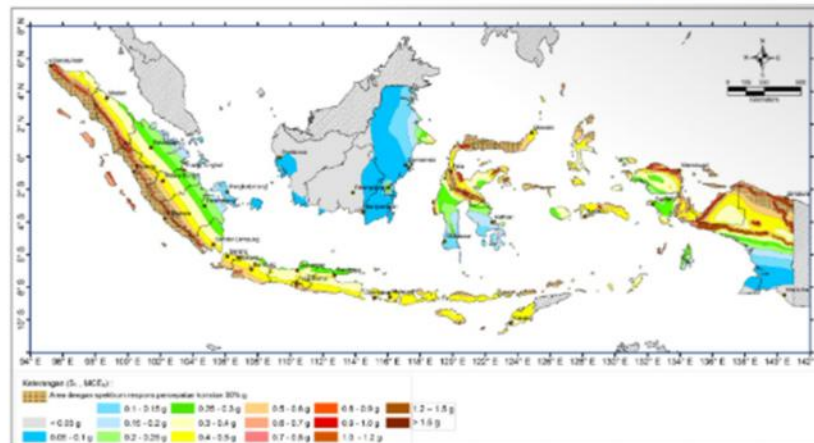
Sumber: Tabel 5 SNI 1726-2019

3. Parameter Percepatan Terpetakan, Parameter Ss (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing respons spectral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta



Gambar 2. 28 Parameter Gerak Tanah Ss

Sumber: SNI 1726-2019, Pasal 15 Gambar 15



Gambar 2. 29 Parameter Gerak Tanah S1  
 Sumber: SNI 1726-2019, Pasal 15 Gambar 16

4. Koefisien situs dan parameter respon spektral (F)

a) Koefisien situs periode 0.2 detik

Tabel 2. 15 Koefisien Situs,  $F_a$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, $S_r$					
	$S_r \leq 0,25$	$S_r = 0,5$	$S_r = 0,75$	$S_r = 1,0$	$S_r = 1,25$	$S_r \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS <sup>(a)</sup>					

Sumber : SNI 1727-2019, Pasal 6.2 Tabel 6

b) Koefisien situs periode 1 detik

Tabel 2. 16 Koefisien Periode 1.0 Detik,  $F_v$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode 1 detik, $S_l$					
	$S_l \leq 0,1$	$S_l = 0,2$	$S_l = 0,3$	$S_l = 0,4$	$S_l = 0,5$	$S_l \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS <sup>(a)</sup>					

Sumber : SNI 1726-2019, Pasal 6.2 Tabel 7

- c)  $S_{DS}$  adalah parameter percepatan spectral desain untuk periode pendek.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \cdot S_{MS}$$

$$S_{DS} = F_v \cdot S_s$$

$S_{MS}$  adalah parameter respons spectral percepatan periode pendek.

- d)  $S_{D1}$  adalah percepatan spectral desain untuk periode 1,0 detik

$$S_{D1} = 2/3 \cdot S_{M1}$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1$$

$S_{MS}$  adalah parameter respons spectral percepatan periode 1,0 detik.

- e) Kategori Desain Seismik (KDS)

Struktur yang harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik dengan kategori risiko I, II, atau III dapat dilihat pada SNI 1726-2019, Pasal 6.5 Tabel 8 dan Tabel 9, dengan ringkasan sebagai berikut:

Tabel 2. 17 Kategori Desain Seismik Periode Pendek

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber: Tabel 8 SNI 1726:2019

Tabel 2. 18 Kategori Desain Seismik Periode 1 Detik

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber: Tabel 9 SNI 1726:2019

- f) Periode Fundamental Perletakan ( $T_a$ )

Periode fundamental perletakan ( $T_a$ ) dalam detik dapat dilihat pada SNI 1726-2019, Pasal 7.8.2.1 Tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 2. 19 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Percepatan pada Periode 1 Detik

Tipe struktur	$C_i$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
• Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
• Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber: SNI 1726-2019, Pasal 7.8.2.1 Tabel 18

g) Periode Fundamental Struktur ( $T_{max}$ )

Periode fundamental struktur ( $T$ ) dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan sifat struktur dan karakteristik deformasi elemen pemikul dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur ( $T$ ) dapat dilihat pada SNI 1726-2019, Pasal 7.8.2

Tabel 2. 20 Periode Fundamental Struktur

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, $S_{D1}$	Koefisien $C_w$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber: SNI 1726-2019 Pasal 7.8.2

5. Penentuan Sistem Struktur

Sistem dasar pemikul gaya seismik lateral dan vertikal harus memenuhi salah satu tipe yang ditunjukkan pada **Tabel 12** atau kombinasi. Masing-masing sistem terbagi berdasarkan tipe elemen vertikal pemikul gaya seismik lateral. Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur,  $h_n$ , yang ditunjukkan pada Tabel 12. Koefisien modifikasi respons,  $R$ , faktor kuat lebih sistem,  $\Omega_0$ , dan faktor pembesaran simpangan lateral,  $C_d$ , yang sesuai sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 12** harus digunakan dalam penentuan geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antar tingkat desain. Setiap sistem pemikul gaya seismik yang dipilih harus

didesain dan didetailkan sesuai dengan persyaratan khusus untuk sistem tersebut sebagaimana ditetapkan dalam dokumen acuan yang berlaku seperti terdaftar dalam Tabel 12. Persyaratan dalam bagian ini mengizinkan penggunaan prosedur alternatif untuk desain struktur individual yang menunjukkan kinerja yang dapat diterima.

Tabel 2. 21 Faktor R, Cd, dan  $\Omega_0$  Untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat lebih sistem, $\Omega_0^b$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^c$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_s$ (m) <sup>d</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>e</sup>	E <sup>e</sup>	F <sup>f</sup>
<b>A. Sistem dinding penumpu</b>								
1. Dinding geser beton bertulang khusus <sup>1,11</sup>	5	2%	5	TB	TB	48	48	30
2. Dinding geser beton bertulang biasa <sup>2</sup>	4	2%	4	TB	TB	Ti	Ti	Ti
3. Dinding geser beton polos detail <sup>2</sup>	2	2%	2	TB	Ti	Ti	Ti	Ti
4. Dinding geser beton polos biasa <sup>1</sup>	1%	2%	1%	TB	Ti	Ti	Ti	Ti
5. Dinding geser pracetak menengah <sup>3</sup>	4	2%	4	TB	TB	12 <sup>e</sup>	12 <sup>e</sup>	12 <sup>e</sup>
6. Dinding geser pracetak biasa <sup>2</sup>	3	2%	3	TB	Ti	Ti	Ti	Ti
7. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5	2%	3%	TB	TB	48	48	30
8. Dinding geser batu bata bertulang menengah	3%	2%	2%	TB	TB	Ti	Ti	Ti
9. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	2%	1%	TB	48	Ti	Ti	Ti
10. Dinding geser batu bata polos detail	2	2%	1%	TB	Ti	Ti	Ti	Ti
11. Dinding geser batu bata polos biasa	1%	2%	1%	TB	Ti	Ti	Ti	Ti
12. Dinding geser batu bata prategang	1%	2%	1%	TB	Ti	Ti	Ti	Ti
13. Dinding geser batu bata ringan (AAC) bertulang biasa	2	2%	2	TB	10	Ti	Ti	Ti
14. Dinding geser batu bata ringan (AAC) polos biasa	1%	2%	1%	TB	Ti	Ti	Ti	Ti
15. Dinding rangka ringan (kayu) dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditujukan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	6%	3	4	TB	TB	20	20	20
16. Dinding rangka ringan (baja canal dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditujukan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	6%	3	4	TB	TB	20	20	20
17. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2	2%	2	TB	TB	10	Ti	Ti
18. Sistem dinding rangka ringan (baja canal dingin) menggunakan bresing strip datar	4	2	3%	TB	TB	20	20	20
<b>B. Sistem rangka bangunan</b>								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	6	2	5	TB	TB	48	48	30
3. Rangka baja dengan bresing konsentris biasa	3%	2	3%	TB	TB	10 <sup>e</sup>	10 <sup>e</sup>	Ti
4. Dinding geser beton bertulang khusus <sup>1,11</sup>	6	2%	5	TB	TB	48	48	30
5. Dinding geser beton bertulang biasa <sup>2</sup>	5	2%	4%	TB	TB	Ti	Ti	Ti
6. Dinding geser beton polos detail <sup>2</sup>	2	2%	2	TB	Ti	Ti	Ti	Ti
7. Dinding geser beton polos biasa <sup>1</sup>	1%	2%	1%	TB	Ti	Ti	Ti	Ti
8. Dinding geser pracetak menengah <sup>3</sup>	5	2%	4%	TB	TB	12 <sup>e</sup>	12 <sup>e</sup>	12 <sup>e</sup>
9. Dinding geser pracetak biasa <sup>2</sup>	4	2%	4	TB	Ti	Ti	Ti	Ti
10. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30
11. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	5	2	4%	TB	TB	48	48	30
12. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa	3	2	3	TB	TB	Ti	Ti	Ti
13. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	6%	2%	5%	TB	TB	48	48	30
14. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	6	2%	5	TB	TB	48	48	30
15. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	2%	4%	TB	TB	Ti	Ti	Ti
16. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5%	2%	4	TB	TB	48	48	30
17. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	2%	4	TB	TB	Ti	Ti	Ti
18. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	2%	2	TB	48	Ti	Ti	Ti

Sumber: SNI 1726-2019, Pasal 7.8.2.1 Tabel 12

## 6. Input Data Percepatan Gempa

## 2.14 Kombinasi Pembebanan

Struktur bangunan harus didesain menggunakan kombinasi pembebanan kuat rencana struktur sama atau melebihi pengaruh beban- beban terfaktor. Berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 4.2.2 kombinasi beban untuk metoda ultimit adalah sebagai berikut:

1.  $1,4DL$
2.  $1,2DL+1,6LL+0,5(Lr \text{ atau } R)$
3.  $1,2DL +1,6(Lr \text{ atau } R)+(LL \text{ atau } 0,5W)$
4.  $1,2DL+1W+LL+0,5(Lr \text{ atau } R)$
5.  $1,2DL+1E+1LL$
6.  $0,9DL$
7.  $0,9DL+1E$

Untuk nomor 5 dan 7 dengan beban gempa diatur oleh SNI 1726-2019 tentang kombinasi beban dengan faktor kuat lebih sebagai berikut:

1.  $(1,2+0,2Sds)DL+LL \pm 0,3 \text{ EX} \pm 1EY$
2.  $(1,2+0,2Sds)DL+LL \pm 1 \text{ EX} \pm 0,3EY$
3.  $(0,9+0,2Sds)DL \pm 0,3 \text{ EX} \pm 1EY$
4.  $(0,9+0,2Sds)DL \pm 1 \text{ EX} \pm 0,3EY$

Keterangan :

DL : Dead Load (Beban mati termasuk SIDL)

LL : Live Load (Beban hidup)

EX : Earthquake (Beban gempa)-arah x

EY : Earthquake (Beban gempa)-arah y

R : Rain (Beban hujan)

W : Wind (Beban angin)

: Faktor redundansi dapat diambil sebesar 1,00 untuk KDS A,B, dan C, dan sebesar 1,30 untuk KDS D,E, dan F. Nilai tidak perlu  $>1,30$ .

Sds : Parameter Parameter percepatan percepatan spektrum spektrum respons respons desain pada periode pendek

## 2.15 Analisis Spektrum Respons Ragam

### 1. Jumlah Ragam

Analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100 % dari massa struktur. Untuk mencapai ketentuan ini, untuk ragam satu badan kaku (single rigid body) dengan periode 0,05 detik, diizinkan untuk mengambil semua ragam dengan periode di bawah 0,05 detik.

**PENGEQUALIAN** Sebagai alternatif, analisis diizinkan untuk memasukkan jumlah ragam yang minimum untuk mencapai massa ragam terkombinasi paling sedikit 90 % dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

### 2. Parameter Respons Ragam

Nilai untuk masing-masing parameter desain terkait gaya yang ditinjau, termasuk simpangan antar tingkat, gaya dukung, dan gaya elemen struktur individu untuk masing-masing ragam respons harus dihitung menggunakan properti masing-masing ragam dan spektrum respons . dibagi dengan kuantitas ( $R/I_e$ ). Nilai untuk perpindahan dan kuantitas simpangan antar tingkat harus dikalikan dengan kuantitas ( $Cd/I_e$ ).

### 3. Parameter Respons Terkombinasi

Nilai untuk masing-masing parameter yang ditinjau, yang dihitung untuk berbagai ragam, harus dikombinasikan menggunakan metode akar kuadrat jumlah kuadrat (SRSS) atau metode kombinasi kuadrat lengkap (CQC), sesuai dengan SNI 1726. Metode CQC harus digunakan untuk masing-masing nilai ragam di mana ragam yang berdekatan mempunyai korelasi silang yang signifikan di antara respons translasi dan torsi.

### 4. Skala Nilai Desain Untuk Respons Terkombinasi

Geser dasar ( $V$ ) harus dihitung dalam masing-masing dua arah horizontal ortogonal menggunakan periode fundamental struktur yang dihitung  $T$  dalam masing-masing arah dan prosedur.

Kombinasi respons untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung ( $V$ ) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan  $0.85(V/V_t)$ .  $V$  = geser dasar prosedur gaya lateral ekuivalen dan  $V_t$  = geser dasar dari kombinasi ragam yang disyaratkan.



## 2.16 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. 22 Penelitian Terdahulu

No	Penelitian	Judul	Metode	Variable	Hasil Penelitian	Variabel Rencana (disertai dengan alasan kenapa variabel perlu dimasukan)
1	(Arrafi et al., 2023)	Penerapan Building Information Modeling (BIM) Pada Gedung Kuliah Pascasarjana IAIN Langsa Menggunakan Software Tekla Structures	Building information modeling (BIM) menggunakan software Tekla Structures	Berdasarkan uraian latar belakang diatas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut: Memodelkan gedung kuliah pascasarjana IAIN Langsa dengan software BIM dalam bentuk 3D dan quantity take-off.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Telah dimodelkan struktur fondasi, sloof. Balok dan kolom pada bangunan Gedung Pascasarjana IAIN Langsa secara 3D dan Quantity take-off (5D) dengan menggunakan software Tekla Structures.</li> <li>2. Penyaluran tulangan balok, kolom dan sloof pada Gedung kuliah pascasarjana IAIN Langsa tidak sesuai dengan SRPMK dan SRPMM yang tertera pada peraturan SNI 2847:2019. Namun sambungan tersebut masih sesuai dengan standart SNI. Hal ini mungkin terjadi karena pada</li> </ol>	Memodelkan gedung kuliah pascasarjana IAIN Langsa dengan software BIM dalam bentuk 3D dan quantity take-off. Alasannya : Karena Variabel pada penelitian ini sesuai dengan variabel yang saya gunakan pada penelitian saya

					<p>pengaplikasiannya sangatlah susah sehingga hal tersebut tidak dilakukan untuk dapat mempermudah pelaksanaan dilapangan.</p> <p>3. Perbandingan pekerjaan struktur pada Gedung Kuliah Pascasarjana IAIN Langsa adalah sebagai berikut, Perhitungan Tekla Structures menghasilkan volume beton sebesar 95,94% dari perhitungan RAB, dan Pada pembesian, perhitungan Tekla Structures menghasilkan nilai 103,00% dari perhitungan RAB. Penerapan konsep BIM pada software Tekla Structures menghasilkan perhitungan yang lebih akurat dan mempermudah pekerjaan sehingga pekerjaan lebih cepat, menghemat waktu dan sumber daya manusia serta dapat dipertanggung jawabkan dengan objek yang dimodelkan pada Tekla Structures.</p>	
2	(Hidayat et al., 2020)	Penerapan Metode Building Information Information	Bulding Information Modeling (BIM) Tekla	<p>Adapun rumusan dari latar belakang yang diatas yaitu :</p> <p>a. Bagaimana hasil</p>	<p>1. Hasil perhitungan kombinasi pembebanan yang memakai nilai momen terbesar pada balok dan kolom adalah</p>	<p>Bagaimana mempermodelkan bangunan Gedung FKPI dengan menerapkan</p>

		Modeling (BIM) Pada Struktur Pembangunan Gedung FKPPI Kota Banjarmasin	Structures	<p>perhitungan kombinasi pembebanan yang memakai nilai momen terbesar pada balok dan kolom?</p> <p>b. Bagaimana memodelkan bangunan Gedung FKPPI dengan menerapkan metode/konsep BIM?</p> <p>c. Bagaimana menghitung RAB pekerjaan struktur balok dan kolom bangunan Gedung?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- K1 (Kolong type 1) = 1.104,771 kN.m = 110,4771 ton.m</li> <li>- B1 (Balok type 1) = 2.569,455 kN.m = 256,9455 ton.m</li> <li>- Balok Anak = 1.041,126 kN.m = 104,1126 ton.</li> </ul> <p>2. Hasil dari pemodelan Gedung FKPPI dengan metode/konsep BIM mendapatkan hasil perhitungan struktur yang aman dan dapat direalisasikan mengacu pada gambar rencana kerja. Hasil gambar <i>Visualisasi</i> dan pemodelan atau konsep <i>Software Tekla Building Information Modeling</i> (BIM) telah sesuai dengan yang direncanakan. Untuk manajemen konstruksi waktu rencana Pembangunan struktur balok, kolom dan pelat lantai yaitu selama 4 minggu kerja.</p> <p>3. Menghitung volume pekerjaan struktur, volume pekerjaan pembesian dan volume pekerjaan bekisting. Dari model ini didapatkan volume pekerjaan beton secara total sebesar 109,98 m<sup>3</sup>, volume pekerjaan pembesian secara total 148.720,7 ton,</p>	<p>metode/konsep BIM? alasannya: Karena Variabel pada penelitian ini sesuai dengan variabel yang saya gunakan pada penelitian saya yaitu pemodelan bangunan gedung menggunakan tekla structures</p>
--	--	--	------------	--	--	---

					<p>dan volume total pekerjaan bekisting 774,9 m<sup>2</sup>.</p> <p>4. Hasil menghitung RAB pekerjaan Sebesar Rp 491.552.904,36,- + PPN (10%) Sebesar Rp 49.155.290,44,- Jumlah perhitungan yang ditambah PPN kepekerjaan struktur atas balok, kolom dan pelat lantai dibulatkan sebesar Rp 584.874.100,00,- (<b>Lima Ratus Delapan Puluh Empat Juta Delapan Ratus Tujuh Puluh Empat Ribu Serratus Rupiah</b>).</p>	
3	(Iqbal Purba et al., 2022)	Pemodelan Pada Bangunan Gedung Instalasi Diagnostik Teraphy (IDT) + Shelter Rsud Pariaman Dengan Menggunakan Software Building Information Modelling	Pengaplikasian BIM tekla struktur pada proyek bangunan gedung instalasi diagnostik terapi + shelter RSUD pariaman	Bagaimana Pemodelan terhadap pada proyek bangunan gedung instalasi diagnostik terapi + shelter RSUD pariaman dengan menggunakan BIM Tekla Struktur	<p>1. Adanya pemodelan 3D dari Gedung Instalasi Diagnostik Teraphy (IDT) + Shelter RSUD Pariaman dengan menggunakan Building Information Modeling (BIM) Software Tekla Structure 2019, yang dimulai dari proses pembuatan Grid, Elevation, pondasi borepile, pilecap, pelat setempat, sloof, kolom, balok hingga pelat lantai atas.</p> <p>2. Kebutuhan material yang didapatkan melalui software Tekla Structure2019 meliputi material struktur bangunan bagian bawah, yaknipondasiborepile dengan</p>	Pemodelan struktur dalam bentuk 3D ouputnya agar mendapatkan kebutuhan maerial. Alasannya : karena variabel penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian saya.

		(Bim) Tekla Structures			<p>dimensi 600 mm dengan kedalaman 6 meter, pilecap yang terdiri dari 2 jenis yaitu ukuran 1200 x 2400 x 800 mm dan 1200 x 1200 x 800 mm, dan pondasi pelat setempat dengan ukuran 1200 x 1200 x 250 mm. , sloof dengan 3 jenis ukuran dengan tulangan utama D16 mm, D13 mm dan D12 mm</p> <p>3. Kebutuhan untuk struktur bagian atas dengan rincian yaitu kolom utama dengan 4 jenis kolom dengan tulangan D16 mm dan D13 mm, balok yang terdiri dari 12 jenis dengan tulangan D16 mm dan D13 mm dan tulangan geser untuk semua komponen struktur menggunakan tulangan Ø10 mm, sedangkan pelat lantai dengan ketebalan 140 mm dan 120 mm berukuran tulangan d12 dan Ø10 dengan 2 lapisan tulangan.</p>	
4	(Gunawan, 2021)	Penerapan Building Information Modelling (BIM) Pada Proyek	Pemodelan 3D pada software tekla struktur dan menganalisis harga satuan	Permasalahan yang dapat dirumuskan berdasarkan latar belakang yang ada adalah sebagai berikut :	<p>Hasil Penelitian ini antara lain :</p> <p>1. Pemodelan bangunan proyek pasar soreang Kab. Bandung menggunakan software Tekla Structure 19 (Student Version). Dengan pemodelan 3D bangunan</p>	Pemodelan desain bangunan dengan bentuk 3D sampai dengan 4D dan mengambil output scheheduling. Alasannya : karena

		Pasar Soreang Kabupaten Bandung	pekerjaan	<p>1. Penerapan BIM pada proyek Pembangunan Pasar Soreang Kabupaten Bandung dengan memakai aplikasi Tekla Structures?</p> <p>2. Bagaimana kinerja waktu dalam pelaksanaan Pembangunan proyek Pasar Soreang Bandung?</p>	<p>berupa tiang pancang, pile cap, tie beam, kolom, balok, plat dan penutup atap. Kemudian ditambahkan schedul sehingga menjadi pemodelan 4D dengan menggunakan task manager pada aplikasi tekla structure. Di dalam pemodelan 4D diperoleh berupa gambar yang mampu mempresentasikan tahap demi tahap pekerjaan sesuai schedule.</p> <p>2. Dari analitis pekerjaan terdapat beberapa kegiatan kritis diantaranya pekerjaan persiapan dan pekerjaan struktur bawah seperti pemancanga, pekerjaan pile cap, dan tie beam, hal ini menjadi catatan penting untuk Pt. Bangunbina Persada selaku main kontraktor agar dapat menyelesaikan kegiatan pembangunan sesuai schedule yang telah ditetapkan.</p>	<p>penelitian ini memiliki kesamaan variabel dengan penelitian saya.</p>
5	(Aditya et al., 2024)	Penerapan Building Information Modeling	Memodelkan struktur gedung kuliah bersama	Penerapan BIM pada Pembangunan Gedung Bertingkat Menggunakan Tekla	Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa pemodelan 3D (visual) dan 5D (estimasi) dengan menggunakan	Memodelkan struktur bangunan 3D (Visual) dan 5D (estimasi), mengambil autput scheheduling.

		(BIM) Pada Bangunan Gedung Bertingkat Menggunakan Tekla Structures	fakultas ekonomi Universitas Samudra menggunakan aplikasi Tekla Structures,	Structures sehingga didapatkan pemodelan hasil 3D (visual) dengan output gambar detail struktur (DED) dan bar bending schedule (BBS) serta penerapan konsep 5D (estimasi).	software Tekla Structures diperoleh model struktur bangunan untuk seluruh komponen struktur. Penelitian ini juga merujuk pada penerapan SNI 2847:2019 Tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung terhadap pendetailan tulangan.  Pemodelan 5D menghasilkan daftar kebutuhan pembengkokan tulangan Bar Bending Shedule (BBS) untuk masing-masing komponen struktur yang dimodelkan (pondasi, sloof, kolom, balok, ring balok, plat lantai, dan tangga). Penggunaan tulangan polos Ø8 mm dengan berat 3876,02 kg; Ø10 mm dengan berat 13047,01 kg; Ø12 mm dengan berat 20100,83 kg, serta penggunaan tulangan ulir D16 dengan berat 8787,74 kg; D19 dengan berat 10592,36 kg; dan D22 dengan berat 24758,28 kg untuk pekerjaan struktur secara keseluruhan.	Alasannya : karena penelitian ini memiliki kesamaan dalam proses modeling sama seperti variabel penelitian yang saya gunakan.
--	--	--	---	--	---	---

