

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

Struktur merupakan kunci utama suatu konstruksi bangunan. Setiap struktur bangunan dirancang dan didesain oleh arsitek maupun ahli teknik sipil. Perancangan struktur wajib direncanakan sedetail mungkin dari struktur bawah sampai struktur atas sehingga mampu memikul beban yang bekerja guna memberikan jaminan keamanan terhadap kegagalan struktur.

Pembangunan suatu bangunan gedung memerlukan perancangan konstruksi yang berupa gambar detail, analisa struktur, analisa biaya, dan manajemen proyek yang mengacu pada SNI. Struktur dibagi menjadi 2 yaitu struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas meliputi pelat atap, balok, pelat lantai, kolom, dan tangga. Sedangkan struktur bawah meliputi sloof dan pondasi. Material struktur dapat berupa struktur beton, struktur baja, dan struktur kayu. Ketiga material tersebut memiliki kekuatan dan kelemahan masing-masing. Beton sendiri adalah material yang paling sering digunakan dalam proyek suatu pembangunan gedung dikarenakan adanya kemudahan dalam mendapatkan material bahan penyusun beton seperti pasir, agregat kasar, agregat halus, semen, dan air. Faktor biaya juga menjadi alasan mengapa beton lebih banyak dipilih karena harganya yang relatif murah dibandingkan struktur baja dan struktur kayu.

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah, maupun rumus-rumus yang akan digunakan dalam perhitungan struktur yang dikutip dari beberapa buku pedoman yang berlandaskan SNI.

2.2 Ruang Lingkup Perancangan Struktur

Ruang lingkup Perancangan Struktur Pembangunan Gedung UPTB Pengelolaan Pendapatan Daerah wilayah Musi Banyuasin I meliputi beberapa tahapan yaitu

2.2.1 Perancangan konstruksi

Untuk membangun suatu bangunan, proses perancangan konstruksi suatu struktur bangunan pada umumnya diatur oleh suatu aturan tertentu. Struktur pada bangunan harus bisa mencapai syarat struktur yang baik agar struktur tersebut bersifat kokoh, aman, dan stabil.

2.2.2 Dasar-dasar Perancangan Konstruksi

Dalam perhitungan untuk Perancangan Gedung UPTB Pengelolaan Pendapatan daerah Wilayah Musi Banyuasin I, penulis berpedoman pada peraturan yang dibuat Badan Standar Nasional Indonesia (SNI), dan juga pada beberapa buku pedoman, diantaranya:

- a. SNI 2847-2019 : Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, digunakan sebagai pedoman untuk perhitungan konstruksi pelaksanaan struktur beton bertulang.
- b. SNI 1727-2020 : Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain, digunakan sebagai pedoman dalam menentukan beban hidup minimum untuk melakukan perancangan proyek pembangunan gedung.
- c. SNI 8900-2020 : Panduan 2020 Panduan Desain Sederhana Untuk Bangunan Beton Bertulang, digunakan sebagai pedoman dalam menentukan beban mati untuk melakukan perancangan proyek pembangunan gedung.
- d. Buku Desain Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847 : 2019 edisi pertama oleh Yudha Lesmana, digunakan sebagai pedoman untuk melakukan perhitungan konstruksi struktur.
- e. Buku Struktur Beton Berdasarkan SNI 2847 : 2013 oleh Agus Setiawan, digunakan sebagai pedoman untuk melakukan perhitungan konstruksi struktur.

2.3 Klasifikasi Pembebanan

Beban adalah gaya atau aksi lainnya akibat berat seluruh bahan bangunan, penghuni dan barang barang yang dimilikinya, efek lingkungan, perbedaan pergerakan, dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi. Beban permanen adalah

beban yang variasinya terhadap waktu sangat jarang atau kecil. Semua beban lainnya adalah beban variabel. (SNI 1727 : 2020 hal-2).

Beberapa jenis beban yang bekerja pada struktur bangunan gedung adalah:

a. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material (SNI 1727 : 2020 hal-21). Dalam menentukan beban mati, berat aktual material dan konstruksi harus digunakan. Apabila tidak ada informasi yang pasti, nilai-nilai perkiraan pada tabel dibawah ini dapat digunakan.

Tabel 2. 1 Massa jenis minimum material

Material	<i>Massa jenis (kg/ m³)</i>
Semen tipe portland	1440
Ubin keramik	2400
Beton, normal	2300
Beton, bertulang	2400
Kaca	2600
Kerikil, kering	1660
Gypsum, lepas	1150
Gypsum, papan dinding	800
Timbal	11400
Pasangan bata, batu bata (padat)	1850
Pasangan bata, beton (padat)	2150
Pasangan bata, graut	2250
Pasangan bata, batu	2600
Semen mortar atau kapur	2100
Papan partikel	750

Kayu lapis	600
Pasir	
Bersih dan kering	1440
Sungai, kering	1700
Besi	7800
Batu	
Basalt, granit, gneiss	2700
Batu kapur, marmer, kuarsa	2850
Batu pasir	2700
Timah	7360
Air	
Tawar	1000
Laut	1030
Kayu, kering udara	450 - 750
Seng, gulungan lembaran	7200

Sumber : SNI 8900-2020

Tabel 2. 2 Beban mati minimum

Komponen	Beban (kN/m^2) per m^2 luas lantai
Langit -langit	
Papan dinding akustik	0,05
Papan gypsum	0,0080 (per mm tebal)
Saluran mekanikal	0,20
Sistem sprinkler	0,30
Bagian penting dan sistem elektrikal	0,05
Plester pada ubin atau beton	0,25
Plester pada reng kayu	0,40
Sistem saluran baja yang digantung	0,10
Reng logam dan plester semen yang digantung	0,70

Reng logam dan plester gipsum yang digantung	0,50
Sistem penggantung dari kayu	0,15
Isian Lantai	
Beton cinder	0,020
Beton ringan	0,015
Pasir	0,015
Batu beton	0,025
Lantai	
Finishing semen 1 in.(25 mm) pada isian batu beton	1,50
Ubin keramik atau kuari $\frac{3}{4}$ in. (20 mm) pada $\frac{1}{2}$ in. (12 mm) mortar	0,80
Ubin keramik atau kuari $\frac{3}{4}$ in. (20 mm) pada 1 in. (25 mm) mortar	1,10
Finishing beton	0,020 (per mm tebal)
Lantai kayu keras, $\frac{7}{7}$ in. (25 mm)	0,20
Marmer dan mortar pada isian batu	1,60
Batu pipih	0,030 (per mm tebal)
Genteng pipih rata pada 1 in. (25 mm) mortar	1,10
Lantai kerja $\frac{3}{4}$ in. (20 mm)	0,15
Terazo 1-1/2 in. (40 mm) langsung diatas slab	0,90
Terazo 1 in. (25 mm) pada isian batu-beton	1,50
Terazo 1 in. (25 mm), 2 in. (50 mm) batu beton	1,50

Blok kayu 3 in. (75 mm) pada damar wangi, tanpa isian	0,50
Blok kayu 3 in. (75 mm) pada ½ in. (12 mm) mortar dasar	0,80

Sumber : SNI 8900-2020

b. Beban Hidup

Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati (SNI 1727 : 2020 hal- 25).

Tabel 2. 3 Beban hidup terdistribusi merata minimum

Hunian atau penggunaan	<i>Merata</i> L_0 psf (kN/m^2)	Terpusat Lb (kN)
Sistem lantai akses		
Ruang kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
Ruang komputer	100 (4,79)	2000 (8,9)
Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	
Lobi	100 (4,79)	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	
Lantai podium	150 (7,18)	
Ruang pertemuan lainnya	100 (4,79)	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79)	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)

Koridor Lantai pertama Lantai lain	100 (4,79) Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain.	
Konstruksi pelat lantai finishing ringan (pada area 1 in x 1 atau 25 mm x 25mm).		200 (0,89)
Tangga permanen		
Garasi / parkir Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92) Pasal 4.10.2	Pasal 4.10.1 Pasal 4.10.2
Pegangan tangan/pagar pengaman Batangan pegangan	Pasal 4.5.1	
Gedung perkantoran Ruang arsip dan komputer (lebih berat dari hunian) Lobi dan kantor lantai satu Kantor Koridor diatas lantai satu	100 (4,79) 50 (2,4) 80 (3,83)	2000 (8,90) 2000 (8,90) 2000 (8,90)
Atap Atap datar, berhubung, melengkung Atap yang digunakan penghuni Atap untuk tempat berkumpul Atap vegetatif dan atap lanskap Atap bukan untuk hunian Atap untuk tempat berkumpul	10 (0,48) Sama dengan penggunaan yang dilayani 100 (4,70) 20 (0,96) 100 (4,79)	

Atap untuk penggunaan lain	Sama dengan penggunaan yang dilayani	
Awning dan kanopi		
Atap konstruksi fabric yang didukung struktur rangka kaku ringan	5 (0,24)	
Rangka penumpu layar penutup	5 (0,24)	200 (0,89)
Semua konstruksi lainnya	20 (0,96)	
Komponen struktur atap utama yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai tempat bekerja		2000 (8,90)
Titik panel tunggal dari kord bawah rangka batang atap		
Semua komponen struktur atap utama lainnya		300 (1,33)
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		300 (1,33)
Tangga dan jalan keluar		
Rumah tinggal untuk 1 dan 2 keluarga saja	100 (4,79)	300 (1,33)
	40 (1,92)	300 (1,33)
Gudang penyimpanan dan pekerja		
Ringan	125 (6,00)	
Berat	250 (11,97)	

Sumber : SNI 1727-2020

2.4 Metode Perhitungan Struktur

Dalam pekerjaan suatu konstruksi bangunan, diperlukan beberapa metode perhitungan. Agar hasil dari perhitungan dapat menjadi suatu acuan dan konstruksi

dapat menahan beban dengan sempurna, baik itu beban sendiri maupun pembebanan lainnya. Berikut adalah metode perhitungan struktur bangunan :

2.4.1 Perancangan Pelat

Pelat lantai merupakan elemen struktur yang umumnya difungsikan untuk mendistribusikan beban mati dan beban hidup ke struktur utama lainnya, seperti balok dan kolom. Secara umum, pelat lantai dibagi menjadi dua tipe yaitu pelat arah (*one way*) dan pelat dua arah (*two way*).

a. Pelat satu arah

Pelat satu arah (*one way*) merupakan merupakan jenis pelat yang mengalami lendutan pada satu arah sumbunya. Hal ini mengandung arti bahwa tulangan lentur yang digunakan pun hanya satu arah, sesuai arah lendutan pelat yang terjadi.

Dalam merencanakan ketebalan pelat lantai, nilai ketebalan pelat dipengaruhi beberapa faktor, antara lain : persyaratan deformasi, lentur, dan gaya geser. Persyaratan deformasi ini diberikan guna memastikan bahwa struktur pelat tidak mengalami lendutan yang berlebih saat menerima beban servis. Dikarenakan adanya fenomena deformasi tersebut, ketebalan minimum pelat lantai diatur dalam SNI 2847-2019; Tabel 7.3.1.1 ; Hal-120.

Tabel 2. 4 Ketebalan minimum pelat solid satu arah (non prategang)

Kondisi tumpuan	H minimum
Tumpuan sederhana	1/20
Satu ujung menerus	1/24
Kedua ujung menerus	1/28
Kantilever	1/10

Sumber : SNI 2847-2019

Sesuai dengan namanya (pelat satu arah), tulangan lentur yang digunakan memikul beban utama pun hanya pada satu arah. Arah yang dimaksud adalah tegak lurus dengan balok memanjang yang menjepit pelat lantai tersebut. Penggunaan tulangan lentur diatur dalam SNI 2847-2019; Tabel 7.6.1.1; Hal-123, terkait batas minimal tulangan lentur yang harus dipasang pada pelat.

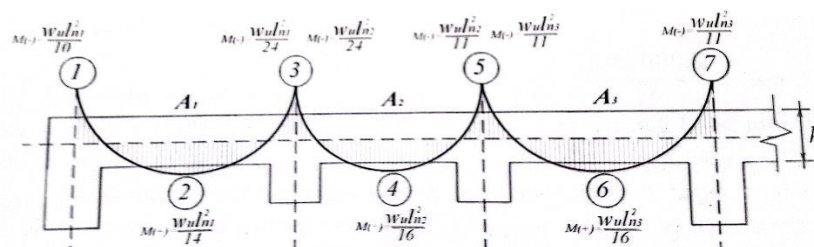
Tabel 2. 5 Nilai Luasan minimum, Asmin untuk pelat satu arah non prategang

Tipe Tulangan	Fy (Mpa)	Asmin
Batang ulir	< 420	0,002 Ag
Batang ulir atau kawat las	≥ 420	$\frac{0,0018 \times 420}{f_y} Ag$
		0,0014Ag

Sumber : SNI 2847-2019

Langkah- langkah perancangan pelat satu arah :

1. Menentukan parameter pendukung. Seperti parameter material, parameter penampang, parameter beban dan lainnya.
2. Identifikasi jenis pelat satu arah dengan cara $\frac{l_y}{l_x} > 2$ dimana l_y adalah bentang terpanjang dan l_x adalah bentang terpendek.
3. Menentukan ketebalan pelat dengan cara $h > h_{min}$ dimana h adalah tebal pelat rencana kita dan h_{min} adalah $\frac{l_x}{24}$.
4. Menentukan beban rencana dengan syarat $L < 3D$ lalu bila memenuhi syarat lanjut menentukan nilai beban rencana (W_u) dengan menggunakan kombinasi beban $W_u = 1,2 DL + 1,6 LL$.
5. Menghitung momen *ultimate* (M_u) dari elemen pelat satu arah dengan menggunakan nilai momen terfaktor (sesuai SNI 2847-2019; tabel 6.5.5; Hal-100) dan digambarkan sesuai pola momen (sesuai buku desain struktur beton bertulang; yudha lesmana; Hal- 206).

**Gambar 2. 1** Pola momen pelat satu arah

6. Mendesain tulangan lentur sesuai dengan besaran momen *ultimate* yang bekerja pada pelat tersebut dengan menggunakan rumus.

Tinggi efektif pelat

$$d = h - t_s - (Dl/2)$$

Momen nominal $\phi = 0,9$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi}$$

Rasio tulangan

$$Rn = \frac{Mn}{bdx^2} \text{ dan } \rho = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn}{0,85 f_c'}}\right)$$

$$\text{As perlu} = \rho bdx$$

b. Pelat dua arah

Pelat dua arah merupakan struktur pelat yang mengalami lendutan pada dua arah bentangnya, sehingga ulangan lentur yang diberikan harus pada dua arah tersebut yang posisinya saling tegak lurus. Dalam menentukan ketebalan minimum pelat, ada 4 hal yang perlu diperhatikan yaitu: panjang bentang bersih terpanjang, rasio panjang bentang terpanjang (L_n) dibandingkan bentang bersih terpendek, kuat leleh dari baja tulangan, dan nilai rata-rata parameter dari keempat balok perangkai.

Tabel 2. 6 Ketebalan minimum pelat dua arah dengan balok perangkai

<i>Stiffness</i> (Kekakuan)	α_{fm}	h_{min}
<i>Shallow Beam</i> (Balok Kaku ringan)	$\alpha_{fm} \leq 0,2$	Mengikuti ketentuan SNI 2847-2019 : Pasal 8.3.1.1; Hal-133, yaitu pelat tanpa balok perangkai
<i>Medium Stiff Beam</i> (Kekakuan Balok Medium)	$0,2 \leq \alpha_{fm} \leq 2,0$	$\frac{L_n (0,8 + f_y/1400)}{36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0,2)}$ 125 mm

Very Stiff Beam (Balok Sangat Kaku)	$\alpha_{fm} \geq 2,0$	$\frac{Ln(0,8 + fy/1400)}{36 + 9\beta}$
		90 mm

Sumber : SNI 2847-2019

Pelat dua arah merupakan pelat yang mengalami lendutan pada dua arah bentangnya. Hal itu sekaligus mengandung arti bahwa tulangan lentur yang harus disediakan pada pelat juga harus dipasang dua arah (sekaligus tegak lurus). Luas minimum tulangan lentur (Asmin) pada pelat dua arah diatur dalam SNI 2847-2019 ; Pasal 8.6.1 ; Tabel 8.6.1.1; Hal-145.

Tabel 2. 7 Asmin untuk pelat dua arah non prategang

Tipe Tulangan	Fy (Mpa)	Asmin
Batang ulir	< 420	0,002 Ag
Batang ulir atau kawat las	≥ 420	$\frac{0,0018 \times 420}{fy} Ag$
		0,0014Ag

Sumber : SNI 2847-2019

Langkah- langkah perancangan pelat dua arah :

1. Menentukan dimensi balok induk dan balok anak dengan menggunakan:

$$\text{Tinggi balok } (h) = \left(\frac{1}{8} - \frac{1}{15}\right)L$$

$$\text{Lebar balok } (b) = \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right)h$$

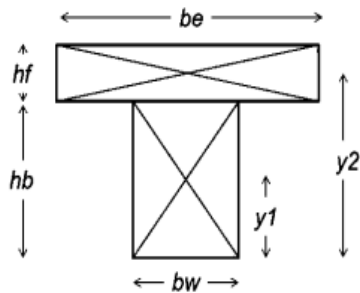
2. Cek pelat dengan menggunakan rumus dibawah dan masukkan nilai pada tabel sesuai tabel dibawah.

$$\beta = \frac{Lny}{Lnx} = \dots \leq 2,0 \text{ (Untuk pelat 2 arah)}$$

3. Tentukan ketebalan minimum pelat dengan menggunakan rumus

$$h_{min} = \frac{Ln\left(0,8 + \frac{fy}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$$

4. Pembuktian α_{fm} dengan menggunakan rumus :



$$y = \frac{A1. y1 + A2. y2}{A1 + A2}$$

$$\alpha1 = y1 - Y$$

$$\alpha2 = Y - y2$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} b. h^3 + \sum A. \alpha^2$$

$$I_{pelat} = \frac{1}{12} b. h^3$$

Tabel 2. 8 Contoh perhitungan α_{fm}

No.	A (mm ²)	y (mm)	A.y (mm ³)	α (mm)	A. α^2 (mm ⁴)	$\frac{1}{12} b. h^3$ (mm ⁴)
1.						
2.						
Jumlah						

$$\alpha_{1,2,3,4} = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}}$$

$$\alpha_{fm} = \frac{\alpha1 + \alpha2 + \alpha3 + \alpha4}{4} \geq 2$$

5. Menghitung pembebanan pelat lantai dengan kombinasi beban mati dan beban hidup.

$$W_u = 1,2 DL + 1,6 LL$$

6. Menghitung momen lapangan dan tumpuan arah x dan arah y menggunakan tabel *two way slab*.

7. Menghitung tulangan lentur pelat arah x dan arah y. Perhitungan ini menggunakan beberapa rumus antara lain :

Tinggi efektif pelat

$$d = h - t_s - (Dl/2)$$

Momen nominal $\phi = 0,9$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi}$$

Rasio tulangan

$$Rn = \frac{Mn}{bdx^2} \text{ dan } \rho = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn}{0,85 f_c'}}\right)$$

As perlu = ρbdx

2.4.2 Perancangan Balok

Balok merupakan salah satu elemen utama penyusun struktur gedung yang umumnya terpasang secara horizontal/lateral. Balok – balok terhubung dengan kolom struktur sehingga terbentuk struktur rangka yang stabil dalam memikul beban gravitasi dan beban gempa. Balok berperan dalam menyalurkan beban gravitasi yang berasal dari pelat lantai yang kemudian menyalurkannya ke dalam elemen kolom berupa gaya dan momen. Tulangan yang dihitung dalam desain balok adalah tulangan lentur, dan tulangan geser.

a. Tulangan lentur (Tunggal)

1. Menghitung nilai momen nominal M_n , dengan nilai $\phi = 0,9$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

2. Menghitung rasio minimum tulangan balok, dengan mengambil nilai terbesar dari 2 persamaan berikut :

$$\rho_{min} = \frac{0,85 \sqrt{f_c'}}{f_y} \text{ atau } \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

3. Menghitung R_n dan m

$$d = (h - t_s - D_s - \frac{1}{2} D_l)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'}$$

4. Menghitung nilai rasio tulangan

$$\rho_{min} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right)$$

5. Menghitung nilai luas tulangan Tarik yang dibutuhkan

$$A_s = \rho \times b \times d$$

6. Menghitung nilai luasan aktual

$$n = \frac{A_s \text{ teoritis}}{\frac{1}{4} \pi D^2}$$

$$S_{min} = \frac{b - (2 \times ts) - (2 \times Ds) - (n \times Dl)}{(n - 1)}$$

7. Menghitung nilai α berdasarkan tulangan aktual

$$\alpha = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

8. Menghitung nilai c (tinggi garis netral baru)

Tabel 2. 10 Penggunaan β_1

Fc' (Mpa)	β_1
$17 \leq fc' \leq 28$	0,85
$28 < fc' < 55$	0,85 - $\frac{0,05(Fc' - 28)}{7}$
$fc' \geq 55$	0,65

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1}$$

9. Cek kategori penampang

Parameter 1

$$\epsilon_t = \frac{(dt - c)}{c} \times 0,003$$

$\epsilon_t \geq 0,005$ = balok tergolong tarik

$0,002 < \epsilon_t < 0,005$ = balok tergolong transisi

$\epsilon_t < 0,002$ = balok tergolong tekan

Parameter 2

$\frac{c}{dt} \leq 0,005$ = balok tergolong tarik

$0,006 < \frac{c}{dt} < 0,375$ = balok tergolong transisi

$\frac{c}{dt} < 0,006$ balok tergolong tekan

10. Menghitung dan memeriksa kapasitas penampang dengan persamaan:

$$Mn = As \times fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi \times Mn \geq Mu$$

b. Tulangan lentur (Rangkap)

1. Asumsikan $\frac{c}{dt} < 0,375$

Pada tahap ini nilai tersebut ditentukan secara “*trial and error*” dengan syarat tidak boleh melebihi 0,375. Hal ini dilakukan agar hasil desain balok tergolong tarik.

2. Hitung nilai c dengan nilai $\frac{c}{dt}$

Dengan rumus $dt = (h - ts - Ds - \frac{1}{2} DI)$

3. Hitung nilai tinggi blok (a) tegangan *whitney*

$$a = \beta_1 \times c$$

4. Hitung nilai gaya tekan C_c

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times b \times a$$

5. Hitung nilai gaya tekan C_c

$$C_c = T_1$$

$$C_c = A_{s1} \times f_y$$

$$A_{s1} = \frac{C_c}{f_y}$$

6. Hitung nilai M_{n1}

$$M_{n1} = A_{s1} \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$M_{n1} < M_n$ = perhitungan rangkap

$M_{n1} > M_n$ = perhitungan tunggal

7. Hitung M_{n2}

$$M_n = M_{n1} + M_{n2}$$

$$M_{n2} = M_n - M_{n1}$$

8. Hitung tegangan pada tulangan tekan, f_s'

$$\epsilon'_s = 0,003 \left(\frac{c - d'}{c} \right)$$

$$f_s' = E_s \times \epsilon'_s$$

$f_s' \geq f_y$ = tulangan tekan leleh $f_s' = f_y$

$f_s' < f_y$ = tulangan tekan tidak leleh $f_s' = E_s \times \epsilon'_s$

9. Hitung nilai A's

$$A's = As2 = \frac{Mn2}{f's \times (d-d')}$$

10. Nilai luasan teoritis As dan A's

$$As = As1 + As2$$

$$A's = As2$$

11. Hitung luas tulangan aktual

$$ntarik = \frac{As \text{ teoritis}}{\frac{1}{4} \pi D^2}$$

$$ntekan = \frac{A's \text{ teoritis}}{\frac{1}{4} \pi D^2}$$

Pada tahap ini perlu diperiksa bila tulangan dipasang lebih dari 1 lapis. Sehingga perlu dihitung tinggi efektif balok yang baru (d),.

12. Hitung nilai tinggi blok tegangan *whitney* (a) yang baru

$$T = Cc + Cs$$

$$As \times fy = 0,85 \times fc' \times b \times a + A's \times fs'$$

$$a = \frac{[(As \times fy) - (A's \times f's)]}{0,85 \times fc' \times b}$$

13. Hitung nilai tinggi garis netral (c) dan kategori penampang

$$\epsilon t = \frac{(dt - c)}{c} \times 0,003$$

14. Hitung kuat nominal dan cek kapasitas balok

$$Mn = [(As \cdot fy) - (A's \cdot f's)] \left(d - \frac{a}{2} \right) + (A's \cdot f's)(d - d')$$

$$\phi \times Mn > Mu$$

c. Tulangan Geser

1. Tentukan gaya geser ultimit (V_u) yang diperoleh dari hasil analisa struktur.
2. Hitung nilai kuat beton V_c dengan menggunakan rumus :

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{fc'} bw \times d$$

3. Periksa syarat kemampuan penampang dalam menerima beban geser.

$$V_u \leq \frac{1}{2} \phi V_c \text{ tidak dibutuhkan tulangan geser.}$$

$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$ dibutuhkan tulangan geser minimum. Dapat dipasang tulangan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum yang ditentukan pada langkah 7.

$V_u > \phi V_c$ tulangan geser harus disediakan di langkah 4 sampai 8.

4. Jika $V_u > \phi V_c$ hitung gaya geser yang harus dipikul

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s \quad \text{atau} \quad V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

5. Hitung nilai V_{c1} dan V_{c2}

$$V_{c1} = 0,33\sqrt{f_c'} bw x d \quad V_{c2} = 0,66\sqrt{f_c'} bw x d$$

6. Hitung jarak tulangan sengkang

$$s_1 = \frac{A_v f_{yt} d}{V_s}$$

7. Menentukan jarak maksimum tulangan sengkang

$$s_2 = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm}, \text{ jika } V_s \leq V_{c1}$$

$$s_2 = \frac{d}{4} \leq 300 \text{ mm}, \text{ jika jika jika } V_{c1} < V_s \leq V_{c2}$$

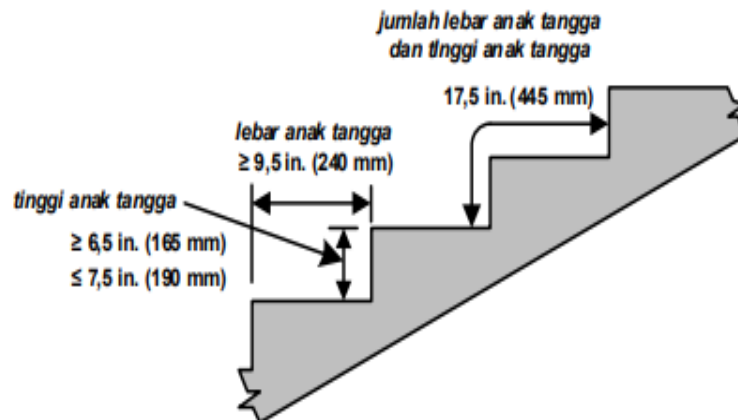
$$s_3 = \frac{A_v f_{yt}}{0,35 bw}$$

$$s_4 = 600 \text{ mm}$$

8. Apabila nilai s_1 yang dihitung dalam langkah 6 lebih kecil dari s_{maks} maka gunakan jarak sengkang vertikal = s_1 dan jika $s_1 > s_{maks}$ maka gunakan s_{maks} sebagai jarak antar tulangan sengkang.

2.4.3 Perancangan Tangga

Tangga adalah salah satu bagian konstruksi gedung yang menjadi penghubung dua tingkat vertikal yang memiliki jarak antar satu sama lain.



Gambar 2. 2 Ukuran tangga minimum dan maksimum

Persyaratan tangga menurut SNI 8900-2020 : Hal-181

1. Tinggi anak tangga maksimum adalah 7,5 in. (190 mm).
2. Tinggi anak tangga minimum adalah 6,5 in. (165 mm).
3. Lebar anak tangga minimum, tidak termasuk nosing adalah 9,5 in. (240 mm).
4. Rekomendasi yang dapat digunakan untuk anak tangga tanpa nosing, jumlah panjang tinggi anak tangga dan lebar anak tangga adalah 17,5 in (445 mm), tetapi tinggi anak tangga tidak boleh kurang dari 6,5 in. (165 mm) ataupun lebih dari 7,5 in.(190 mm).
5. Jumlah anak tangga ditentukan oleh lebar slab tangga , jumlah perkiraan penghuni tiap lantai, dan dimensi luas lantai. Jumlah anak tangga harus ditentukan sesuai dengan peraturan dibawah ini :
 - Jarak dari titik terjauh pada suatu lantai ke tangga atau akses terdekat tidak boleh melebihi 100 ft (30 m).
 - Panjang koridor pada suatu area tertentu tidak boleh melebihi 130 ft (40 m)
 - Lebar gabungan untuk semua tangga pada tiap lantai harus mengakomodasi jumlah orang yang menempati luasan lantai terbesar yang dilayani oleh tangga diatas luasan lantai yang ditinjau dengan dasar perhitungan satu orang

menempati 2 ft (0,6 m) lebar tangga dan 1,5 anak tangga, dan satu orang menempati $3 \text{ ft}^2 = 0,3 \text{ m}^2$ area lantai pada bordes lantai dan ruang pertemuan yang dilayani oleh tangga.

Adapun langkah –langkah dalam perancangan tangga sebagai berikut.

a. Penulangan Pelat Tangga

1. Rencanakan opride tangga dengan ketentuan opride (16,5 cm – 19 cm).
2. Menghitung jumlah opride dengan rumus:

$$\text{Jumlah opride} = \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{Jumlah opride}}$$

3. Menghitung ukuran antride dengan persyaratan

$$2 \text{ opride} + 1 \text{ antride} = 57 \text{ cm} - 65 \text{ cm}$$

4. Menghitung kemiringan tangga dengan menggunakan rumus :

$$\text{arc tan } \alpha = \frac{\text{oprside}}{\text{antride}} < 45^\circ$$

5. Menghitung beban mati dan beban hidup dari pembebanan tangga dan bordes.
6. Menentukan momen ultimate tumpuan dan lapangan dengan pengaplikasian ETABS.
7. Menghitung tulangan tumpuan, dan lapangan

$$d = (h - ts - \frac{1}{2} Dl)$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 fc'}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right)$$

Jika $\rho_{perlu} > \rho_{min}$, maka digunakan ρ_{min}

Jika $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka digunakan ρ_{hitung}

8. Menghitung Asperlu dan Asmin yang dibutuhkan

$$Asperlu = \rho \times b \times d$$

$$Amin = \rho \times b \times h$$

Jika $Asperlu > Amin$, maka digunakan ρ_{min}

Jika $Asperlu < Asmin$, maka digunakan phitung

9. Menghitung jarak tulangan

$$S = \frac{1000 \times Ab}{Astulangan}$$

10. Merencanakan tulangan pembagi dengan menentukan diameter tulangan terlebih dahulu dan gunakan rumus.

$$As = \rho_{min} \times b \times d$$

$$S = \frac{1000 \times Ab}{Astulangan}$$

b. Penulangan Pelat Bordes

1. Menghitung beban mati dan beban hidup dari pembebanan tangga dan bordes.
2. Menentukan momen ultimate tumpuan dan lapangan dengan pengaplikasian ETABS.
3. Menghitung tulangan tumpuan, dan lapangan

$$d = (h - ts - \frac{1}{2} Dl)$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 fc'}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right)$$

Jika $\rho_{perlu} > \rho_{min}$, maka digunakan ρ_{min}

Jika $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka digunakan phitung

4. Menghitung $Asperlu$ dan $Asmin$ yang dibutuhkan

$$Asperlu = \rho \times b \times d$$

$$Asmin = \rho \times b \times h$$

Jika $Asperlu > Asmin$, maka digunakan ρ_{min}

Jika $Asperlu < Asmin$, maka digunakan phitung

5. Menghitung jumlah tulangan dengan menggunakan rumus

$$n = \frac{As_{pakai}}{Ab_{tulangan}}$$

6. Cek spasi tulangan

$$Cek\ spasi\ tulangan = \frac{b - 2ts - 2Ds - 2Dl}{n} > 25\ mm$$

7. Cek momen yang dapat ditahan penampang

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$\phi Mn = \phi \times As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi Mn > Mu$$

c. Penulangan balok bordes

1. Menghitung nilai momen nominal Mn, dengan nilai $\phi = 0,9$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi}$$

2. Menghitung rasio minimum tulangan balok, dengan mengambil nilai terbesar dari 2 persamaan berikut :

$$\rho_{min} = \frac{0,85 \sqrt{fc'}}{fy} \text{ atau } \rho_{min} = \frac{1,4}{fy}$$

3. Menghitung Rn dan m

$$d = \left(h - ts - Ds - \frac{1}{2}Dl\right)$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 fc'}$$

4. Menghitung nilai rasio tulangan

$$\rho_{min} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}}\right)$$

5. Menghitung nilai luas tulangan Tarik yang dibutuhkan

$$As = \rho \times b \times d$$

6. Menghitung nilai luasan aktual

$$n = \frac{As \text{ teoritis}}{\frac{1}{4}\pi D^2}$$

$$S_{min} = \frac{b - (2 \times ts) - (2 \times D_s) - (n \times D_l)}{(n - 1)}$$

7. Menghitung nilai α berdasarkan tulangan aktual

$$\alpha = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c' \times b}$$

8. Menghitung nilai c (tinggi garis netral baru)

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1}$$

9. Cek kategori penampang

Parameter 1

$$\epsilon_t = \frac{(d_t - c)}{c} \times 0,003$$

$\epsilon_t \geq 0,005$ = balok tergolong tarik

$0,002 < \epsilon_t < 0,005$ = balok tergolong transisi

$\epsilon_t < 0,002$ = balok tergolong tekan

Parameter 2

$$\frac{c}{d_t} \leq 0,005 = \text{balok tergolong tarik}$$

$$0,006 < \frac{c}{d_t} < 0,375 = \text{balok tergolong transisi}$$

$$\frac{c}{d_t} < 0,006 = \text{balok tergolong tekan}$$

10. Menghitung dan memeriksa kapasitas penampang dengan persamaan:

$$M_n = As \times fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi \times M_n \geq M_u$$

d. Tulangan Geser

1. Tentukan gaya geser ultimit (V_u) yang diperoleh dari hasil analisa struktur.
2. Hitung nilai kuat beton V_c dengan menggunakan rumus :

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'c'} bw \times d$$

3. Periksa syarat kemampuan penampang dalam menerima beban geser.

$V_u \leq \frac{1}{2} \phi V_c$ tidak dibutuhkan tulangan geser.

$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$ dibutuhkan tulangan geser minimum. Dapat dipasang tulangan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum yang ditentukan pada langkah 7.

$V_u > \phi V_c$ tulangan geser harus disediakan di langkah 4 sampai 8.

4. Jika $V_u > \phi V_c$ hitung gaya geser yang harus dipikul

5. $V_u = \phi V_c + \phi V_s$ atau $V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$

6. Hitung nilai V_{c1} dan V_{c2}

$$V_{c1} = 0,33\sqrt{f'c'} bw x d \quad V_{c2} = 0,66\sqrt{f'c'} bw x d$$

7. Hitung jarak tulangan sengkang

$$s_1 = \frac{A_v f_{yt} d}{V_s}$$

8. Menentukan jarak maksimum tulangan sengkang

$$s_2 = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm}, \text{ jika } V_s \leq V_{c1}$$

$$s_2 = \frac{d}{4} \leq 300 \text{ mm}, \text{ jika jika } V_{c1} < V_s \leq V_{c2}$$

$$s_3 = \frac{A_v f_{yt}}{0,35 bw}$$

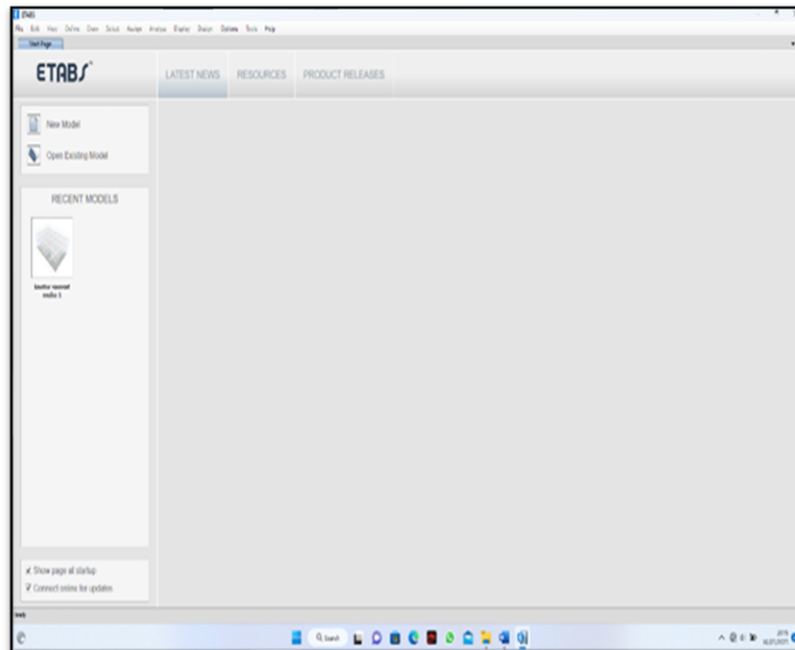
$$s_4 = 600 \text{ mm}$$

Apabila nilai s_1 yang dihitung dalam langkah 6 lebih kecil dari s_{maks} maka gunakan jarak sengkang vertikal = s_1 dan jika $s_1 > s_{maks}$ maka gunakan s_{maks} sebagai jarak antar tulangan sengkang.

2.4.4 Perancangan Portal

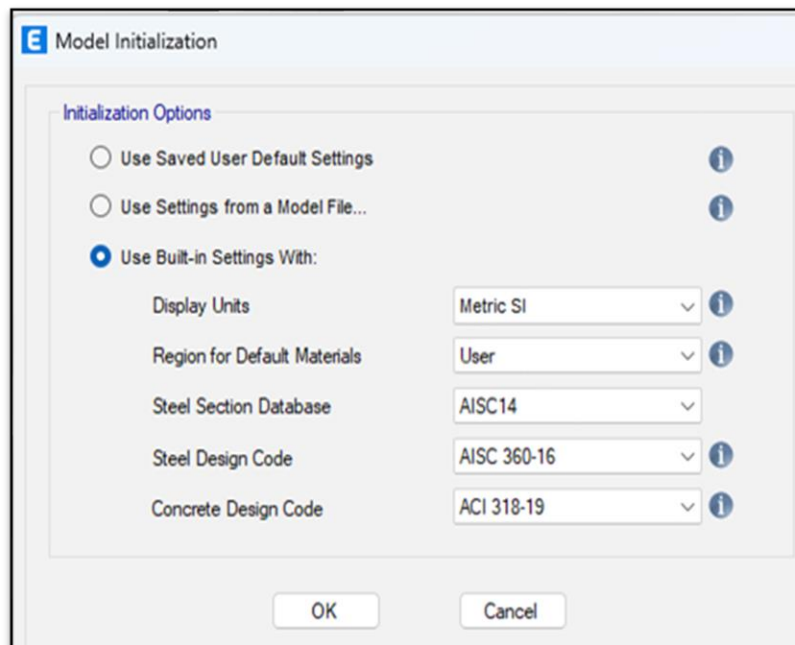
Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian – bagian struktur yang saling berhubungan yang berfungsi menahan beban sebagai suatu kesatuan lengkap yang berdiri sendiri dengan atau tanpa dibantu oleh diafragma – diafragma horizontal atau sistem – sistem lantai. Adapun Langkah langkah perencanaan portal menggunakan aplikasi Etabs 20 sebagai berikut :

1. Buka aplikasi etabs 20 lalu klik new model.



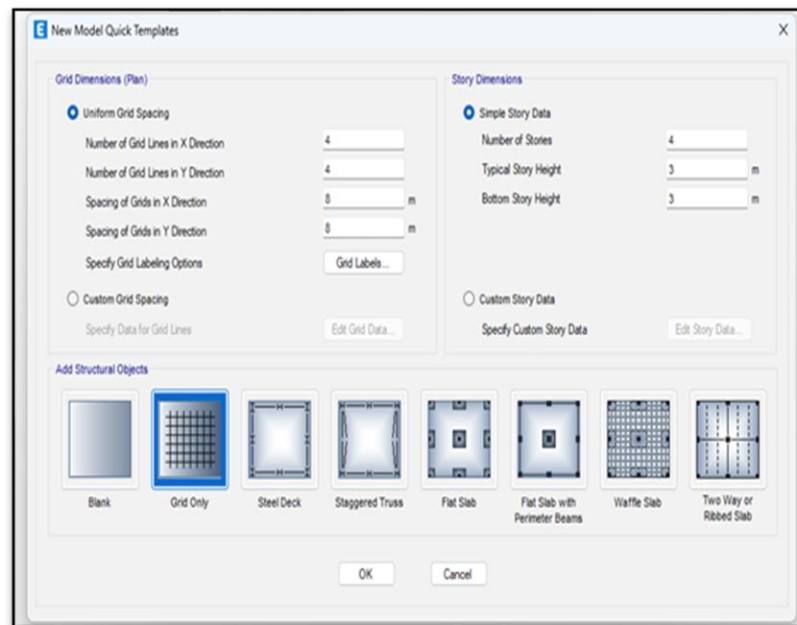
Gambar 2. 3 Membuat model baru

2. Setelah itu akan muncul model initialization lalu di isi sesuai peraturan yang di gunakan dan klik ok.



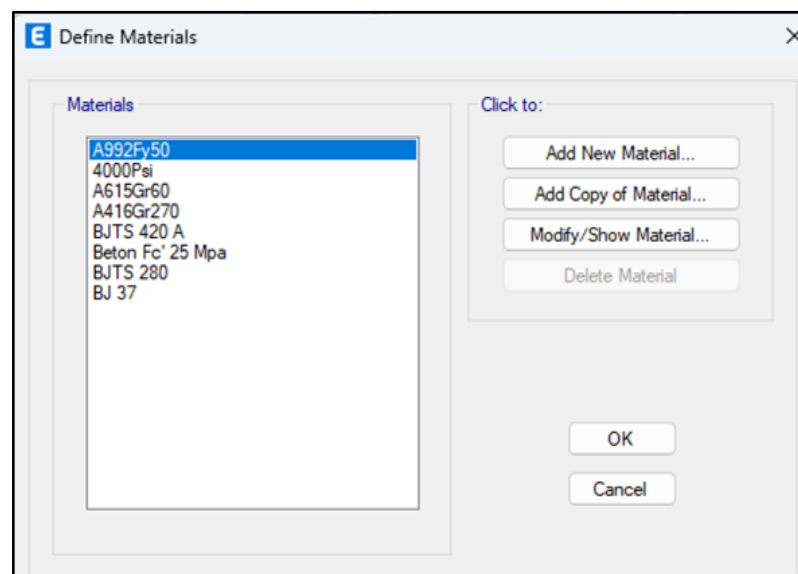
Gambar 2. 4 Mengisi ketentuan model

3. Lalu akan muncul new model quick templates dan isi grid sesuai dengan denah yang kita bikin. dan klik grid only dan ok.



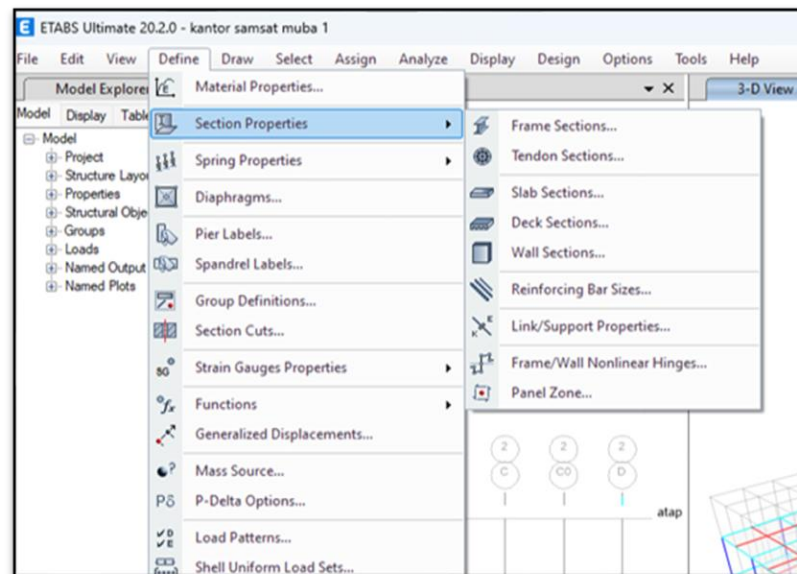
Gambar 2. 5 Mengisi grid sesuai denah

4. Lalu klik define, lalu pilih material properties dan akan muncul define material, lalu pilih add new material dan isi material sesuai yang kita butuhkan, dan klik ok.



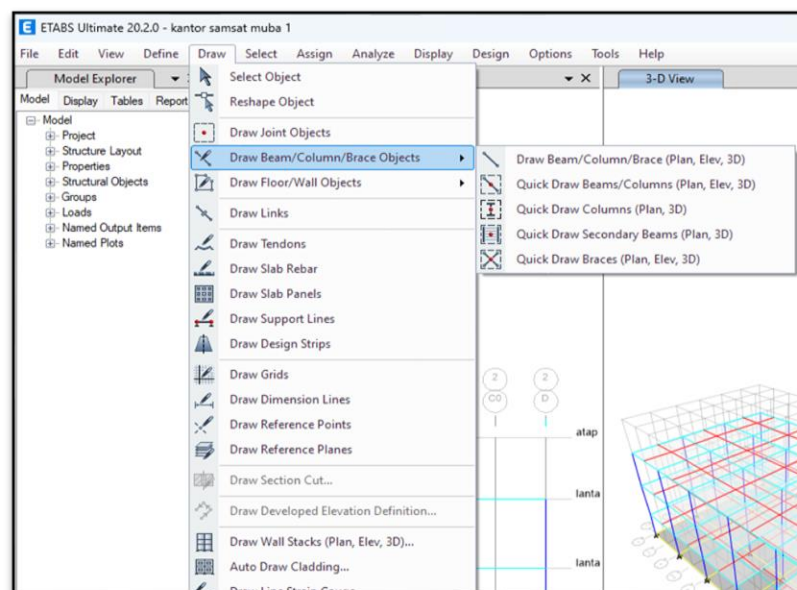
Gambar 2. 6 Menambahkan material sesuai yang dibutuhkan

5. Setelah itu klik define dan pilih sections properties lalu pilih frame sections atau slab section dan isi sesuai apa yang kita butuh kan.



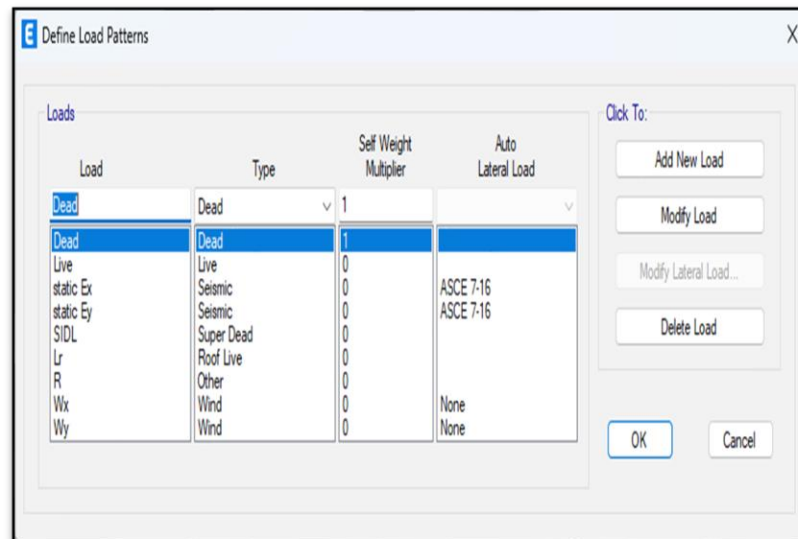
Gambar 2. 7 Define and sections properties

6. Setelah itu klik draw untuk membuat permodelan portal dan pilih *draw beam/column* (untuk membuat balok dan kolom) dan pilih *draw floor/wall objects* (untuk membuat pelat lantai).



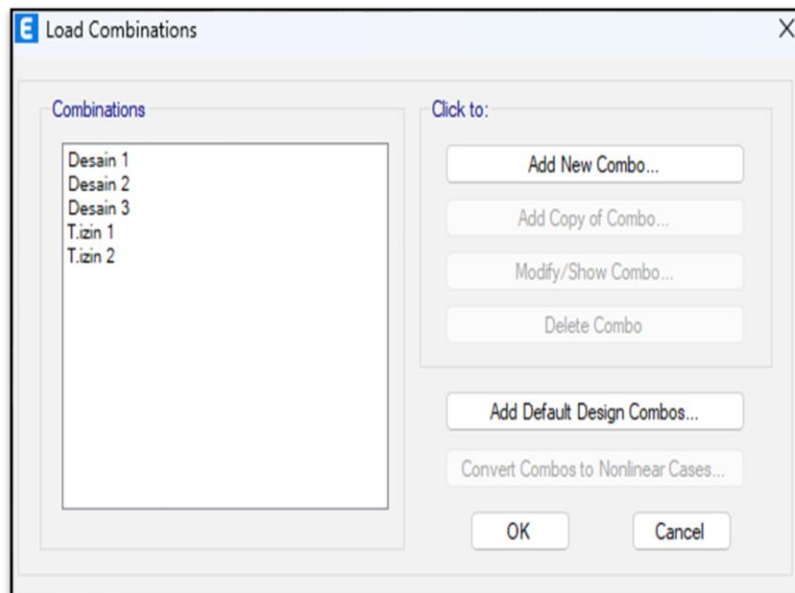
Gambar 2. 8 Membuat permodelan portal

7. Selanjutnya klik define dan pilih load patterns dan akan muncul define load patterns dan masukan beban beban yang di butuhkan.



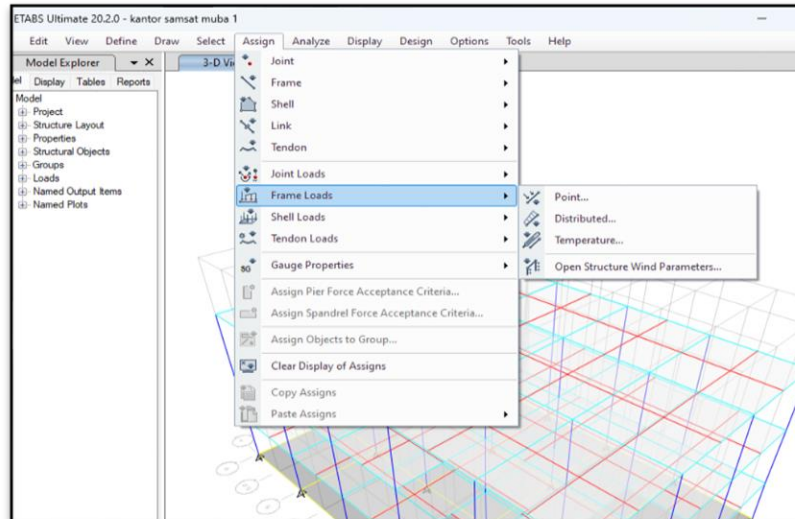
Gambar 2. 9 Pemasukkan beban yang dibutuhkan

8. Setelah itu klik define dan pilih load combinations dan masukan kombinasi beban yang kita butuhkan sesuai dengan SNI yang berlaku.



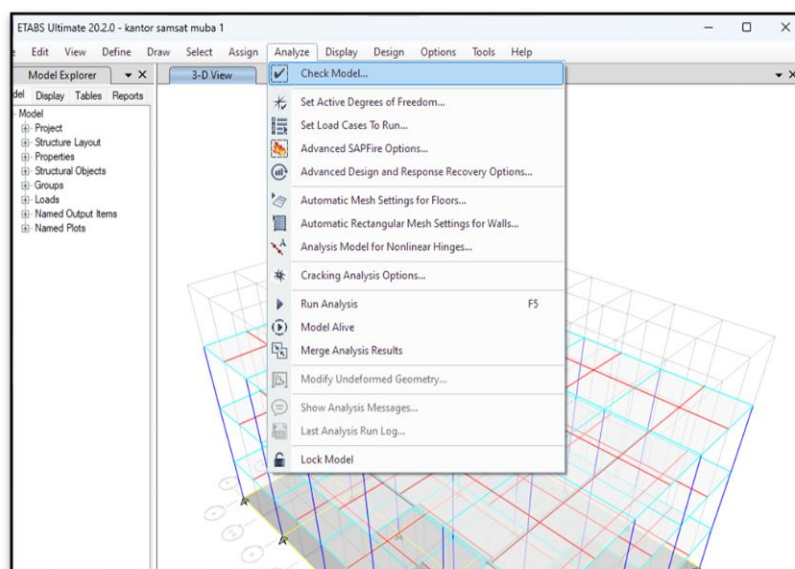
Gambar 2. 10 Pemasukkan kombinasi beban

9. Setelah itu klik assign untuk menambahkan beban-beban yang bekerja pada portal tersebut. Pilih frame loades untuk menambahkan beban pada balok dan pilih shell loades untuk menambahkan beban yang bekerja pada pelat



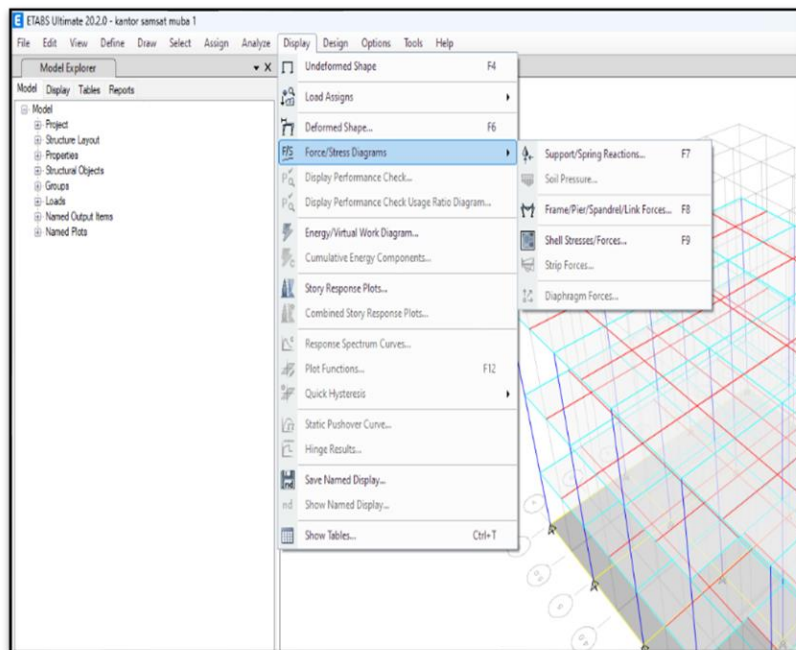
Gambar 2. 11 Menambahkan beban-beban yang bekerja pada portal

10. Lalu klik analyze untuk menganalisa model apakah ada yang salah dan klik run analysis untuk menganalisa gaya dalam yang bekerja.



Gambar 2. 12 Menganalisa model portal

11. Setelah itu klik display dan pilih force/stress diagrams untuk mendapatkan nilai momen dan geser.



Gambar 2. 13 Display and stress diagram

2.4.5 Perancangan Kolom

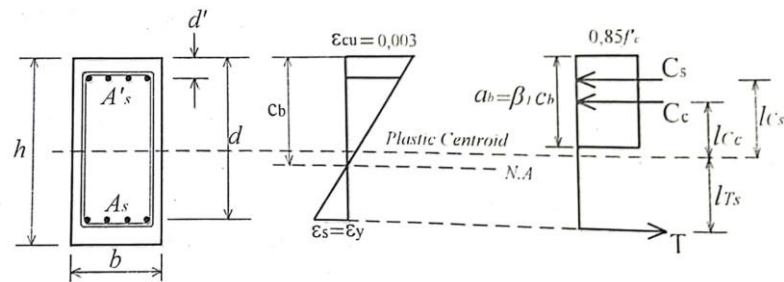
Kolom merupakan elemen struktur utama yang memikul beban kombinasi aksial tekan dan momen lentur. Kolom juga merupakan elemen struktur utama yang berperan paling penting dalam memikul beban lateral pada struktur gedung.

Kolom terbagi menjadi 3 kondisi yaitu, kondisi seimbang (*compression control limit*), kondisi tekan (*compression controlled*), dan kondisi tarik (*tension controlled*).

- Kondisi seimbang (*compression control limit*)

Kondisi seimbang terjadi pada penampang kolom, ketika beban bekerja pada penampang yang akan menghasilkan regangan sebesar 0,003 pada serat tekan beton, dan pada saat yang bersamaan tulangan baja mengalami luluh, atau regangannya mencapai $\epsilon_y = f_y/E_s$.

Garis netral penampang dalam keadaan seimbang $Cb = \frac{600}{(600+f_y)} d$



Gambar 2. 14 Kolom dalam kondisi seimbang

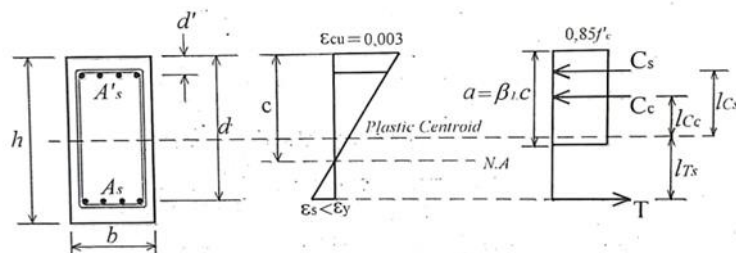
- Kondisi tekan (*compression controlled*)

Apabila gaya tekan P_n melebihi gaya tekan dalam kondisi seimbang atau apabila eksentrisitas $e = M_n/P_n$, lebih kecil daripada eksentrisitas pada kondisi seimbang, Maka penampang kolom akan mengalami keruntukan tekan.

Pada kondisi ini, nilai regangan tulangan adalah

$$\epsilon_s = \left(\frac{d - c}{c} \right) \times \epsilon_{cu}$$

Nilai $\epsilon_s < \epsilon_y$ Hal ini menandakan tulangan tidak leleh dan mengalami kondisi tekan.



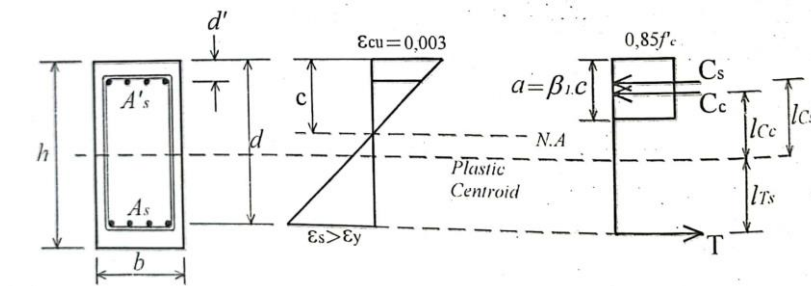
Gambar 2. 15 Kolom dalam kondisi tekan

- Kondisi tarik (*tension controlled*)

Apabila penampang kolom diberi beban tekan eksentrisitas dengan eksentrisitas yang besar, maka akan terjadi keruntuhan tarik. Pada kondisi ini, nilai regangan tulangan adalah:

$$\epsilon_s = \left(\frac{d - c}{c} \right) \times \epsilon_{cu}$$

Nilai $\epsilon_s > \epsilon_y$ Hal ini menandakan tulangan leleh dan mengalami kondisi tarik.



Gambar 2. 16 Kolom dalam kondisi tarik

Adapun langkah-langkah dalam perancangan kolom yaitu :

1. Menghitung parameter pendukung

Tinggi efektif kolom (d)

$$d = 0,8 h$$

Luasan tulangan Astotal

$$A_s \text{ total} = n \times \frac{1}{4} \pi D^2$$

Regangan leleh tulangan baja

$$\epsilon_s = \frac{f_y}{E_s}$$

2. Analisa kolom dalam kondisi aksial tekan sentris

Rasio tulangan

$$\rho = \frac{A_{stotal}}{b \cdot h}$$

Kapasitas nominal tekan (Pn)

$$P_n = P_0 = A_g [0,85 f_c' + \rho g (f_y - 0,85 f_c')]]$$

Kapasitas ultimate tekan (Pu)

$$P_u = \phi \times P_n$$

Untuk keperluan dwesian, beban nominak aksial tekan dibatasi 80% dari P0. Hal ini sesuai dengan SNI 2847 -2019; Tabel 22.4.2.1 ; Hal-481.

$$P_n \text{ desain} = 0,8 \times P_0$$

3. Hitung garis netral penampang (cb) dalam kondisi seimbang, jika $c < c_b$ maka kolom dalam kondisi tarik dan jika $c > c_b$ maka kolom dalam kondisi tekan.
4. Hitung tegangan-regangan tulangan tarik

$$\epsilon_s = \left(\frac{d - c}{c} \right) \times \epsilon_{cu}$$

5. Hitung tegangan-regangan tulangan tekan

$$\varepsilon's = \left(\frac{c - d'}{c} \right) \times \varepsilon_{cu}$$

6. Hitung kapasitas aksial tekan nominal

$$P_n = C_c + C_s - T$$

$$P_n = (0,85 f'c' b (\beta_1 c)) + (A's(f's - 0,85 f'c')) - A_s \times f_y$$

7. Hitung kapasitas nominal

$$M_n = M_{n-cs} + M_{n-cc} + M_{n-T}$$

$$M_n = C_s \left(\frac{h}{2} - d' \right) + C_c \left(\frac{h - a}{2} \right) + T \left(\frac{h}{2} - d' \right)$$

8. Cek kapasitas aksial dan kapasitas nominal apakah lebih besar dari P_u dan M_u

$$\phi \times P_n > P_u \text{ (Aman)}$$

$$\phi \times M_n > M_u \text{ (Aman)}$$

Tulangan Geser

1. Tentukan gaya geser ultimit (V_u) yang diperoleh dari hasil analisa struktur.
2. Hitung nilai kuat beton V_c dengan menggunakan rumus :

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'c'} b_w \times d$$

3. Periksa syarat kemampuan penampang dalam menerima beban geser.

$$V_u \leq \frac{1}{2} \phi V_c \text{ tidak dibutuhkan tulangan geser.}$$

$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$ dibutuhkan tulangan geser minimum. Dapat dipasang tulangan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum yang ditentukan pada langkah 7.

$V_u > \phi V_c$ tulangan geser harus disediakan di langkah 4 sampai 8.

Jika $V_u > \phi V_c$ hitung gaya geser yang harus dipikul

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s \quad \text{atau} \quad V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

4. Hitung nilai V_{c1} dan V_{c2}

$$V_{c1} = 0,33 \sqrt{f'c'} b_w \times d \quad V_{c2} = 0,66 \sqrt{f'c'} b_w \times d$$

5. Hitung jarak tulangan sengkang

$$s1 = \frac{Av fyt d}{Vs}$$

6. Menentukan jarak maksimum tulangan sengkang

$$s2 = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm, jika } Vs \leq Vc1$$

$$s2 = \frac{d}{4} \leq 300 \text{ mm, jika jika jika } Vc1 < Vs \leq Vc2$$

$$s3 = \frac{Av fyt}{0,35 bw}$$

$$s4 = 600 \text{ mm}$$

Apabila nilai $s1$ yang dihitung dalam langkah 6 lebih kecil dari $smax$ maka gunakan jarak sengkang vertikal = $s1$ dan jika $s1 > smax$ maka gunakan $smax$ sebagai jarak antar tulangan sengkang.

2.4.6 Perancangan Sloof

Sloof adalah struktur dari bangunan yang berada di atas pondasi yang berfungsi sebagai pemerata beban pondasi. Adapun langkah-langkah dalam perancangan sloof yaitu:

a. Tulangan lentur (Tunggal)

1. Menghitung nilai momen nominal Mn , dengan nilai $\phi = 0,9$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi}$$

2. Menghitung rasio minimum tulangan balok, dengan mengambil nilai terbesar dari 2 persamaan berikut :

$$\rho_{min} = \frac{0,85 \sqrt{fc'}}{fy} \text{ atau } \rho_{min} = \frac{1,4}{fy}$$

3. Menghitung Rn dan m

$$d = (h - ts - Ds - \frac{1}{2} Dl)$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 fc'}$$

4. Menghitung nilai rasio tulangan

$$\rho_{\min} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right)$$

5. Menghitung nilai luas tulangan Tarik yang dibutuhkan

$$As = \rho \times b \times d$$

6. Menghitung nilai luasan aktual

$$n = \frac{As_{teoritis}}{\frac{1}{4} \pi D^2}$$

$$S_{min} = \frac{b - (2 \times ts) - (2 \times Ds) - (n \times Dl)}{(n - 1)}$$

7. Menghitung nilai α berdasarkan tulangan aktual

$$\alpha = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

8. Menghitung nilai c (tinggi garis netral baru)

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1}$$

9. Cek kategori penampang

Parameter 1

$$\epsilon_t = \frac{(dt - c)}{c} \times 0,003$$

$\epsilon_t \geq 0,005$ = balok tergolong tarik

$0,002 < \epsilon_t < 0,005$ = balok tergolong transisi

$\epsilon_t < 0,002$ = balok tergolong tekan

Parameter 2

$\frac{c}{dt} \leq 0,005$ = balok tergolong tarik

$0,006 < \frac{c}{dt} < 0,375$ = balok tergolong transisi

$\frac{c}{dt} < 0,006$ balok tergolong tekan

10. Menghitung dan memeriksa kapasitas penampang dengan persamaan:

$$Mn = As \times fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi \times Mn \geq Mu$$

b. Tulangan lentur (Rangkap)

1. Asumsikan $\frac{c}{dt} < 0,375$

Pada tahap ini nilai tersebut ditentukan secara “*trial and error*” dengan syarat tidak boleh melebihi 0,375. Hal ini dilakukan agar hasil desain balok tergolong tarik.

2. Hitung nilai c dengan nilai $\frac{c}{dt}$

Dengan rumus $dt = (h - ts - Ds - \frac{1}{2} DI)$

3. Hitung nilai tinggi blok (a) tegangan *whitney*

$$a = \beta_1 \times c$$

4. Hitung nilai gaya tekan C_c

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times b \times a$$

5. Hitung nilai gaya tekan C_c

$$C_c = T_1$$

$$C_c = A_s1 \times f_y$$

$$A_s1 = \frac{C_c}{f_y}$$

6. Hitung nilai M_{n1}

$$M_{n1} = A_s1 \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$M_{n1} < M_n$ = perhitungan rangkap

$M_{n1} > M_n$ = perhitungan tunggal

7. Hitung M_{n2}

$$M_n = M_{n1} + M_{n2}$$

$$M_{n2} = M_n - M_{n1}$$

8. Hitung tegangan pada tulangan tekan, f_s'

$$\varepsilon'_s = 0,003 \left(\frac{c - d'}{c} \right)$$

$$f'_s = E_s \times \varepsilon'_s$$

$f'_s \geq f_y$ = tulangan tekan leleh $f'_s = f_y$

$f'_s < f_y$ = tulangan tekan tidak leleh $f'_s = E_s \times \varepsilon'_s$

9. Hitung nilai A's

$$A's = As2 = \frac{Mn2}{f'sx(d-d')}$$

10. Nilai luasan teoritis As dan A's

$$As = As1 + As2$$

$$A's = As2$$

11. Hitung luas tulangan aktual

$$ntarik = \frac{As\ teoritis}{\frac{1}{4}\pi D^2}$$

$$ntekan = \frac{A's\ teoritis}{\frac{1}{4}\pi D^2}$$

Pada tahap ini perlu diperiksa bila tulangan dipasang lebih dari 1 lapis. Sehingga perlu dihitung tinggi efektif balok yang baru (d),.

12. Hitung nilai tinggi blok tegangan *whitney* (a) yang baru

$$T = Cc + Cs$$

$$As \times fy = 0,85 \times fc' \times b \times a + A's \times fs'$$

$$a = \frac{[(As \times fy) - (A's \times fs')]}{0,85 \times fc' \times b}$$

13. Hitung nilai tinggi garis netral (c) dan kategorii penampang

$$\epsilon_t = \frac{(dt - c)}{c} \times 0,003$$

14. Hitung kuat nominal dan cek kapasitas balok

$$Mn = [(As \cdot fy) - (A's \cdot f's)] \left(d - \frac{a}{2} \right) + (A's \cdot f's)(d - d')$$

$$\emptyset \times Mn > Mu$$

c. Tulangan Geser

1. Tentukan gaya geser ultimit (Vu) yang diperoleh dari hasil analisa struktur.

2. Hitung nilai kuat beton Vc dengan menggunakan rumus :

$$Vc = 0,17 \lambda \sqrt{fc'} bw \times d$$

3. Periksa syarat kemampuan penampang dalam menerima beban geser.

$$Vu \leq \frac{1}{2} \emptyset Vc \text{ tidak dibutuhkan tulangan geser.}$$

$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$ dibutuhkan tulangan geser minimum. Dapat dipasang tulangan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum yang ditentukan pada langkah 7.

$V_u > \phi V_c$ tulangan geser harus disediakan di langkah 4 sampai 8.

Jika $V_u > \phi V_c$ hitung gaya geser yang harus dipikul

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s \quad \text{atau} \quad V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

4. Hitung nilai V_{c1} dan V_{c2}

$$V_{c1} = 0,33\sqrt{f'c'} bw x d \quad V_{c2} = 0,66\sqrt{f'c'} bw x d$$

5. Hitung jarak tulangan sengkang

$$s_1 = \frac{A_v f_y t d}{V_s}$$

6. Menentukan jarak maksimum tulangan sengkang

$$s_2 = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm}, \text{ jika } V_s \leq V_{c1}$$

$$s_2 = \frac{d}{4} \leq 300 \text{ mm}, \text{ jika jika jika } V_{c1} < V_s \leq V_{c2}$$

$$s_3 = \frac{A_v f_y t}{0,35 bw}$$

$$s_4 = 600 \text{ mm}$$

Apabila nilai s_1 yang dihitung dalam langkah 6 lebih kecil dari s_{maks} maka gunakan jarak sengkang vertikal = s_1 dan jika $s_1 > s_{maks}$ maka gunakan s_{maks} sebagai jarak antar tulangan sengkang.

2.4.7 Perancangan Pondasi

Pondasi adalah struktur yang berfungsi menyalurkan beban dari struktur atas ke dalam tanah sehingga bangunan bisa tetap berdiri dan stabil. Secara umum, pondasi yang digunakan dalam struktur gedung dibagi menjadi 2 macam, yaitu : pondasi dangkal dan pondasi dalam. Hal yang dipertimbangkan dalam menentukan jenis pondasi yaitu

- Keadaan tanah pondasi
- Jenis konstruksi bangunan
- Kondisi bangunan di sekitar pondasi

- Waktu dan biaya pengerjaan
Pemilihan pondasi yang didasarkan pada daya dukung tanah perlu diperhatikan beberapa hal sebagai berikut:
- Bila tanah keras terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter dibawah permukaan tanah, maka pondasi yang dipilih sebaiknya jenis pondasi yang dipilih adalah pondasi dangkal.
- Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 10 meter atau lebih dibawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang *minipile* dan pondasi *borepile*.
- Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 20 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah tiang pancang.

Pada pembangunan UPTB Pendapatan Daerah Wilayah Banyuasin I ini menggunakan pondasi dalam yaitu tiang pancang dengan material beton. Adapun langkah-langkah dalam perancangan pondasi tiang pancang sebagai berikut :

1. Menentukan daya dukung ijin tanah melalui perhitungan dengan berdasarkan data-data yang ada.

- Berdasarkan kekuatan bahan

$$Q_{tiang} = 0,3 \cdot f_c' \cdot A_{tiang}$$

- Berdasarkan kekuatan tanah

$$Q_{ijin} = \frac{NK \cdot A_b}{F_b} + \left(0,3 \cdot \frac{JHP \cdot O}{F_s} \right)$$

NK = Nilai konus

JHP = Jumlah hambatan pekat

Ab = Luas tiang

O = Keliling tiang

Fb = Faktor keamanan daya dukung ujung = 3

Fs = Faktor kemananan daya dukung gesek = 5

0,3 = Koefisien *pancang* berdasarkan *skempton*

2. Menentukan jumlah pondasi pancang

$$n = \frac{P_{total}}{Q}$$

3. Menentukan jarak antar pancang

Apabila setelah dilakukan perhitungan jumlah pondasi pancang, langkah perencanaan selanjutnya adalah menentukan jarak antara masing-masing tiang pancang dan jarak antar tiang ke tepi pilecap.

$$2,5D \leq S \leq 4D$$

$$1,5D \leq S_1 \leq 2D$$

Dimana :

S = jarak antara pancang

S₁ = jarak antar tiang ke tepi pilecap

d = ukuran pile (tiang)

4. Menentukan efisiensi kelompok tiang

Menentukan efisiensi kelompok tiang dilakukan setelah mengetahui hasil perhitungan jumlah tiang. Perhitungan efisiensi kelompok tiang ini dilakukan apabila telah didapatkan hasil perhitungan jumlah tiang yang lebih dari satu tiang. Nilai efisiensi pondasi (Eq) dapat ditentukan dengan rumus berikut ini.

$$Eq = 1 - \frac{\theta}{90} \left(\frac{(m-1)n + (n-1)m}{mn} \right)$$

Atau

$$Eq = \text{arc. tan} \frac{d}{S}$$

Dimana :

d = ukuran pile (tiang)

S = jarak antara pile

5. Tulangan Geser

- Analisa kondisi 2 arah

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} b_0 d$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c'} b_0 d$$

$$V_c = 0,083 \left(2 + \frac{\alpha s d}{b_0} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_0 d$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persamaan

$$\phi v_c \geq V_u$$

- Analisa kondisi 1 arah

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} b d$$

$$\phi v_c \geq V_u$$

6. Perhitungan *pilecap*

Pilecap merupakan bagian yang mengikat dan mengunci posisi pondasi tiang.

Langkah-langkah perancangan *pilecap* :

- Merencanakan beban yang bekerja

$$P_u = 1,2 D + 1,6 L$$

- Menghitung gaya tekan pada tiang pancang dengan beban *ultimate* dengan rumus:

$$P = \frac{P_u}{n} - \frac{M_y X_1}{\Sigma x^2} - \frac{M_x Y_1}{\Sigma y^2}$$

- Menghitung momen *ultimate* tulangan arah x dan arah y
- Menghitung tulangan lentur *pilecap*

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right)$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$A_s = \frac{1000}{s} \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

Akan ditentukan jarak tulangan *pilecap* dengan memenuhi persyaratan dengan tidak boleh melebihi 3h atau 450 mm

2.5 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah suatu metode (strategi) mengelola suatu proyek secara menyeluruh dengan efektif dan efisien untuk mencapai tujuan. Ada 5 tahap manajemen proyek yaitu:



Gambar 2. 17 Tahapan manajemen proyek

Dalam manajemen proyek terdapat beberapa kegiatan proyek:

1. Planning

- Menetapkan tujuan dan sasaran
- Menetapkan lingkup kegiatan
- Menyusun strategi kegiatan
- Menyiapkan pendanaan dan standar kualitas yang diharapkan

2. Organizing

- Menyusun struktur organisasi
- Menyusun daftar personil organisasi

3. Actuating

- Menggerakkan organisasi
- Mendistribusikan tugas, wewenang, dan tanggung jawab
- Memberikan pengarahan, penugasan dan motivasi
- Mengkoordinasikan pelaksanaan kegiatan

4. Controlling

- Mengukur dan membandingkan kualitas hasil terhadap standar dan rencana
- Mengevaluasi dan memperbaiki penyimpangan yang terjadi

2.5.1 Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)

Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS) adalah dokumen yang digunakan sebagai pedoman untuk melaksanakan proyek pekerjaan. RKS proyek berisikan nama pekerjaan beserta penjelasannya berupa jenis, besar, lokasi, prosedur pelaksanaan, syarat mutu pekerjaan dan persyaratan lain yang wajib dipenuhi oleh penyedia pekerjaan konstruksi. RKS umumnya terdiri dari 3 bagian, yaitu syarat umum, syarat administrasi, dan syarat teknis.

Kalimat dalam RKS diusahakan agar disusun sedemikian rupa, sehingga jelas, dan mudah dipahami. Berikut dibawah ini contoh penyusunan RKS yang format daftar isi penulisannya tertulis secara terperinci :

BAB I Syarat-syarat umum

- Pemberi tugas / pemilik proyek
- Mengenai perencana, pengawas, dan kontraktor
- Mengenai syarat peserta lelang
- Mengenai prosedur pengadaan pelelangan mulai dari bentuk surat penawaran dan cara penyampaiannya.

BAB II Syarat-syarat administrasi

- Peraturan-peraturan pelaksanaan
- Rencana kerja
- Jangka waktu pelaksanaan pekerjaan
- Tanggal waktu penyerahan
- Syarat pembayaran
- Denda atas keterlambatan
- Besar jaminan penawaran
- Besar jaminan pelaksanaan
- Pendatanganan surat perjanjian kontrak
- Pekerjaan tambah/kurang
- Laporan – laporan harian dan mingguan

- Pemberian pekerjaan kepada pihak ketiga
- Perselisihan
- Risiko
- Aturan pembayaran ; dan lain-lain

BAB III Syarat-syarat teknis

- Jenis dan uraian pekerjaan
- Jenis dan mutu bahan yang digunakan
- Cara pelaksanaan pekerjaan mulai dari bagian pekerjaan persiapan sampai dengan pekerjaan penyelesaian
- Nama material/bahan

2.5.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan, alat dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan atau proyek.

Rencana Anggaran Biaya (RAB) mempunyai pengertian sebagai berikut :

- Rencana : Hasil proses perencanaan berupa gambaran tentang sikap yang akan dilakukan pada masa depan untuk mencapai tujuan.
- Anggaran : Perhitungan biaya berdasarkan gambar bestek (gambar rencana) pada suatu bangunan.
- Biaya : Besarnya pengeluaran yang digunakan untuk menghasilkan suatu rencana.

Tahapan penyusunan rencana anggaran biaya

1. Mempersiapkan gambar kerja detail (DED)

Detail Engineering Design (DED) atau biasa disebut gambar kerja detail adalah kumpulan gambar struktural, arsitektural, MEP, plumbing dan gambar detail lain suatu proyek.

2. Menyusun item pekerjaan

Item pekerjaan suatu proyek bangunan terdiri dari pekerjaan persiapan, pekerjaan tanah dan pondasi, pekerjaan struktur, pekerjaan dinding bata, pekerjaan kusen pintu dan jendela, pekerjaan instalasi listrik, dan lainnya.

3. Menentukan harga satuan pekerjaan

Harga satuan pekerjaan meliputi harga bahan, upah dan alat yang berlaku di suatu daerah. Harga satuan pekerjaan di setiap daerah di Indonesia berbeda-beda dan tiap tahun akan berubah.

4. Menghitung volume pekerjaan

Volume pekerjaan didapatkan dari perhitungan setiap item pekerjaan. Rumus perhitungan volume sebagai berikut.

- Volume untuk luasan item pekerjaan = Panjang x lebar
- Volume untuk kubikasi item pekerjaan = panjang x lebar x tinggi
- Volume untuk panjang item pekerjaan = panjang x jumlah
- Volume untuk satuan item pekerjaan = 1 unit, 1 buah, 1 kg (sesuai item pekerjaan)

5. Menganalisa harga satuan pekerjaan

Analisa harga satuan pekerjaan meliputi analisa harga satuan bahan / material, analisa harga satuan alat, dan analisa harga satuan upah tenaga kerja.

6. Menghitung jumlah biaya pekerjaan

Jumlah biaya pekerjaan didapatkan dari volume pekerjaan x harga satuan pekerjaan.

7. Menyusun rekapitulasi

Rekapitulasi adalah jumlah total masing-masing pekerjaan kemudian ditambah dengan 11% PPN.

2.5.3 Jadwal Pelaksanaan (*Time Schedule*)

Pelaksanaan suatu proyek konstruksi diawali dengan jadwal pelaksanaan. Jadwal pelaksanaan kerja proyek konstruksi adalah rencana pelaksanaan pekerjaan

mencakup kesleuruhan sehingga dalam proses pengerjaan proyek dapat berjalan lancar dan tepat waktu.

Tujuan dibuatnya jadwal pelaksanaan yaitu:

1. Mengetahui waktu mulai suatu pekerjaan, durasi pekerjaan, dan waktu selesai pekerjaan.
2. Menjadi pedoman untuk mencari sumber daya manusia, alat-alat proyek, material, teknik pelaksanaan, dan manajemen biaya yang efektif dalam proyek konstruksi.
3. Menjadi pedoman untuk melakukan pemantauan terhadap kinerja pekerja dalam proyek konstruksi.
4. Menjadi pedoman untuk koreksi dari perbaikan pengerjaan proyek.

Umumnya, jadwal pelaksanaan disajikan dalam bentuk *bar chart*, kurva s, dan *network planning*.

a. **Bar chart dan Kurva S**

Bar chart adalah suatu skala yang mendatar (horizontal) memanjang ke bagian kanan daftar dengan suatu garis yang berkenaan dengan setiap aktivitas yang tertera dalam daftar itu.

Kurva S merupakan suatu kurva yang disusun untuk menunjukkan hubungan antara nilai kumulatif biaya yang telah digunakan dan persentase (%) penyelesaian pekerjaan terhadap waktu.

Langkah-langkah dalam membuat kurva s :

1. Pertama buka file Rab format excel yang telah tersaji di rekapitulasi RAB.
2. Buat *sheet* baru pada file tersebut, lalu *rename* dengan nama pekerjaan.
3. *Copy-paste* atau salin ulang keseluruhan file pada rekapitulasi RAB ke sheet baru.
4. Setelah di salin, buat kolom baru untuk menampilkan nilai bobot (%) masing-masing pekerjaan yang terdapat pada proyek konstruksi.
5. Kemudian, buatlah kolom lagi untuk menyajikan waktu pelaksanaan pekerjaan setiap minggu di setiap bulan sampai waktu yang telah direncanakan,

6. Isi masing-masing bobot pekerjaan di setiap minggu sesuai bobot maksimal yang ada pada kolom bobot (%)
7. Buat baris baru dibawah mengenai rencana progress mingguan dan kumulatif progress dan jumlahkan kebawah.
8. Setelah baris dan kolom rencana dan kumulatif progress telah diisi, buat garis kurva s dengan kumulatif rencana progress dengan menu *insert* dan pilih *line*.
9. Setelah kurva s selesai maka akan timbul kurva yang menyerupai huruf s.

$$\text{Rumus bobot kegiatan} = \frac{\text{Harga satu pekerjaan}}{\text{Harga total pekerjaan}} \times 100\%$$

b. Network Planning

Network planning atau jaringan kerja adalah suatu teknik yang digunakan oleh seorang manajer untuk merencanakan, menjadwalkan, dan mengawasi aktivitas pekerjaan suatu proyek dengan menggunakan pendekatan atau analisis waktu dan biaya yang digambarkan dalam bentuk simbol dan diagram.

Macam metode *network planning* yaitu sebagai berikut :

1. Metode diagram grafik (*Chart Method Diagram*)
Digunakan untuk perencanaan/perancangan dan pengendalian proyek dalam bentuk diagram grafik.
2. Teknik manajemen jaringan (*Network Management Technique*)
Digunakan untuk perencanaan/perancangan dan pengendalian proyek berbasis teknologi informasi.
3. Prosedur dalam penilaian program (*Program Evaluation Procedure*)
Digunakan untuk perencanaan/perancangan, pengendalian, dan penilaian kemajuan suatu program.
4. Analisis jalur kritis (*Critical Path Analysis*)
Digunakan untuk penjadwalan dan mengendalikan sumber daya proyek
5. Metode jalur kritis (*Critical Path Method*)
Digunakan untuk menjadwalkan dan mengendalikan proyek yang sudah pernah dikerjakan sehingga data, waktu dan biaya setiap unsur kegiatan telah diketahui oleh evaluator.

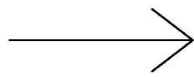
6. Teknik menilai dan meninjau kembali (*Program Evaluation and Review Technique*)

Digunakan pada perencanaan dan pengendalian proyek yang belum pernah dikerjakan.

- Simbol dan aturan network planning

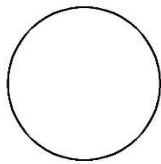
Simbol-simbol yang digunakan dalam menggambarkan suatu *network planning* adalah sebagai berikut.

1. Anak panah



Simbol anak panah ini menunjukkan sebuah kegiatan atau aktivitas. Kepala anak panah menunjukkan arah tiap kegiatan, yang menunjukkan bahwa suatu kegiatan dimulai pada permulaan dan berjalan maju sampai akhir dengan arah dari kiri ke kanan.

2. Lingkaran

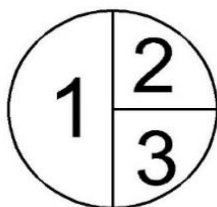


Simbol lingkaran menunjukkan suatu kejadian, baik kejadian atas berakhir atau selesainya suatu kegiatan tertentu atau kejadian dimulainya kejadian yang lain.

3. Anak panah putus-putus



Simbol anak panah putus-putus menunjukkan kegiatan semu (*dummy activity*) yang digunakan untuk memperbaiki logika ketergantungan dari gambar diagram penghubung.



Keterangan:

Bagian 1 (sebelah kiri)

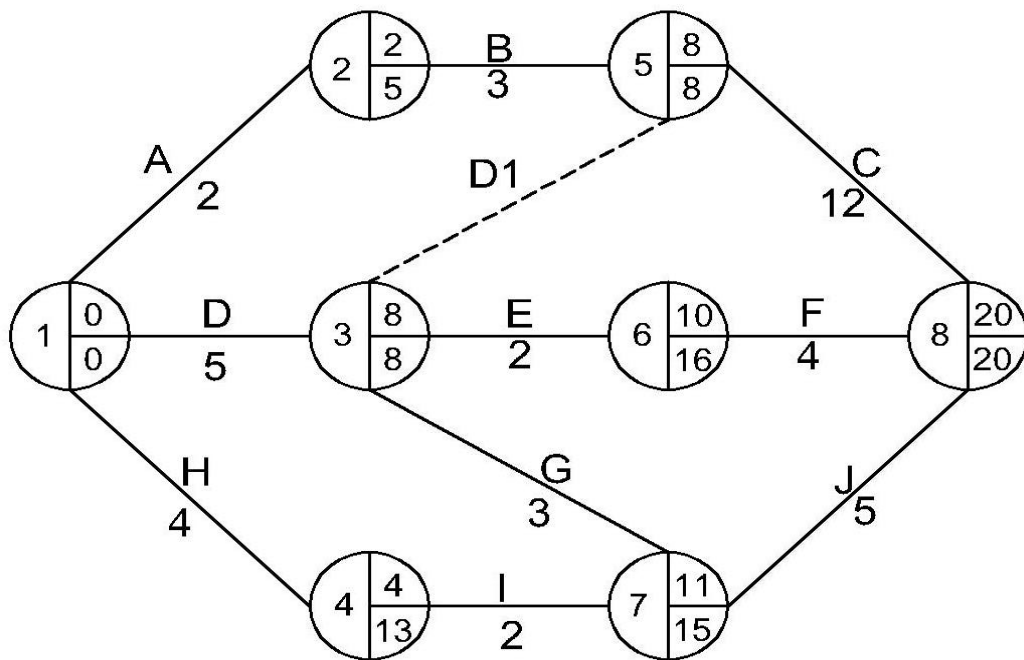
Digunakan untuk memberi nomor urut peristiwa

Bagian 2 (sebelah atas)

Digunakan untuk menghitung EET (*Earliest Event Time*) atau saat paling awal.

Bagian 3 (sebelah bawah)

Digunakan untuk menghitung LET (*Latest Event Time*)
 atau
 saat paling lambat.



Gambar 2. 18 contoh *network planning*