

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Uraian Umum

Perencanaan merupakan hal penting dan sangat diperlukan dalam pelaksanaan suatu proyek bangunan. Pada tahap perencanaan struktur Bangunan Gedung Arsip PT. PLN (Persero) ini perlu dilakukan tinjauan pustaka sebagai metode pendekatan dalam proses perhitungan struktur nantinya. Tinjauan pustaka yang diperlukan berupa teori – teori analisa struktur, ilmu tentang kekuatan bahan serta hal lain yang berpedoman pada peraturan – peraturan yang berlaku di Indonesia.

Perencanaan konstruksi suatu bangunan harus memenuhi berbagai persyaratan konstruksi yang telah ditentukan yaitu kuat menerima beban yang dipikul baik beban mati, beban hidup, kaku dan dapat dilaksanakan dengan biaya ekonomis tanpa mengurangi mutu dari konstruksi tersebut. Kegiatan perencanaan merupakan kegiatan yang sangat penting sebelum melaksanakan sebuah proyek konstruksi. Apabila terjadinya kesalahan dalam perencanaan, baik itu berupa kesalahan dalam perencanaan struktur maupun metode kerja yang salah akan berdampak buruk bagi kelangsungan kegiatan pelaksanaan proyek tersebut yang pada akhirnya akan berdampak pada kerugian. Perencanaan yang tepat akan memudahkan kita dalam mencapai sasaran utama dalam sebuah pekerjaan konstruksi sesuai keinginan kita dengan tetap memperhatikan standar keamanan, kekuatan, ekonomis dan artistik.

2.2 Tahap Perencanaan Kontruksi

Perencanaan sebuah konstruksi merupakan sebuah system yang harus dilakukan dengan tahapan-tahapan tertentu agar konstruksi yang dihasilkan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Adapun tahapan-tahapan yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Tahap Pra-rencana (*Premiliary Design*)

Pada tahap ini ahli struktur harus mampu berkomunikasi dengan baik dengan arsitek mengenai pemilihan komponen-komponen struktur yang penting, baik dimensi maupun posisinya.

2. Tahap Perencanaan

Pada tahap perencanaan pekerjaan konstruksi terdiri dari dua jenis perencanaan yaitu :

a. Perencanaan arsitektur bangunan

Dalam perencanaan arsitektur bangunan ini, seorang perencana belum memperhitungkan kekuatan bangunan sepenuhnya. Dalam perencanaan arsitektur ini perencana merealisasikan keinginan-keinginan dari pemilik bangunan sesuai dengan desain yang diinginkannya.

b. Perencanaan struktur bangunan

Pada perencanaan struktur bangunan, perencana mulai menghitung komponen-komponen struktur berdasarkan dari bentuk arsitektural yang telah didapat. Perencana mulai merencanakan dimensi serta menyesuaikan komponen-komponan struktur tersebut agar memenuhi syarat-syarat konstruksi yang aman, kuat dan nyaman, namun masih berdasarkan prinsip-prinsip ekonomis.

Dalam perencanaan bangunan, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang telah ditetapkan dan berlaku di Indonesia. Adapun peraturan-peraturan yang dijadikan pedoman tersebut antara lain :

1. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)
2. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013).
3. Buku Perancangan Struktur Beton Bertulang karangan Agus Setiawan mengacu pada SNI 2847-2013.
4. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPURG 1987)

Suatu struktur bangunan gedung juga harus direncanakan kekuatannya terhadap suatu pembebanan, adapun jenis pembebanan antara lain :

1. Beban mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.

Berat sendiri dari bahan-bahan bangunan penting dan dari beberapa komponen gedung yang harus ditinjau di dalam menentukan beban mati dari suatu gedung, harus diambil menurut Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

BAHAN BANGUNAN	
Baja	7850 kg/m ³
Batu alam	2600 kg/m ³
Batu belah, batu bulat, batu gunung	1500 kg/m ³
Batu karang	700 kg/m ³
Batu pecah	1450 kg/m ³
Batu bertulang	7250 kg/m ³
Beton	2200 kg/m ³
Beton bertulang	2400 kg/m ³
Kayu	1000 kg/m ³
Kerikil, koral	1650 kg/m ³
Pasangan batu merah	1700 kg/m ³
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200 kg/m ³
Pasangan batu cetak	2200 kg/m ³
Pasangan karang	1450 kg/m ³
Pasir (Kering udara sampai lembab)	1600 kg/m ³
Pasir (Jenuh air)	1800 kg/m ³

Pasir kerikil, koral	1850 kg/m ³
Tanah lempung dan lanau (Kering udara sampai lembab)	1700 kg/m ³
Tanah lempung dan lanau (Basah)	2000 kg/m ³
KOMPONEN BANGUNAN	
Adukan, per cm tebal	
- Dari semen	21 kg/m ²
- Dari kapur, semen	17 kg/m ²
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14 kg/m ²
Dinding pasangan batu merah:	
- Satu batu	450 kg/m ²
- Setengah batu	250 kg/m ²
Dinding pasangan batako:	
- Berlubang:	
Tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m ²
Tebal dinding 10 cm (HB 10)	120 kg/m ²
- Tanpa lubang:	
Tebal dinding 15 cm	300 kg/m ²
Tebal dinding 10 cm	200 kg/m ²
Langit-langit dan dinding terdiri dari:	
- Semen asbes (etemit dan bahan lain sejenis), dengan tebal max 4mm	11 kg/m ²
- Kaca, dengan tebal 3-5 mm	10 kg/m ²
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu	40 kg/m ²
Penggantung langit-langit (kayu)	7 kg/m ²
Penutup atap genteng	50 kg/m ²
Penutup atap sirap	40 kg/m ²
Penutup atap seng gelombang (BJLS-25)	10 kg/m ²

Penutup lantai ubin, teraso, beton, per cm tebal	24 kg/m ²
Semen asbes gelombang (Tebal 5mm)	11 kg/m ²

(Sumber : PPPURG 1987, Hal 5-6)

2. Beban hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat termasuk beban Contoh beban hidup berdasarkan fungsi suatu bangunan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, *Lo* dan Beban Hidup Terpusat Minimum

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses		
Ruang kantor	50 (2,4)	2 000 (8,9)
Ruang komputer	100 (4,79)	2 000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18) ^a	
Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terikat di lantai) Lobi	100 (4,79) ^a	
Kursi dapat dipindahkan Panggung	100 (4,79) ^a	
pertemuan	100 (4,79) ^a	
Lantai podium	100 (4,79) ^a	
	150 (7,18) ^a	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlumelebihi 100 psf (4,79 kN/m ²)	

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	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79) ^a	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in.x 2 in. [50 mmx50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in.x 1 in. [25 mm x 25 mm])		200 (0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	
Tangga permanen	Lihat pasal 4.5	
Garasi/Parkir Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92) ^{a,b,c} <i>c</i>	
Susunan tangga, rel pengamandan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) ^{de} tidak boleh direduksi	^{e,f,g}
Rumah sakit: Ruang operasi, laboratorium Ruang pasien	60 (2,87) 40 (1,92)	1 000 (4,45) 1 000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan Ruang baca Ruang penyimpanan Koridor di atas lantai pertama	60 (2,87) 150 (7,18) ^{a, h} 80 (3,83)	1 000 (4,45) 1 000 (4,45) 1 000 (4,45)

Pabrik		
Ringan	125 (6,00) ^a	2 000 (8,90)
Berat	250 (11,97) ^a	3 000 (13,40)
Gedung perkantoran:		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2 000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	2 000 (8,90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2 000 (8,90)
Lembaga hukum		
Blok sel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, Kolam renang, dan penggunaan yang	75 (3,59) ^a	
Bangsal dansa dan Ruang dansa	100 (4,79) ^a	
Gimnasium	100 (4,79) ^a	
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79) ^{a,k}	
Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	60 (2,87) ^{a,k}	
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48) ^l	
Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	20 (0,96) ^m	
Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	30 (1,44)	
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya		
Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	40 (1,92)	
Ruang publik ^a dan koridor yang melayani mereka	100 (4,79)	

Atap	20 (0,96) ⁿ	ⁱ
Atap datar, berbubung, dan lengkung	100 (4,79)	200 (0,89)
Atap digunakan untuk taman atap	Sama seperti	
Atap yang digunakan untuk tujuan lain	hunian dilayani	
	^a	
Atap yang digunakan untuk hunian lainnya		
Awning dan kanopi		
Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0,24) tidak boleh direduksi	
Rangka tumpu layar penutup	5 (0,24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan luas tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka	
Semua konstruksi lainnya	20 (0,96)	2 000 (8,9)
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai		
Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi		300 (1,33)
Semua komponen struktur atap utama lainnya		
Semua permukaan atap dengan beban pekerja		300 (1,33)
Pemeliharaan		
Sekolah		
Ruang kelas	40 (1,92)	1 000 (4,5)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,5)
Koridor lantai pertama	100 (4,79)	1 000 (4,5)
Bak-bak/scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97) ^{a,p}	8 000 (35,6) ^q
Tangga dan jalan keluar	100 (4,79)	300r
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	40 (1,92)	300r

Gudang diatas langit-langit	20 (0,96)	
Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat)		
Ringan	125 (6,00) ^a	
Berat	250 (11,97) ^a	
Toko		
Eceran		1 000 (4,45)
Lantai pertama	100 (4,79)	1 000 (4,45)
Lantai diatasnya	75 (3,59)	1 000
Grosir, di semua lantai	125 (6,00) ^a	(4,45)
Penghalang kendaraan	Lihat Pasal 4.5	
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79) ^a	

(Sumber: SNI 1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, 2013:25-28)

3. Beban angin

Beban angin didistribusikan merata pada kolom yang berada di dinding terluar bangunan. Beban angin bangunan gedung yang termasuk sebagai Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) direncanakan sesuai dengan aturan pada SNI 1727-2013 sebagaimana berikut :

- Menentukan kecepatan angin dasar (V)
- Menentukan parameter beban angin
 - a. Faktor arah angin, k_d
 - b. Kategori eksposur : B
 - c. Faktor topografi, K_{zt}
 - d. Faktor efek tiupan angin, G
 - e. Klasifikasi tekanan internal, G_{CPI}
 - f. Menentukan Arah Angin

2.3 Metode Perhitungan

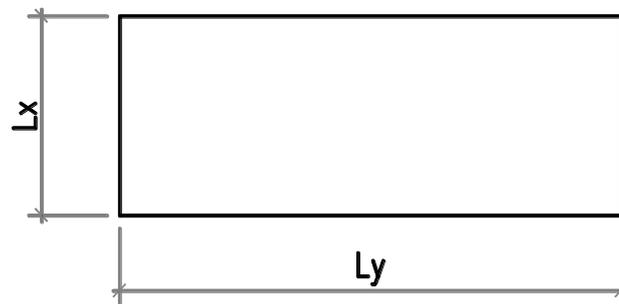
Dalam pekerjaan suatu konstruksi bangunan, diperlukan beberapa metode perhitungan. Agar hasil dari perhitungan dapat menjadi suatu acuan dan konstruksi dapat menahan beban dengan sempurna, baik itu beban sendiri maupun pembebanan yang lainnya. Berikut adalah struktur bangunan yang memerlukan metode perhitungan:

2.3.1 Jenis – jenis pelat

Plat lantai adalah suatu elemen horizontal utama yang berfungsi untuk menyalurkan beban hidup, baik yang bergerak maupun statis ke elemen pemikul beban vertikal, yaitu balok, kolom maupun dinding. Pelat lantai dapat direncanakan sehingga dapat berfungsi menyalurkan beban dalam satu arah (pelat satu arah/ *one way slab*) atau dapat pula direncanakan untuk menyalurkan beban dalam dua arah (pelat dua arah/ *Two way slab*). Tebal pelat umumnya jauh lebih kecil dari pada ukuran panjang maupun lebarnya. (Setiawan, 2016 : 4).

1. Pelat satu arah (*One way Slab*)

Jika sistem pelat hanya ditumpu kedua sisinya, maka pelat tersebut akan melentur atau mengalami lendutan dalam arah tegak lurus dari sisi tumpuan. Beban akan didistribusikan oleh pelat dalam satu arah saja yaitu kearah tumpuan. Pelat jenis ini disebut juga dengan pelat satu arah. Apabila pelat tertumpu di keempat sisinya, dan rasio bentang panjang terhadap bentang pendek lebih besar atau sama dengan 2, maka hampir 95% beban akan dilimpahkan dalam arah bentang pendek, dan pelat akan menjadi sistem pelat satu arah. Sistem pelat satu arah cocok digunakan pada bentangan 3-6 meter dengan beban hidup sebesar 2,5-5 kN/m². (setiawan 2016, 252)



Menurut SNI 2847-2013 memberikan beberapa batasan dalam hal desain pelat satu arah :

1. Desain dilakukan dengan menggunakan asumsi lebar 1 meter
2. Ketebalan minimum pelat satu arah yang digunakan $f_y = 400 \text{ Mpa}$

Tebal 2.3.1 Tebal minimum pelat

Tebal minimum, h				
Komponen struktur	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	$\lambda / 20$	$\lambda / 24$	$\lambda / 28$	$\lambda / 10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$\lambda / 16$	$\lambda / 18$	$\lambda / 21$	$\lambda / 8$
<p>CATATAN :</p> <p>Panjang bentang dalam mm.</p> <p>Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:</p> <p>(a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), w_c, di antara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan (1,65 –</p>				

0,0003wc) tetapi tidak kurang dari 1,09.

(b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan **(0,4 + $f_y/700$)**

(SNI 2847-2013 Tebal minimum balok non-prategang berdasarkan pasal 9.5.2.2)

2. Menghitung pembebanan (W_u)

Menghitung beban mati pelat termasuk beban berat sendiri pelat dan beban hidup dengan cara metode beban terfaktor.

$$W_u = 1,2 W_{DD} + 1,6 W_{LL}$$

Dimana :

W_u = Momen rencana

W_{DD} = Jumlah beban mati pelat (kN/m)

W_{LL} = Jumlah beban hidup pelat (kN/m)

3. Menghitung momen (M_u)

Jika pelat hanya terdiri dari satu bentangan saja, dengan anggapan tertumpu sederhana dikedua sisinya, maka momen lentur yang timbul akibat q yang terdistribusi merata adalah $M = qL^2/8$, dengan L adalah panjang bentang antara kedua tumpuan, bila pelat yang tertumpu pada beberapa tumpuan, maka akan timbul momen positif dan momen negatif. Prosedur analisis struktur menurut SNI 2847-2013, maka momen tersebut dapat digunakan jika :

- Beda panjang bentang tidak terlalu jauh, dengan batasan panjang bentang tidak boleh melebihi 20% dari beban terpendek
- Beban yang bekerja adalah beban merata
- Beban hidup tidak melebihi 3 kali beban mati

4. Perkiraan tinggi efektif

$$d = h - 20 \text{ mm (selimut beton) } - \frac{1}{2} \text{ diameter tulangan}$$

Tinggi efektif ketentuan tebal selimut beton bahwa luas penampang balok dan kolom dianjurkan mengambil selimut beton setebal 40 mm, sedangkan pelat yang tidak berhubungan langsung dengan tanah diambil selimut beton 20 mm. Ukuran atau diameter tulangan geser (sengkang) diambil sebesar 10 mm.

Tabel 2.3.2 Tebal Selimut Beton

	Tebal Selimut Beton (mm)
Beton yang di cor di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca.	50
- Batang tulangan D-19 hingga D-57.....	40
- Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil.....	40
Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah:	
- Slab, dinding, balok usuk:	
Batang tulangan D-44 dan D-57.....	40
Batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil.....	20
- Balok, kolom:	
Tulangan utama, pengikat, sengkang, spiral.....	20
- Komponen struktur cangkang, pelat lipat:	

Batang tulangan D-19 dan yang lebih besar.....	40
Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil.....	20
	13

(SNI 2847 : 2013 Beton cor setempat non-prategang berdasarkan pasal 7.7.1)

5. Menghitung faktor panjang efektif komponen struktur tekan (k)

$$k = \frac{M_u}{\phi \times b d \times \rho f^2}$$

Dimana : K = faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

Mu = Momen terfaktor pada penampang (KN/m)

b = Lebar penampang (mm) diambil 1 m

deff = faktor efektif pelat (mm)

ϕ = faktor reduksi kekuatan

6. Rasio penulangan

Dalam menentukan rasio tulangan terhadap batasan P_{maks} dan P_{min} maka $P_{min} < P < P_{maks}$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{(600 + f_y) \cdot f_y}$$

Jika $P_{min} > P$, maka pakai P_{min}

$P_{maks} < P$, maka pakai P_{maks}

7. Menghitung tulangan susut dan suhu Setelah menghitung tulangan susut dan suhu, maka mencari jarak antar tulangan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$s = \frac{1000 \times A_b}{A_s}$$

dimana : A_b adalah luas penampang tulangan yang digunakan, sedangkan A_s adalah luas tulangan yang diperlukan oleh pelat unuk

memikul momen lentur yang terjadi. Untuk menghitung Menghitung luas tulangan (A_s) digunakan rumus:

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{eff}$$

Dimana :

A_s : luas tulangan (mm^2)

ρ : rasio penulangan

d_{eff} : tinggi efektif (mm)

8. Rasio minimum luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton untuk tulangan susut, suhu maupun tulangan pembagi mengacu pada tiga kondisi dibawah ini namun demikian nilainya tidak boleh kurang dari 0,0014.

Tabel 2.3.3 persyaratan tulangan susut dan suhu untu pelat

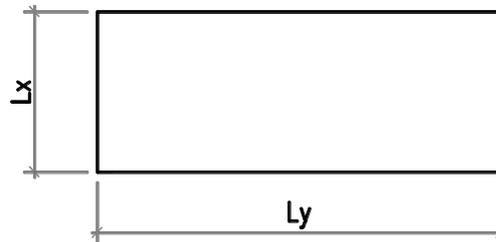
Pelat yang menggunakan tulangan ulir dengan mutu $F_y = 280$ atau 350 Mpa	0,0020
Pelat yang menggunakan tulangan ulir atau jaring kawat las dengan mutu $F_y = 400$ Mpa	0,0018
Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan luluh melebihi 420 Mpa diukur pada regangan leleh sebesar 0,35%	$0,0018 \times \frac{450}{F_y}$

(SNI 2847-2013 rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton berdasarkan pasal 7.12.2.1)

2. Pelat Dua Arah

Apabila struktur pelat beton ditopang keempat sisinya, dan rasio antara bentang panjang terhadap bentang pendeknya kurang dari 2, maka pelat tersebut dikategorikan ssebagai sistem pelat dua arah.

Sistem pelat dua arah sendiri dapat dibedakan beberapa jenis tersebut.



1. Ketebalan minimum pelat

SNI 2847-2013 menentukan ketebalan minimum pelat dua arah untuk mencegah terjadinya lendutan berlebih. Karena perhitungan lendutan dari pelat dua arah cukup rumit, dan untuk mencegah lendutan yang besar, maka ketebalan pelat dapat ditentukan menggunakan rumus :

$$h_{\min} = \frac{L_n \left(0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta (\alpha_m - 0.2)}$$

$$h_{\min} = \frac{L_n \left(0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

Dalam segala hal tebal minimum pelat tidak boleh kurang dari yang telah ditentukan :

Untuk $\alpha_m < 2,0$ tebal pelat minimum adalah 125 mm

Untuk $\alpha_m > 2,0$ tebal pelat minimum adalah 90 mm

Tabel 2.3.4 Tebal Minimum Pelat Dua Arah

Tegangan leleh, f_y (Mpa)	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
280	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 40$	$l_n / 40$
420	$l_n / 30$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$

520	$l_n / 28$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 34$	$l_n / 34$
-----	------------	------------	------------	------------	------------	------------

(SNI 2487 – 2013 Tebal minimum pelat tanpa balok interior berdasarkan pasal 9.5.3.2)

Tebal minimum pelat tanpa balok dalam seperti ditentukan tidak boleh kurang dari 120 mm (untuk pelat tanpa penebalan panel), atau kurang dari 100 (untuk pelat dengan penebalan pelat). Dalam SNI 2847-2013 diisyaratkan bahwa untuk panel tepi yang tidak menerus, maka balok tepi harus mempunyai rasio kekuatan α yang tidak kurang dari 0,8.

2. Menghitung pembebanan

Menghitung beban mati pelat termasuk beban berat sendiri pelat dan beban hidup dengan cara metode beban terfaktor.

$$W_u = 1,2 W_{DD} + 1,6 W_{LL}$$

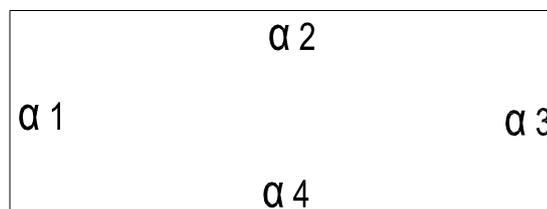
Dimana :

W_u = Momen rencana

W_{DD} = Jumlah beban mati pelat (kN/m)

W_{LL} = Jumlah beban hidup pelat (kN/m)

3. Mencari nilai α m dari masing-masing panel untuk mengecek apakah pemakaian hcoba telah memenuhi persyaratan hmin.



$$\alpha_1 = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

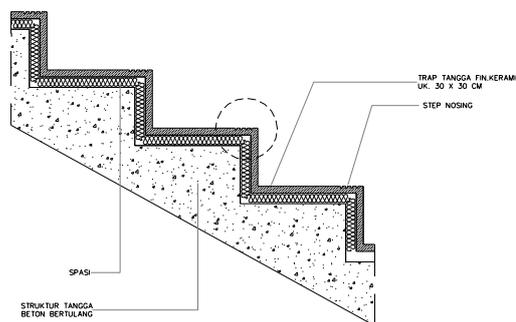
4. lebar efektif balok yang diambil dari nilai terkecil antara :

$$bw + 2 \left(\frac{l_n}{2} \right) \quad \text{dan} \quad bw + 2 (8 hf)$$

5. Mencari Momen yang bekerja pada arah x dan y, dengan cara penyaluran “metode amplop” atau interpolasi

2.3.2 Tangga

Tangga merupakan salah satu bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai alat penghubung lantai bawah dengan lantai yang ada di atasnya pada bangunan bertingkat dalam kegiatan tertentu (Supriyadi,1997).



Tangga secara umum terdiri dari anak tangga dan pelat tangga. Anak tangga terdiri dari bagian :

1. *Antrede*

Antrede merupakan bagian anak tangga pada bidang horisontal yang merupakan bidang pijak telapak kaki.

2. *Optrede*

Optrede merupakan bagian dari anak tangga pada bidang vertikal yang selisih antara dua anak tangga yang berurutan. Syarat utama untuk tangga adalah sudut kemiringan tidak lebih dari 45°, yaitu :

Untuk umum (sekolah, kantor, rumah tinggal, dll)

Antrede minimum 25 cm

Optrede maksimum 15 – 20 cm

Sebagai patokan $2 \text{ optrede} + 1 \text{ antrede} = 57 - 65 \text{ cm}$ (untuk 1 langkah)

Syarat – syarat tangga :

1. tangga harus mudah dilwati atau dinaiki
2. tangga harus kuat dan kaku

3. ukuran tangga harus sesuai dengan fungsinya
4. material yang digunakan untuk pembuatan tangga terutama pembuatan gedung – gedung umum harus tahan dan bebas bahaya kebakaran
5. letakkan tangga harus cukup strategis

Hal – hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan tangga:

1. penentuan jumlah antrede dan optrede
2. panjang tangga = lebar antrede x panjang optrede
3. jumlah optide = $\frac{\text{Tinggi Tangga}}{\text{Tinggi optride}}$
4. Lebar bordes = panjang tangga – (0,5 .(jumlah anak tangga-1) . Antrade)
5. Kemiringan tangga = $\text{arc } \theta \frac{\text{optride}}{\text{antrade}}$
6. Gaya-gaya rencana dihitung dengan bantuan software SAP. Kombinasi beban yang digunakan
7. Perhitungan beban $W_u = 1,2 W_{DD} + W_{LL}$
8. Menghitung beban-beban pada tangga
 - Berat sendiri bordes tangga
 - Berat sendiri anak tangga
 - Berat sendiri pelat tangga
9. Menghitung beban hidup (WL)

Beban hidup pada tangga diambil 1,77 kN (berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 4.5,4)

2.3.3 Portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan fungsinya menahan beban sebagai satu kesatuan yang lengkap. Portal dihitung dengan menggunakan program SAP 2000 V14, portal yang dihitung adalah portal akibat beban mati dan hidup.

Portal akibat beban mati

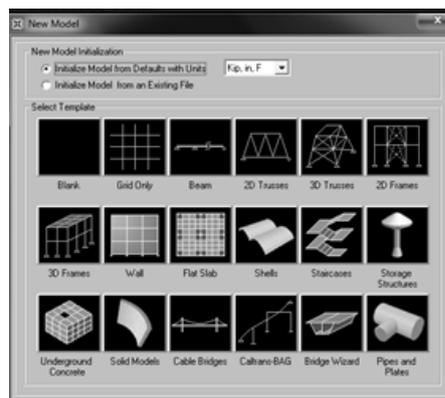
Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang.

Pembebanan pada portal, yaitu:

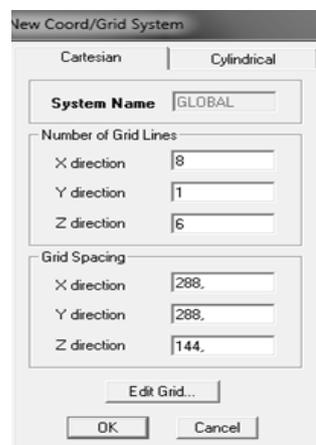
- a. Berat sendiri pelat
- b. Berat plafond + penggantung
- c. Berat penutup lantai
- d. Berat adukan
- e. Berat dari pasangan dinding bata

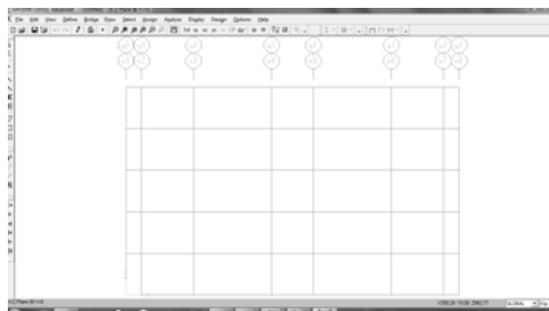
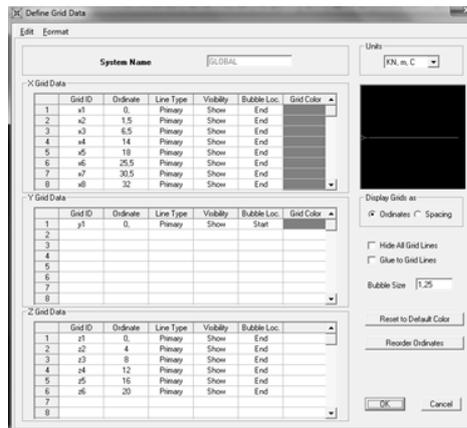
Langkah- langkah menghitung portal dengan menggunakan Program SAP 2000. V14 sebagai berikut :

- 1) Buat model struktur memanjang
 - a) Mengklik file pada program untuk memilih model portal.

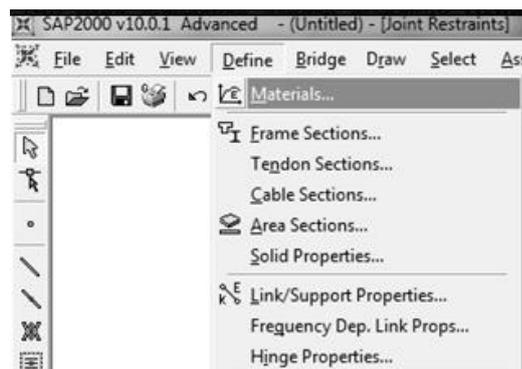


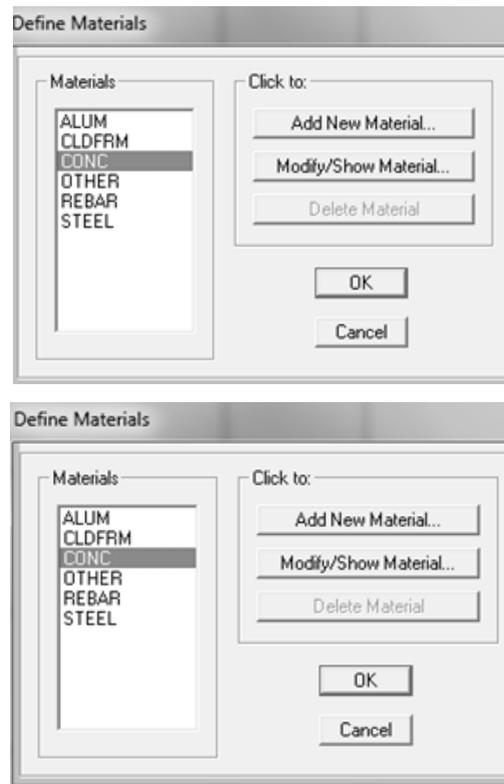
- b) Pilih model grid 2D pada model diatas dan masukkan data-data sesuai perencanaan





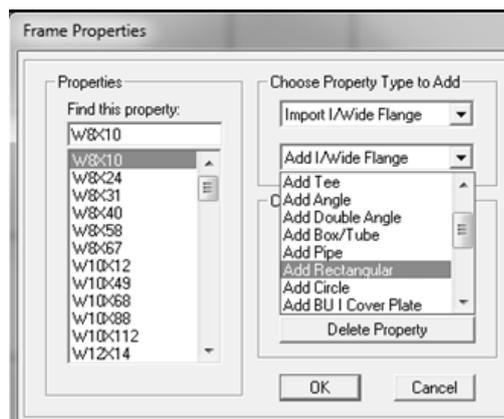
- c. Input data material yang digunakan (*concrete*) dan masukan mutu beton (f_c') dan mutu baja (f_y) yang digunakan dengan mengklik **Define - material – add new material – pilih concrete –** masukkan data sesuai dengan perencanaan.

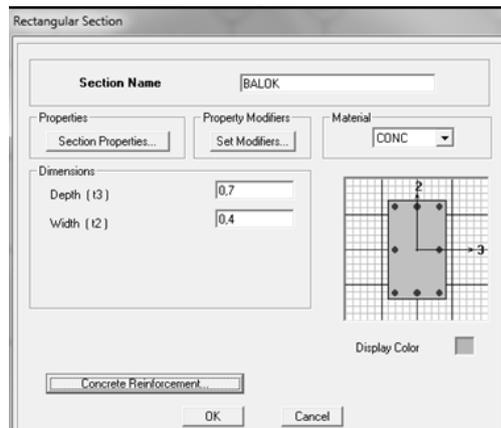




d. Input data dimensi struktur

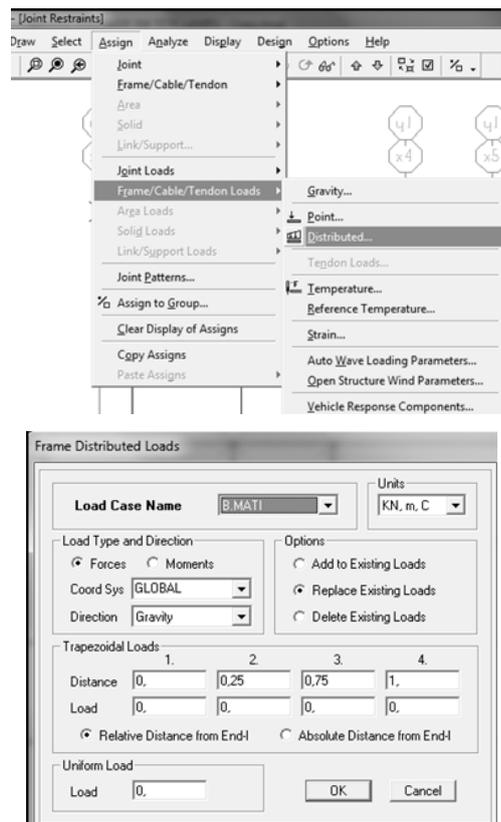
Masukkan data-data dengan mengklik **Define - Frame Section - Rectangular - Add New Property - Section Name (balok)** setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.





- e. Input data akibat beban mati (*Dead*)

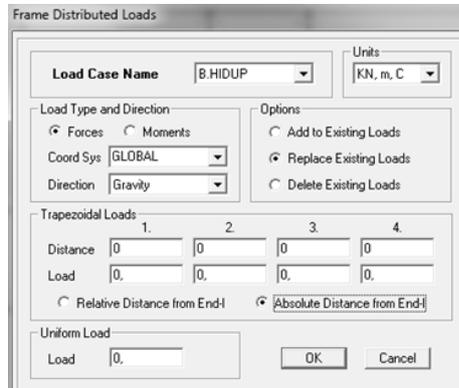
Untuk menginput data akibat beban mati klik batang portal pada model – pilih **Assign pada toolbar - Frame Load – Distributed**, setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



- f. Input data akibat beban hidup (*Live*)

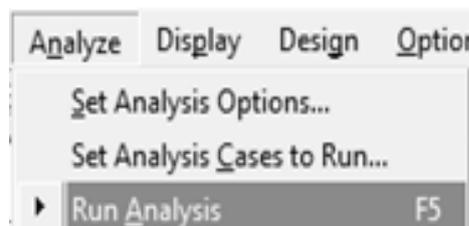
Untuk menginput data akibat beban mati klik batang portal pada model – pilih **Assign pada toolbar - Frame Load – Distributed**,

setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



g. Run analisis

Setelah beban akibat beban mati dan hidup di input portal tersebut siap untuk di analisis menggunakan **Run Analisis**.



Portal akibat beban hidup

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang. Perhitungan portal menggunakan cara yang sama dengan perhitungan portal akibat beban mati.

Pembebanan pada portal akibat beban hidup:

- a. Beban hidup untuk pelat lantai diambil sebesar 250 kg/m^2 (Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung)

2.3.4 Balok

Balok adalah elemen horizontal ataupun miring yang panjang dengan ukuran lebar serta tinggi yang terbatas. Balok berfungsi untuk menyalurkan beban dari pelat. Pada umumnya balok dicetak secara monolit dengan pelat lantai, sehingga akan membentuk balok penampang

T pada balok interior dan balok L pada balok-balok tepi. (Setiawan, 2016:4)

1. Menentukan dimensi balok, mutu beton dan mutu baja yang akan digunakan.
2. Menghitung pembebanan pada balok induk untuk kemudian di proses menggunakan program SAP untuk mendapatkan gaya dalamnya.
3. Menentukan momen dan gaya geser maksimum berdasarkan hasil analisa menggunakan program SAP.
4. Melakukan perhitungan tulangan lentur lapangan dan tumpuan.

Balok beton bertulangan tunggal digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{maks} = \left(\frac{0,003 + \frac{f_y}{ES}}{0,009} \right) \rho_b$$

Untuk $F_y = 400$ Mpa, maka $\rho_{maks} = 0,0625 \rho_b$. nilai β dalam persamaan untuk ρ_b adalah 0,85 untuk nilai F_c' kurang atau sama dengan 28 Mpa, berkurang sebesar 0,05 untuk tiap kenaikan mutu beton sebesar 7 Mpa, nilai ρ_b dan ρ_{maks} untuk berbagai nilai F_c' dan F_y

Tabel 2.3.5 mutu beton dan tulangan baja

F_c' (Mpa)	β_1	F_y (Mpa)	ρ_b	ρ_{maks}	Ru_{maks}
20	0.85	240	0,04301	0.02258	4,09962
		400	0,02168	0,01355	4,09962
25	0,85	240	0.05376	0,02822	5,12453
		400	0,02709	0,01693	5,12453
30	0.84	240	0,06342	0,03330	6,06535

		400	0,03197	0,01998	6,06535
35	0,80	240	0,07083	0,03719	6,82763
		400	0,03570	0,02231	6,82763
40	0,76	240	0,07734	0,04060	7,51338
		400	0,03898	0,02436	7,51338

(Perancangan Struktur Beton Bertulang , setiawan hal 70)

Batas regangan tarik untuk penampang terkendali tarik adalah 0,005 dengan nilai ϕ dapat diambil sebesar 0,90. Nilai regangan tarik boleh diambil sebesar 0,004 namun bila ϕ harus direduksi. Persamaan kuat momen rencana berikut :

$$\phi Mn = Mu = Rubd^2$$

$$Ru = \phi p Fy \left(1 - \frac{pfy}{1,7 fc'} \right) = \phi Rn$$

Atau

$$\phi Mn = Mu = \phi Asfy \left(d - \frac{As x fy}{1,7 fc' x b} \right)$$

$$\phi Mn = Mu = \phi p fy bd^2 \left(1 - \frac{pfy}{1,7 fc'} \right)$$

1. Jika nilai P diasumsikan, maka nilai Ru dapat dihitung menggunakan nilai $bd^2 = Mu / Ru$ Rasio d/b umumnya berkisaran 1 hingga 3 untuk keperluan praktis dapat diambil rasio $d/b = 2$. Sehingga nilai b dan d ditentukan, maka luas tulangan $As = p.b.d$ nilai p untuk balok bertulangan tunggal maka diambil nilai $Pmaks$

$$d = \sqrt{\frac{Mu}{Rub}}$$

jika nilai b / d sudah diberikan, nilai p dapat dihitung dengan memodifikasi persamaan

$$p = \left(\frac{0,85 f'c}{f_y} \right) - \left[\sqrt{1 - \frac{4 Mu}{1,7 \phi f'c' b d^2}} \right] = \frac{0,85 f'c'}{f_y} \left[\sqrt{\frac{1-2 Rn}{0,85 f'c'}} \right]$$

$$= \frac{f'c'}{f_y} \left[0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q} \right]$$

dengan :

$$Q = \left(\frac{1,7}{\phi f'c'} \right) \frac{Mu}{b d^2} = \left(\frac{1,7}{\phi v f'c'} \right) Ru$$

$$A_s = p b d = \frac{f'c'}{f_y} \left[0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q} \right] b d$$

penampang persegi bertulangan rangkap

- a. suatu balok beton penampang persegi dapat didesain sedemikian rupa sehingga memiliki rasio tulangan sebesar ρ_{maks} . dengan rasio tulangan sebesar ρ_{maks} ini , maka dapat dihitung besarnya kuat momen yang dapat dihasilkannya. Apabila momen lentur terfaktor yang bekerja masih lebih besar dari pada kuat momen rencana tersebut. Hitung rasio penulangan seimbang (ρ_b), dan rasio tulangan maksimum (ρ_{maks}) dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

- b. Hitung luas tulangan tunggal maksimum dengan persamaan berikut :

$$A_{s maks} = A_{s1} = \rho_{maks} b d$$

- c. Hitung $R_{u maks}$ dengan menggunakan persamaan berikut :

$$R_{u maks} = \phi \rho_{maks} \times f_y \times \left(1 - \frac{\rho_{maks} \times f_y}{1,7 f'_c} \right)$$

- d. Hitung kuat momen rencana balok bertulang tunggal (M_{u1}), menggunakan ρ_{maks} dan $R_{u maks}$ sebagai berikut :

$$M_{u1} = R_{u maks} b d^2$$

Jika $M_{u1} < M_u$, maka diperlukan tulangan tekan, lanjut ke perhitungan berikutnya berikutnya.

Jika $M_{u1} > M_u$, maka tidak perlu tulangan tekan, hitung ρ dan A_s .

- e. Hitung $M_{u2} = M_u - M_{u1}$ = kuat momen rencana yang dipikul oleh tulangan tekan.
- f. Hitung A_{s2} dari hubungan $M_{u2} = \phi A_{s2} f_y (d - d')$, dan selanjutnya hitung luas tulangan total $A_s = A_{s1} + A_{s2}$.
- g. Hitung tegangan tulangan tekan sebagai berikut:
 Hitung $f'_s = 600 (c - d')/c \leq f_y$
 Nilai ϵ'_s dapat dihitung dari diagram regangan, dan $f'_s = \epsilon'_s E_s$. Jika $\epsilon'_s \geq \epsilon_y$, maka tulangan tekan sudah leleh dan $f'_s = f_y$.
 Hitung A'_s dari $M_{u2} = \phi A'_s f'_s (d - d')$. Jika $f'_s = f_y$ maka $A'_s = A_{s2}$. Jika $f'_s < f_y$, maka $A'_s > A_{s2}$ dan $A'_s = A_{s2} (f_y / f'_s)$.
- h. Pilih tulangan yang akan digunakan sebagai A_s dan A'_s , yang mencukupi untuk lebar balok (b). pada beberapa kasus A_s dapat disusun dalam dua baris atau lebih.
- i. Hitung tinggi balok (h) dan periksa bahwa $\rho - \rho' ((f'_s / f_y)) < \rho_{maks}$.
- j. Lakukan pemeriksaan akhir, $\phi M_n > M_u$.
- k. Regangan pada tulangan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\epsilon_t = \frac{d_t - c}{c} \quad 0,003 \geq 0,005$$

Menghitung tulangan geser rencana

- a. Hitung gaya geser ultimit (V_u) dari beban terfaktor yang bekerja pada struktur. Nilai V_u yang diambil sebagai dasar desain adalah nilai V_u pada lokasi penampang kritis, yaitu sejarak d dari muka tumpuan.
- b. Hitung nilai ϕV_c dari persamaan :

$$\phi V_c = \phi (0,17 \lambda \sqrt{f'_c}) b_w d$$

atau

$$\phi V_c = \phi \left(0,17 \lambda \sqrt{f'_c} + 17 \rho_w \frac{V_u d}{M_u} \right) b_w d \quad \phi (0,29 \lambda \sqrt{f'_c}) b_w d$$

dengan

$$\phi = 0,75$$

c. Periksa nilai V_u

Jika $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$, tidak dibutuhkan tulangan geser.

Jika $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$, dibutuhkan tulangan geser minimum.

Jika $V_u > \phi V_c$, tulangan geser harus disediakan langkah berikutnya.

d. Jika $V_u > \phi V_c$, hitung gaya geser yang harus dipikul oleh tulangan geser menggunakan persamaan berikut :

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

e. Hitung nilai V_{c1} dan V_{c2} dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_{c1} = 0,33\sqrt{f'_c} b_w d$$

$$V_{c2} = 0,66\sqrt{f'_c} b_w d$$

Apabila V_s lebih kecil dari V_{c2} , maka proses desain dapat dilakukan ke langkah berikutnya. Namun bila V_s lebih besar dari V_{c2} maka ukuran penampang harus diperbesar.

f. Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan berikut :

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

g. Tentukan jarak maksimum tulangan sengkang sesuai dengan persyaratan dalam SNI 2847 : 2013. Jarak maksimum tersebut diambil dari nilai terkecil antara s_1 dan s_2 berikut ini:

$$s_2 = d/2 \leq 600 \text{ mm, jika } V_s \leq V_{c1} = 0,33\sqrt{f'_c} b_w d$$

$$s_2 = d/4 \leq 300 \text{ mm, jika } V_{c1} < V_s \leq V_{c2} = 0,66\sqrt{f'_c} b_w d$$

$$s_3 = A_v f_{yt} / 0,35 b_w \geq A_v f_{yt} / 0,62 b_w$$

s_{maks} dipilih dari nilai terkecil antara s_2 dan s_3 .

- h. Apabila nilai s_1 yang dihitung lebih kecil dari s_{maks} , maka gunakan s_1 sebagai jarak tulangan sengkang dan jika s_1 yang dihitung lebih besar dari s_{maks} , maka gunakan s_{maks} sebagai jarak tulangan sengkang.

2.3.5 Kolom

Kolom merupakan elemen penting yang memikul beban dari balok dan pelat. Kolom dapat memikul beban aksial saja, namun lebih sering kolom direncanakan sebagai pemikul beban kombinasi aksial dan lentur. Selain beban gravitasi, kolom juga dapat direncanakan sebagai pemikul beban lateral yang berasal dari beban gempa atau beban angin. (Setiawan, 2016, hal 4) kolom juga dapat dibedakan menjadi (kolom pendek dan kolom panjang)

1. Kolom panjang, yaitu jenis kolom yang dalam perencanaannya harus memperhitungkan rasio kelangsingan dan efek tekuk, sehingga kapasitasnya berkurang dibandingkan kolom pendek. (setiawan 2013,144) Batasan rasio kelangsingan tulangan kolom panjang sangat ditentukan oleh rasio kelangsingannya.

Elemen struktur tekan bergoyang, apabila :

$$\frac{klu}{r} \leq 22$$

Elemen struktur tekan tak bergoyang, apabila :

$$\frac{klu}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \leq 40$$

Dimana M_1 dan M_2 adalah momen ujung terfaktor pada kolom, dengan $M_2 > M_1$, Rasio M_1 / M_2 bernilai positif apabila terjadi kelengkungan tunggal, dan bernilai negatif apabila terjadi kelengkungan ganda. Maka harusnya diperhitungkan, salah satunya dengan menggunakan metode perbesaran momen, yang prosedurnya adalah sebagai berikut :

1. Tentukan kolom yang dianalisis termasuk bagian dari portal tak bergoyang, dan tentukan panjang tak terkekang, I_u' serta faktor panjang efektif, k
2. Kekakuan kolom dengan menggunakan persamaan

$$EI = \frac{0,2 E_c I_g + E_s I_{se}}{1 + \beta_{dns}}$$

$$EI = \frac{0,4 E_c L_g}{1 + \beta_{dns}}$$

Atau dengan

$$E_c = 4.700 \sqrt{f_c}$$

$$E_s = 200.000 \text{ Mpa}$$

I_g = momen inersia bruto penampang terhadap sumbu yang ditinjau

I_{se} = momen inersia tulangan baja

$$\beta_{dns} = \frac{\text{beban tetap aksial terfaktor maksimum}}{\text{beban aksial terfaktor maksimum}} = \frac{1,2 D}{1,2 D + 1,6 L}$$

3. Tentukan besarnya beban tekuk Euler, P_c

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(klu)^2}$$

4. Nilai C_m yang dipergunakan untuk menghitung faktor perbesaran momen

$$C_m = 0,6 + \frac{0,4 M_1}{M_2} \geq 0,4$$

5. Faktor perbesaran momen $\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 P_c}} \geq 10$

6. Kolom dengan beban aksial terfaktor P_u' , serta momen M_c yang besarnya

$$M_c = \delta_{ns} M_2$$

7. Nilai momen ujung terfaktor maksimum, M_2 , harus diambil tidak kurang dari pada

$$M_{2min} \geq P_u$$

8. Momen terhadap As

$$P_n = \frac{I}{e'} \left[C_c \left(d - \frac{a}{2} \right) + C_s (d - d') \right] e' = e + d''$$

9. Periksa asumsi nilai ϕ

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

Metode perbesaran Momen portal bergoyang

efek kelangsingan dapat diabaikan pada elemen struktur kolom yang merupakan bagian portal bergoyang kl_u / r kurang dari 22 maka menentukan faktor perbesaran momen dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\delta_s = \frac{1}{1-Q} \geq 1,0$$

namun bila yang dihasilkan besarnya melebihi 1,5 maka δ_s harus dihitung berdasarkan analisa persamaan berikut

$$\delta_s = \frac{1}{\frac{1 - \sum P_u}{0,75 \sum P_c}} \geq 1,0$$

Momen ujung M_1 dan M_2 yang telah diperbesar

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

Dengan M_{1ns} dan M_{2ns} adalah momen yang diperoleh dari kondisi tak bergoyang , sedangkan M_{1s} dan M_{2s} adalah momen yang diperoleh dari kondisi bergoyang . apabila M_2 lebih besar dari M_1 yang dihasilkan dari analisis struktur, maka momen yang digunakan untuk mendesain kolom adalah

$$M_c = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

Elemen struktur tekan dapat didesain terhadap beban terfaktor aksial P_u dan momen M_c pada persamaan

$$L_u / r < \frac{35}{\sqrt{\frac{P_u}{F_c' \cdot A_g}}}$$

Sebagai tambahan elemen struktur tekan tersebut harus didesain terhadap beban terfaktor aksial P_u beserta momen $M_c = \delta_{ns}M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$, apabila:

$$L_u / r < \frac{35}{\sqrt{\frac{P_u}{F_c' \cdot A_g}}}$$

2. Kolom pendek adalah yang keruntuhannya diakibatkan oleh hancurnya beton dan luluhnya tulangan baja dibawah kapasitas ultimit dari kolom tersebut.

1. Beban tekan nominal P_n dapat dihitung dengan prinsip-prinsip dasar keseimbangan gaya. Analisa penampangan kolom yang mengalami keruntuhan tekan dapat dilakukan dengan menggunakan jarak sumbu netral pada kondisi seimbang.

$$C_b = \frac{600}{600 + F_y} d$$

2. Evaluasi P_n dari kesetimbangan gaya

$$P_n = C_c + C_s - T$$

3. Evaluasi P_n dengan mengambil momen terhadap A_s

$$P_n e' = C_c \left[\left(d - \frac{a}{2} \right) + C_s (d - d') \right]$$

Dengan :

$$C_c = 0,85 f'_c a_b b$$

$$C_s = A'_s (f'_s - 0,85 f'_c)$$

4. Asumsikan suatu nilai $f'_s = f_y$

5. Nilai f'_s berdasarkan asumsi c

$$f_s = \epsilon_s E_s = 600 \left(\frac{d-c}{c} \right) \leq f_y$$

6. Hitung nilai P_{n1} dan P_{n2} dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Apabila P_{n1} cukup dekat dengan P_{n2} , maka nilai P_n diambil dari nilai terkecil antara P_{n1} dan P_{n2} atau rerata keduanya. Jika P_{n1} dan P_{n2} tidak cukup dekat, maka asumsikan nilai c dan a yang baru dan ulangi perhitungan hingga P_{n1} cukup dengan P_{n2} (kurang lebih 1%).

7. Periksa apakah tulangan tekan benar sudah luluh sesuai dengan asumsi semula, dengan menghitung ε'_s dan membandingkannya dengan ε_y . Bila $\varepsilon'_s > \varepsilon_y$ maka tulangan tekan sudah luluh. Jika belum luluh, maka f'_s dihitung sebagai berikut :

$$f'_s = 600 \left(\frac{c - d'}{c} \right) \leq f_y$$

8. Regangan tulang tarik biasanya kurang dari 0,002 sehingga faktor reduksi dapat diambil 0,65 atau 0,75 untuk penampang kolom dengan sengkang spiral.

2.3.6 Sloof

Sloof merupakan salah satu struktur bawah suatu bangunan yang menghubungkan pondasi dan berfungsi sebagai penerima beban dinding di atasnya sehingga bila terjadi penurunan pada pondasi, diharapkan penurunan tersebut dapat tertahan atau akan terjadi penurunan yang bersamaan.

Langkah perhitungan sloof sama seperti pada pondasi. Adapun langkah perhitungan sloof adalah sebagai berikut :

1. Menentukan dimensi, mutu beton, dan mutu tulangan yang akan digunakan.
2. Menghitung pembebanan pada sloof untuk kemudian di proses menggunakan program SAP untuk mendapatkan data gaya dalamnya.
3. Menentukan momen dan gaya geser maksimum berdasarkan hasil analisa menggunakan program SAP.
4. Melakukan perhitungan tulangan lentur lapangan dan tumpuan.
5. Menghitung penulangan geser.

2.3.7 Pondasi

Pondasi adalah elemen pemikul beban dari kolom yang kemudian menyalurkannya ke lapisan tanah keras. Pondasi beton bertulang dapat berupa pondasi pelat setempat atau pondasi lajur. Pada bangunan yang

berada pada lapisan tanah dengan daya dukung tanah rendah, terkadang digunakan pula sistem pondasi rakit (*raft foundation*) beton bertulang.

(*Perencanaan Struktur Beton Bertulang Setiawan, 2016, hal 5*)

1. Pondasi Tiang Pancang

Apabila suatu bangunan terletak pada tanah dengan daya dukung yang jelek, dan didapati bahwa lokasi tanah keras cukup jauh dari muka tanah, maka digunakan pondasi tiang pancang. Daya dukung tiang pancang untuk memikul suatu beban kolom yang cukup berat , terkadang pondasi tidak memikul satu buah tiang pancang tetapi dua atau lebih untuk memikul beban kolom. Perhitungan momen lentur dan gaya geser pada pile cap didasarkan pada asumsi bahwa reaksi dari masing-masing tiang pancang terpusat pada berat penampang tiang pancang (*SNI 2847-2013 Tentang Tebal Minimum Fondasi tapak berdasarkan pasal 15.7*) ketebalan minimum dari sebuah pile cap ditentukan sebesar 300 mm yang dapat mentransfer beban dengan baik ke lapisan tanah, maka jarak antar tiang pancang dibatasi minimal 3 kali diameter tiang pancang.

Langkah – langkah perhitungan sebagai berikut :

1. Menghitung daya dukung ijin tanah melalui perhitungan dengan berdasarkan data-data yang ada. Berdasarkan kekuatan bahan tiang

$$\text{pancang : } Q_{\text{tiang}} = 0,3 \times f_c \times A_{\text{tiang}}$$

2. Ketahanan Tanah $Q_{\text{izin}} = \frac{NK \times A_b}{f_b} + 0,3 \frac{JPH \times O}{f_s}$

Dimana : NK = Nilai Konus

JPH = Jumlah Hambatan pekat

Ab = luas tiang

O = Keliling Tiang

Fb = Faktor Keamanan daya dukung ujung

Fs = Faktor Keamanan daya dukung gesek

3. Menentukan jumlah tiang pancang

$$N = \frac{P_{\text{total}}}{Q}$$

4. menentukan jarak antar tiang

Apabila setelah dilakukan perhitungan jumlah tiang pancang langkah perencanaan selanjutnya adalah menentukan jarak antara masing – masing tiang pancang.

$$S = 2,5D - 3D$$

Dimana : D = ukuran pile (tiang)

S = jarak antar tiang

5. Efisiensi kelompok tiang (Eq)

Digunakan metode *Uniform Building Code*

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

Eq = efisiensi kelompok tiang

θ = arc tg $\frac{d}{s}$ (derajat

d = ukuran tiang (m)

s = jarak tiang (m)

m = jumlah baris tiang dalam kelompo tiang

n = jumlah kolom tiang dalam kelompok tiang

6. Cek beban yang bekerja pada masing-masing tiang

$$Q_1 = \frac{Q}{n} \pm \frac{M_y \times X_1}{\sum(x)^2} \pm \frac{M_x \times Y_1}{\sum(y)^2} \quad \text{dan} \quad Q_2 = \frac{Q}{n} \pm \frac{M_y \times X_1}{\sum(x)^2} \pm \frac{M_x \times Y_1}{\sum(y)^2}$$

Dimana :

Q = beban yang diterima oleh tiang pancang

\sum = jumlah total beban

Mx = momen yang bekerja pada bidang tegak lurus sumbu x

My = momen yang bekerja pada bidang tegak lurus sumbu y

N = banyak tiang pancang dalam kelompok tiang (pile group)

7. $Q_{total} = Q_1 + Q_2$

8. Daya dukung tiang

$$Q_{izin \text{ group}} = Q_{izin} \times E_q \times n$$

9. $Q_{izin \text{ group}} > Q_{total}$

10.

Penulangan pondasi

1. Tulangan pokok tiang pancang

$$K = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2}$$

Dimana nilai k untuk mendapatkan nilai p

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

Dimana : B = ukuran tiang

D = tinggi efektif

Menentukan jumlah tulangan selain dengan menggunakan buku beton betulang dapat dihitung dengan .

$$N = \frac{A_s}{\frac{1}{4}\pi \times d^2}$$

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{A_s 1D19}{A_s \text{ butuh}} \times b$$

Perhitungan diatas untuk mendapatkan jumlah tulangan pile cap yang digunakan.

a. Perhitungan tulangan geser

$$X = d_{eff} + \frac{1}{2} \times \text{kolom}$$

V_u rencana didapat dari pola pengangkutan sebagai berikut :

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c} \times b_e \times d_{eff}$$

V_u kritis $< \phi V_c$ (maka cek terhadap S_{min} dan S_{max})

ϕV_c , yang dimana $\phi = 0.75$

$$\text{Maka, } S_{min} = \frac{3 \times A_v \times f_y}{b_w}$$

$$S_{max} = \frac{d_{eff}}{2}$$

Maka didapatkan tulangan sengkang

b. Perhitungan *pile cap*

Pile cap merupakan bagian yang mengikat dan mengunci posisi tiang pancang. Langkah – langkah perencanaan *pile cap* :

- Menentukan beban yang bekerja

$$P_u = 1,2 P_D + 1,6 P_L$$

- Menentukan dimensi *pile cap*

Panjang *pile cap*

$$L_w = (K + 1) \times D + 300$$

Lebar *pile cap*

$$b_w = D + 300$$

Dimana:

L_w : Panjang *pile cap* (mm)

D : Diameter tiang pancang (mm)

K : Variabel jarak *pile cap*

2.4 Manajemen Proyek

2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat-Syarat

Rencana kerja dan syarat-syarat adalah segala ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh para kontraktor pada saat akan mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan nantinya.

2.4.2 Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada, dan dihitung dalam setiap jenis pekerjaan. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek.

2.4.3 Analisa Harga Satuan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan biaya-biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Guna dari harga satuan ini agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat dalam analisa harga satuan ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari hasil perkalian dengan volume pekerjaan. Analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya (RAB).

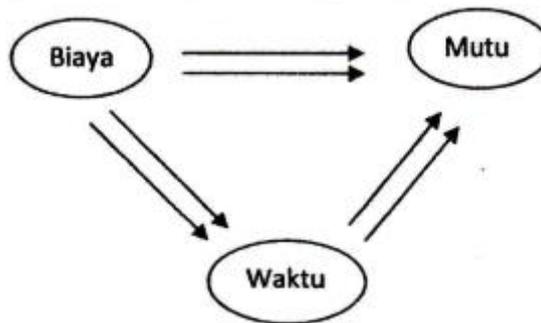
2.4.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah pekerjaan menghitung volume bangunan, menentukan biaya dan menyusun tata cara pelaksanaan teknik dan administrasi. Tujuan RAB adalah untuk memberikan gambaran yang pasti mengenai besarnya biaya pelaksanaan atau penyelesaian.

2.4.5 Rencana Pelaksanaan

1. NWP (*Network Planning*)

Dalam menyelesaikan pekerjaan konstruksi dibutuhkan suatu perencanaan waktu yang akan diperlukan untuk menyelesaikan tiap bagian pekerjaan yang akan dilaksanakan. NWP adalah suatu alat pengendalian pekerjaan di lapangan yang ditandai dengan simbol tertentu berupa urutan kegiatan dalam suatu proyek yang berfungsi untuk memperlancar pekerjaan.



Gambar 2.1 Diagram *Network Planning*

2. *Barchart*

Menguraikan tentang uraian setiap pekerjaan mulai dari tahap awal sampai berakhirnya pekerjaan. bobot pekerjaan dan waktu pelaksanaan pekerjaan.

3. Kurva “S”

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dari tahap awal sampai berakhirnya pekerjaan. Bobot pekerjaan merupakan merupakan persentase yang didapatkan dari perbandingan harga pekerjaan dan harga total keseluruhan dari jumlah penawaran.