

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Definisi struktur dalam konteks hubungannya dengan bangunan adalah sebagai sarana menyalurkan beban dan akibat penggunaannya dan atau kehadiran bangunan ke dalam tanah (Schodeck, 1980).

Struktur bangunan pada umumnya terdiri dari struktur bawah dan struktur atas. Struktur bawah adalah struktur bangunan yang berada di bawah permukaan tanah seperti pondasi dan sloof. Sedangkan struktur atas adalah struktur bangunan yang berada di atas permukaan tanah seperti kolom, balok, plat lantai dan tangga.

Suatu struktur bangunan beton bertulang harus direncanakan dengan tepat dan teliti, agar tidak terjadi keruntuhan. Struktur bangunan yang didesain pada dasarnya harus memenuhi kriteria-kriteria sebagai berikut :

- a. Kuat dalam menahan beban yang direncanakan
- b. Memenuhi persyaratan kemampuan layanan
- c. Memiliki durabilitas yang tinggi
- d. Kesesuaian dengan lingkungan sekitar
- e. Ekonomis
- f. Mudah perawatannya

Beban-beban yang bekerja pada struktur seperti beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), beban gempa (*earth quake*), dan beban angin (*wind load*) menjadi bahan perhitungan awal dalam perencanaan struktur untuk mendapatkan besar dan arah gaya-gaya yang bekerja pada setiap komponen struktur, kemudian dapat dilakukan analisis struktur untuk mengetahui besarnya kapasitas penampang dan

tulangan yang dibutuhkan oleh masing-masing struktur (Gideon dan Takim, 1993)

2.2 Dasar Perencanaan

Pada perencanaan struktur bangunan diperlukan beberapa dasar teori perencanaan berupa ilmu teoritis tentang pembebanan, kekuatan bahan serta peraturan – peraturan yang berlaku.

2.2.1 Peraturan – Peraturan yang berlaku

Dasar peraturan – peraturan yang dipakai dalam redesain struktur gedung ini adalah sebagai berikut :

- a. SNI 1723-2013 tentang Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain
- b. SNI 2847-2013 tentang Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung
- c. SNI 1726-2012 tentang Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung

2.2.2 Jenis Pembebanan

Dalam perencanaan struktur bangunan harus memenuhi peraturan-peraturan yang berlaku untuk mendapatkan suatu struktur bangunan yang aman secara konstruksi. Struktur bangunan yang direncanakan harus mampu menahan beban mati, beban hidup dan beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan tersebut. Beban – beban yang bekerja pada struktur bangunan adalah sebagai berikut :

1. Beban Mati (*dead load / D*)

Menurut SNI 1727-2013 pasal 3.1, definisi 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 keran.

Besar beban mati dari beberapa komponen penting dalam gedung ditunjukkan dalam tabel berikut :

Tabel 1.1 Beban Mati

Bahan Bangunan	Berat	Satuan
Baja	7850	Kg/m ³
Beton	2200	Kg/m ³
Beton bertulang	2400	Kg/m ³
Komponen Gedung	Berat	Satuan
Spesi semen, per cm tebal	21	Kg/m ²
Dinding Pasangan Bata merah ½ Batu	250	Kg/m ²
Langit-Langit dengan Penggantung	18	Kg/m ²
Penutup atap genting	50	Kg/m ²
Penutup lantai dari ubin semen portland, per cm tebal	24	Kg/m ²

Sumber : SNI 1723-2013

2. Beban Hidup (*live load / L*)

Menurut SNI 1727-2013 pasal 4.1, definisi Beban hidup adalah 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.

Termasuk beban ini adalah berat manusia, perabotan yang dipindah-pindah, kendaraan, dan beban barang lain yang sering berpindah tempat. Karena sering berpindah tempat ataupun berubah

berat, maka menentukan secara pasti beban hidup yang bekerja, akan sangat sulit.

Tabel 1.2 Beban Hidup

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

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Susunan tangga, rel pengamandan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) ^m tidak boleh direduksi	^{n, g}
Rumah sakit:		
Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	1 000 (4,45)
Ruang pasien	40 (1,92)	1 000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
Ruang baca	60 (2,87)	1 000 (4,45)
Ruang penyimpanan	150 (7,18) ^{a, n}	1 000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	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 set	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, Kolam renang, dan penggunaan yang sama	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, s}	
Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	60 (2,87) ^{a, s}	
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48)	
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 dan koridor yang melayani mereka	100 (4,79)	

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Atap Atap datar, berbubung, dan lengkung Atap digunakan untuk taman atap Atap yang digunakan untuk tujuan lain Atap yang digunakan untuk hunian lainnya Awning dan kanopi Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan Rangka tumpu layar penutup	20 (0,96) ^a 100 (4,79) Sama seperti hunian dilayani 5 (0,24) tidak boleh direduksi 5 (0,24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan luas tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka	 200 (0,89)
Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau seliap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi. Semua komponen struktur atap utama lainnya Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan	20 (0,96)	2 000 (8,9) 300 (1,33) 300 (1,33)
Sekolah Ruang kelas Koridor di atas lantai pertama Koridor lantai pertama	40 (1,92) 80 (3,83) 100 (4,79)	1 000 (4,5) 1 000 (4,5) 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,b}	8 000 (35,6) ^a
Tangga dan jalan keluar Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	300 ^c 300 ^c
Gudang diatas langit-langit Gudang penyimpan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat)	20 (0,96)	
Ringan Berat	125 (6,00) ^a 250 (11,97) ^a	

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Toko		
Eceran		
Lantai pertama	100 (4,79)	1 000 (4,45)
Lantai di atasnya	75 (3,59)	1 000 (4,45)
Grosir, di semua lantai	125 (6,00)*	1 000 (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)*	

Sumber : SNI 1723-2013

3. Beban Angin (*wind load / W*)

Beban angin adalah beban yang bekerja pada struktur, akibat tekanan-tekanan dari gerakan angin. Besarnya beban ini tergantung lokasi dan ketinggian dari struktur. Gedung tinggi yang berdiri di dekat pantai akan menerima beban angin yang cukup besar. Untuk kondisi biasa, beban angin diperhitungkan minimum 25 kg/m^2

4. Beban Gempa (*earthquake load / E*)

Daerah yang masuk pada jalur gempa, harus diperhitungkan beban gempanya. Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada struktur akibat adanya pergerakan tanah oleh gempa bumi, baik pergerakan arah vertikal maupun horisontal. Namun pada umumnya, percepatan tanah arah horisontal lebih besar daripada arah vertikal, sehingga pengaruh gerakan horisontal jauh lebih menentukan.

Ada dua buah prosedur yang umum digunakan untuk menentukan beban gempa disain yaitu prosedur gaya statik ekuivalen dan analisis dinamis. Sebagaimana diketahui bersama, beban gempa sesungguhnya bersifat dinamik yang berubah menurut waktu. Akan tetapi, perencanaan beban dinamik lebih kompleks sehingga

memerlukan lebih banyak waktu dan tenaga. Oleh karena itu, code mengijinkan untuk dilakukan penyederhanaan menjadi beban statik (statik ekivalen) dengan beberapa persyaratan.

Statik ekivalen adalah suatu representasi dari beban gempa setelah disederhanakan dan dimodifikasi, yang mana gaya inersia yang bekerja pada suatu massa akibat gempa disederhanakan menjadi gaya horizontal (Widodo, 2001).

2.2.3 Konfigurasi Struktur Gedung

Konfigurasi struktur sangat berpengaruh untuk menentukan suatu perencanaan, apakah struktur tersebut adalah struktur bangunan beraturan atau tidak beraturan. Untuk gedung dengan struktur beraturan maka perencana dapat menganalisa struktur tersebut dengan cara statik ekuivalen sedangkan untuk gedung yang tidak beraturan perencana harus menganalisa dengan metode analisa dinamis.

Suatu struktur gedung dikategorikan struktur gedung beraturan, apabila memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- a. Tinggi struktur gedung diukur dari taraf penjepitan lateral tidak lebih dari 10 tingkat atau 40 m.
- b. Denah struktur gedung adalah persegi panjang tanpa tonjolan, panjang tonjolan tersebut tidak lebih dari 25% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah tonjolan tersebut.
- c. Denah struktur gedung tidak menunjukkan coakan sudut dan walaupun mempunyai coakan sudut, panjang sisi coakan tersebut tidak lebih dari 15% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah sisi coakan tersebut.
- d. Sistem struktur gedung terbentuk oleh subsistem-subsistem penahan beban lateral yang arahnya saling tegak lurus dan sejajar dengan sumbu-sumbu utama ortogonal denah struktur gedung secara keseluruhan.

- e. Sistem struktur gedung tidak menunjukkan loncatan bidang muka dan walaupun mempunyai loncatan bidang muka, ukuran dari denah struktur bagian gedung yang menjulang dalam masing-masing arah, tidak kurang dari 75% dari ukuran terbesar denah struktur bagian gedung sebelah bawahnya. Dalam hal ini, struktur rumah atap yang tingginya tidak lebih dari 2 tingkat tidak perlu dianggap menyebabkan adanya loncatan bidang muka.
- f. Sistem struktur gedung memiliki kekakuan lateral yang beraturan, tanpa adanya tingkat lunak. Yang dimaksud tingkat lunak adalah suatu tingkat dimana kekakuan lateralnya adalah kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan rata-rata 3 tingkat di atasnya. Dalam hal ini yang dimaksud dengan kekakuan lateral suatu tingkat adalah gaya geser yang bila bekerja di tingkat itu menyebabkan satu satuan simpangan antar tingkat.
- g. Sistem struktur gedung memiliki berat lantai tingkat yang beraturan, artinya setiap 1 lantai tingkat memiliki berat yang tidak lebih dari 150% dari berat lantai tingkat di atasnya atau dibawahnya. Berat atap atau rumah atap tidak perlu memenuhi ketentuan ini.
- h. Sistem struktur gedung memiliki unsur-unsur vertikal dari sistem penahan beban lateral menerus, tanpa perpindahan titik beratnya, kecuali bila perpindahan tersebut tidak lebih dari setengah ukuran unsur dalam arah perpindahan tersebut.
- i. Sistem struktur gedung memiliki lantai tingkat menerus, tanpa lubang atau bukaan yang luasnya lebih dari 50% luas seluruh lantai tingkat. Walaupun ada lantai tingkat dengan lubang atau bukaan seperti itu, jumlahnya tidak boleh melebihi 20% dari jumlah lantai tingkat seluruhnya.

Untuk struktur gedung beraturan, pengaruh gempa rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa statik ekuivalen, sehingga analisisnya dapat dilakukan berdasarkan analisis statik ekuivalen.

2.3 Prosedur Perencanaan

Filosofi dasar desain ini terdapat pada SNI Beton 2847_2013 Pasal 9.1.1 dan 9.1.2, yang berbunyi :

9.1.1 Struktur dan komponen struktur harus didesain agar mempunyai kekuatan desain di semua penampang paling sedikit sama dengan kekuatan perlu yang dihitung untuk beban dan gaya terfaktor dalam kombinasi sedemikian rupa seperti ditetapkan dalam standar ini.

9.1.2. Komponen struktur juga harus memenuhi semua ketentuan standar ini yang lainnya untuk menjamin kinerja yang mencukupi pada tingkat beban layan.

2.3.1 Faktor Keamanan

Agar dapat terjamin bahwa suatu struktur yang direncanakan mampu menahan beban yang bekerja, maka pada perencanaan struktur digunakan faktor keamanan tertentu yang terdiri atas dua jenis, yaitu :

- 1.) Faktor keamanan yang berkaitan dengan beban luar yang bekerja pada struktur, disebut faktor beban
- 2.) Faktor keamanan yang berkaitan dengan kekuatan struktur (gaya dalam), disebut faktor reduksi kekuatan (ϕ).

2.3.1.1 Faktor Beban

SNI 2847_2013 Pasal 9.2, menguraikan tentang faktor-faktor beban dan kombinasi – kombinasi beban terfaktor untuk perhitungan pengaruh-pengaruh beban.

Kombinasi – kombinasi beban terfaktor tersebut adalah :

Tabel 1.3 Kombinasi – kombinasi beban terfaktor

No	Jenis beban	Kombinasi	Pers.
1	Beban mati	$U = 1,4D$	(9-1)
2	Beban mati dan beban hidup	$U = 1,2D + 1,6L + 0,5(A \text{ atau } R)$	(9-2)
3	Jika pengaruh angin diperhitungkan	$U = 1,2D + 1,6(A \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$	(9-3)
	(diambil pengaruh yang terbesar)	$U = 1,2D + W + L + 0,5(A \text{ atau } R)$	(9-4)
4	Jika pengaruh gempa diperhitungkan	$U = 0,9D + W$	(9-6)
		$U = 1,2D + E + L$	(9-5)
		$U = 0,9D + E$	(9-7)

Sumber : SNI 2847 (2013) Pasal 9.2

dengan :

U = Kombinasi Beban Terfaktor

D = Beban mati (*Dead Load*)

L = Beban Hidup (*Live Load*)

A = Beban Hidup Atap

R = Beban Air Hujan

W = Beban Angin (*Wind Load*)

E = Beban Gempa (*Earth quake Load*)

2.3.1.2 Faktor Reduksi Kekuatan

Ketidakpastian kekuatan bahan terhadap pembebanan pada komponen struktur dianggap sebagai faktor reduksi kekuatan ϕ , yang nilainya ditentukan menurut pasal 9.3.2 SNI 03-2847-2013 sebagai berikut :

- 1) Penampang terkontrol tarik. Penampang adalah terkendali tarik jika regangan tarik beton dalam baja tarik terjauh, ϵ_t , sama dengan atau lebih besar dari 0,005 bila beton tekan mencapai batas regangan asumsi sebesar 0,003. Penampang dengan ϵ_t antara batas regangan terkendali tekan dan 0,005 membentuk daerah transisi antara penampang terkendali tekan dan terkendali tarik

$$\phi = 0,90 \quad \text{(pasal 9.3.2.1)}$$

- 2) Penampang terkontrol tekan. Penampang adalah terkendali tekan jika regangan tarik neto dalam baja tarik terjauh, ϵ , sama dengan atau kurang dari batas regangan terkontrol tarik bila beton tekan mencapai batas regangan asumsi sebesar 0,003. Batas regangan terkendali tekan adalah regangan tarik neto dalam tulangan pada kondisi regangan seimbang. Untuk tulangan mutu 420 Mpa, dan untuk semua tulangan prategang, diizinkan untuk menetapkan batas regangan terkendali tekan sama dengan 0,002

- a. Komponen struktur dengan tulangan spiral

$$\phi = 0,75 \quad \text{hanya bila,} \quad \text{(pasal 9.3.2.2 (a))}$$

Rasio volume tulangan spiral, ρ_s tidak boleh kurang dari nilai yang diberikan oleh :

$$\rho_s = 0,45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}}$$

dimana :

A_g = luas penampang kotor beton

A_{ch} = luas penampang inti yang dilingkupi oleh serat terluar
baja tulangan pengegang spiral

f'_c = kuat tekan beton

f_{yt} = kuat leleh baja tulangan pengegang spiral (≤ 700 Mpa)

- 
- b. Komponen struktur dengan tulangan pengegang lainnya
 $\phi = 0,70$ (pasal 9.3.2.2 (b))
- c. Geser dan Torsi
 $\phi = 0,85$ (pasal 9.3.2.3)
- d. Tumpuan pada beton
 $\phi = 0,70$ (pasal 9.3.2.4)

2.3.2 Material Baja Tulangan

Material beton lemah dalam tarik sehingga material beton digunakan bersama sama dengan material baja tulangan atau kawat baja

yang menahan tegangan tarik. Ada dua jenis tulangan baja yang terdapat di pasaran, yaitu tulangan polos (BJTP) dan tulangan ulir / strip (BJTS). Tulangan polos biasanya mempunyai tegangan leleh minimum sebesar 240 Mpa sedangkan tulangan ulir umumnya mempunyai tegangan leleh minimum sebesar 400 Mpa. Diameter baja tulangan ulir yang tersedia di pasaran dapat dilihat pada tabel 2.4

Tabel 1.4 Tulangan Ulir dan Ukurannya

Jenis	Diameter Nominal *	Berat per meter
	(mm)	(Kg)
D10	10	0,617
D13	13	1,042
D16	16	1,578
D19	19	2,226
D22	22	2,984
D25	25	3,853
D29	29	5,185
D32	32	6,313
D36	36	7,990

Sumber : Iswandi Imran & Ediansjah Zulkifli, Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang (2014)

Catatan :

* Diameter nominal tulangan ulir sama dengan diameter tulangan polos yang mempunyai berat per satuan panjang yang sama dengan berat / satuan panjang tulangan ulir.

Tulangan polos yang umum terdapat di pasaran adalah Ø6, Ø8, Ø10, Ø12, Ø14, Ø16. Sedangkan untuk tulangan ulir, hampir semua ukuran yang ada pada tabel di atas ada di pasaran. Berdasarkan SNI beton Pasal 3.5, baja tulangan yang boleh digunakan pada elemen

struktur beton haruslah tulangan ulir. Tulangan polos diperkenankan untuk digunakan hanya untuk tulangan spiral atau baja prategang. Penggunaan baja tulangan polos dapat menghasilkan perilaku elemen struktur yang kurang baik (Meas dkk. 2012).

Berdasarkan SNI Beton Pasal 8.5.2, modulus elastisitas tulangan non-pratekan E_s boleh diambil sebesar 200.000 Mpa. Selain tulangan baja tunggal, pada elemen-elemen struktur pelat atau dinding sering juga digunakan tulangan wiremesh yang terdiri atas kumpulan kawat polos atau ulir yang dilas satu sama lain sehingga membentuk pola grid. Tulangan wiremesh ini umumnya mempunyai tegangan leleh minimum sebesar 500 Mpa. Ukuran diameter wiremesh yang tersedia di pasaran adalah Ø4, Ø5, Ø6, Ø7, Ø8, Ø9 dan Ø10. Ukuran standar lembaran wiremesh umumnya adalah 5,4 m x 2,1 m.

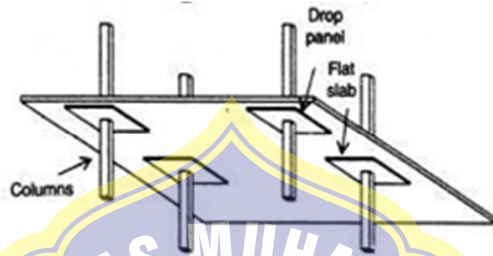
2.3.3 Perencanaan *Flat Slab*

Flat Slab adalah Pelat beton bertulang yang langsung ditumpu oleh kolom-kolom tanpa balok-balok. Sistem ini digunakan bila bentang tidak besar dan intensitas beban tidak terlalu berat, misalnya bangunan pemerintahan. Sistem flat slab mempunyai ciri khusus yaitu, tidak direncanakan balok sepanjang garis kolom dalam (interior), sementara balok-balok tepi sepanjang garis kolom luar (eksterior), boleh direncanakan atau tidak (Wang, C.K.Salman C.G., 1989)

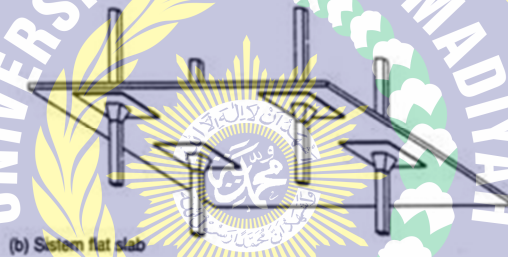
Terkadang bagian kritis pelat disekitar kolom penumpu perlu dipertebal untuk memperkuat pelat terhadap gaya geser, pons dan lentur. Terdapat dua bentuk penebalan tersebut diantaranya :

1. Drop panel adalah penambahan tebal pelat di sekitar area kolom untuk mengurangi tekanan pada bagian pelat

2. Kepala kolom (*Column Capital*), adalah pembesaran (penebalan) dari kolomnya yang bertemu dengan pelat di atasnya



Gambar 1-1 Sistem *Flat Slab* dengan *drop panel*



Gambar 1-2 Sistem *Flat Slab* dengan *column capital + drop panel*

Namun dalam penelitian ini, menggunakan sistem flat slab dengan drop panel saja, dikarenakan dalam pelaksanaan pembangunan dilokasi pekerjaan lebih mudah dibandingkan flat slab dengan kolom kapital.

2.3.3.1 Metode Perencanaan

Dalam perencanaan Flat Slab dapat menggunakan Metode Perencanaan Langsung (*Direct design method*) sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 13.6 atau dengan metode rangka ekuivalen menurut SNI 03-2847-2013 pasal 13.7.

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 13.6.1, Suatu plat dua arah sistem Flat Slab dapat direncanakan dengan menggunakan metode Perencanaan Langsung dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Harus terdapat minimum tiga bentang menerus dalam masing-masing arah
2. Panel harus berbentuk persegi, dengan rasio antara bentang yang lebih panjang terhadap yang lebih pendek pusat ke pusat tumpuan dalam panel tidak lebih besar dari 2
3. Panjang bentang yang berturutan pusat ke pusat tumpuan dalam masing-masing arah tidak boleh berbeda dengan lebih dari sepertiga bentang yang lebih panjang
4. Pergeseran (offset) kolom dengan maksimum sebesar 10% dari bentangnya (dalam arah pergeseran) dari baik sumbu antara garis-garis pusat kolom yang berturutan diizinkan.
5. Semua beban harus akibat gravitasi saja dan didistribusikan merata pada panel keseluruhan. Beban hidup terfaktor tidak boleh melebihi dua kali beban mati tak terfaktor.
6. Untuk panel dengan balok di antara tumpuan pada semua sisinya, harus dipenuhi untuk balok dalam dua arah tegak lurus.

$$0,2 \leq \frac{\alpha_{f1} \ell_2^2}{\alpha_{f2} \ell_1^2} \leq 5,0$$

Dimana α_{f1} dan α_{f2} dihitung sesuai dengan Persamaan di bawah ini :

$$\alpha_f = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

α_1 = α dalam arah ℓ_1

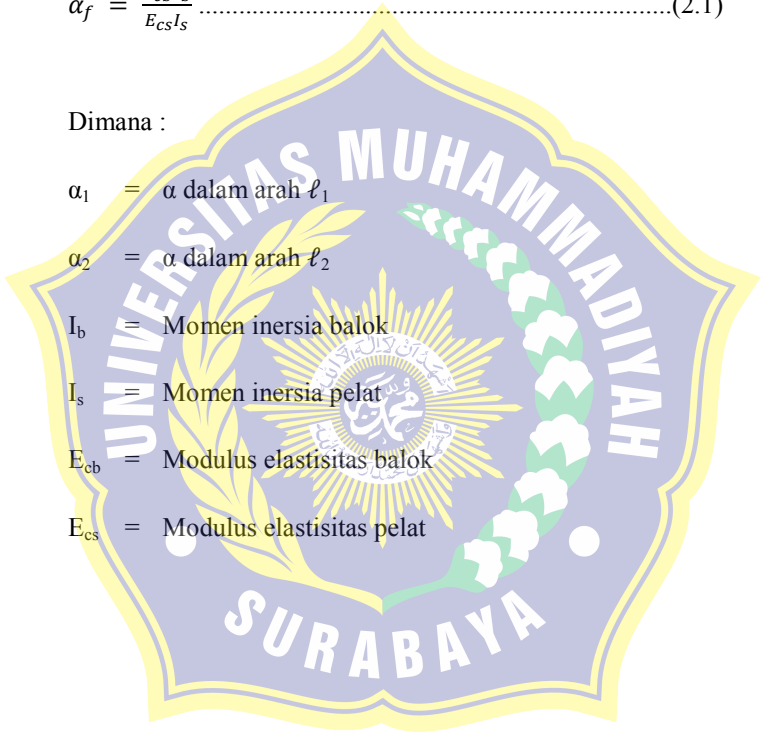
α_2 = α dalam arah ℓ_2

I_b = Momen inersia balok

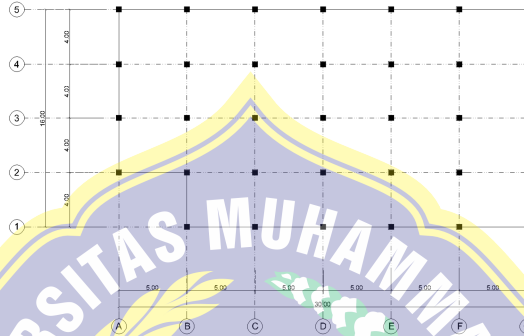
I_s = Momen inersia pelat

E_{cb} = Modulus elastisitas balok

E_{cs} = Modulus elastisitas pelat



Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 13.6.1 di atas, maka peneliti merencanakan ulang Struktur dengan bentang grid kolom sumbu x per 5 meter, dan sumbu y per 4 meter



Gambar 1-3 Rencana Bentang Grid Kolom

2.3.3.2 Tebal Minimum Pelat

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.2, untuk merencanakan pelat tanpa balok interior yang membentang di antara tumpuan dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari 2, tebal minimumnya harus memenuhi ketentuan Tabel 2.5 dan tidak boleh kurang dari nilai berikut :

- 1.) Tanpa panel drop (*drop panels*)125mm
- 2.) Dengan panel drop (*drop panels*)100mm

Tabel 1.5 Tebal minimum pelat tanpa balok interior*

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	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 40$	$\ell_n / 40$
420	$\ell_n / 30$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$
520	$\ell_n / 28$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 34$	$\ell_n / 34$

Sumber : SNI 03-2847-2013

Dimana :

ℓ_n = Panjang bentang bersih yang diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok (mm)

f_y = Tegangan leleh baja

= Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum Harus ditentukan dengan interpolasi linier

= Panel drop didefinisikan dalam SNI-03-2847-2013 pasal 13.2.5

= Pelat dengan balok di antara kolom-kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α_f untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8

2.3.3.3 Perhitungan Kebutuhan Penulangan Pelat

a. Rasio Tulangan

Guna menjamin suatu struktur dalam keadaan *daktail*, maka rasio tulangan perlu (ρ_{perlu}) harus berada diantara rasio tulangan minimum (ρ_{min}) dan rasio tulangan maksimum (ρ_{maks})

$$(\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{maks})$$

Dengan persamaan :

$$\text{Rasio tulangan minimum} = \frac{1,4}{f_y} \dots \dots \dots (2.2)$$

$$\text{Rasio tulangan maksimum} = 0,75 \times \rho \text{ balance} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$\rho \text{ balance} = \frac{0,85 f'c}{f_y} \times \beta_1 \times \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \dots \dots \dots (2.4)$$

dimana :

f_y = Mutu baja tulangan (Mpa)

$f'c$ = Mutu beton (Mpa)

β_1 = Faktor Reduksi

b. Jumlah Luas Tulangan

Jumlah luas tulangan yang diperlukan dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$A_s = \rho \times b \times d \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

A_s = luas tulangan yang diperlukan

ρ = rasio tulangan

b = dimensi elemen struktur

d = dimensi elemen struktur

c. Kapasitas Pelat Lantai

Kapasitas Pelat Lantai dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times A_s \times f_y \times (d - a/2) \dots\dots\dots(2.7)$$

d. Cek Kapasitas Momen

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, Kapasitas momen dapat dicek menggunakan persamaan berikut :

$$\phi M_n \geq M_u \dots\dots\dots(2.8)$$

dimana :

M_u = Momen lentur terfaktor

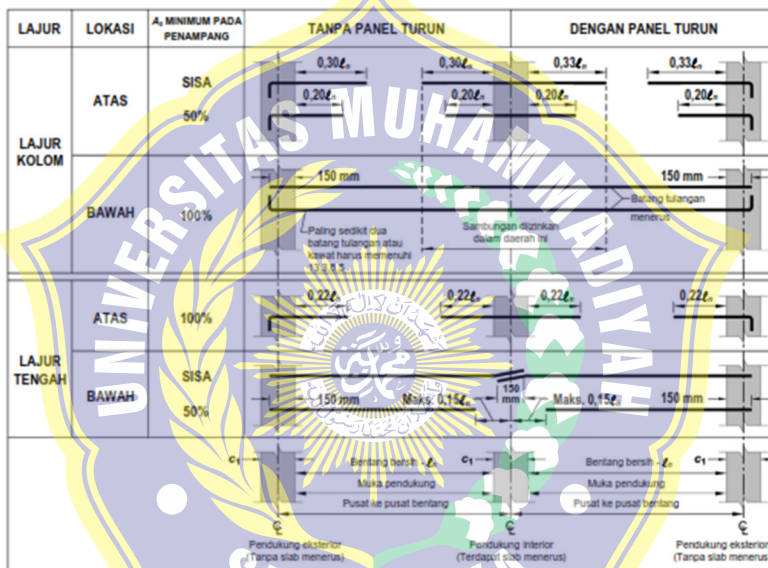
ϕ = Faktor Tahanan = 0,9 (SNI 03-2847-2013 ; psl 9.3.2)

M_n = Kuat nominal dari momen lentur penampang

e. **Detail Tulangan Pelat Tanpa Balok**

- 1) Sebagai tambahan terhadap persyaratan lain dari 13.3, tulangan pada slab tanpa balok harus mempunyai perpanjangan minimum seperti ditetapkan dalam Gambar 2.4

Gambar 1-4 Perpanjangan minimum untuk tulangan pada slab tanpa balok



Sumber : SNI 03-2847-2013 ; Pasal 13.3.8.1

- 2) Bila bentang-bentang di sebelahnya tidak sama, perpanjangan tulangan momen negatif yang melewati muka tumpuan seperti yang ditetapkan

- dalam Gambar 2.4 harus didasarkan pada persyaratan bentang yang lebih panjang
- 3) Tulangan yang dibengkokkan diizinkan hanya bila rasio tingg-bentang mengizinkan pemakaian bengkokan 45 derajat atau kurang
 - 4) Pada rangka dimana slab dua arah bekerja sebagai komponen struktur utama yang menahan beban lateral, panjang tulangan harus ditentukan oleh analisis tetapi tidak boleh kurang dari yang ditentukan dalam Gambar 2.4
 - 5) Semua batang tulangan atau kawat bawah dalam lajur kolom, dalam setiap arah harus menerus atau disambung dengan sambungan lewat tarik Kelas B atau dengan sambungan mekanis atau las yang memenuhi 12.14.3. Sambungan harus ditempatkan seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.4. Paling sedikit dua batang tulangan atau kawat bawah lajur kolom dalam masing-masing arah harus melewati daerah yang dibatasi oleh tulangan memanjang kolom dan harus diangkur pada tumpuan eksterior
 - 6) Pada slab dengan kepala geser (*shearheads*) dan pada konstruksi slab-angkat bilamana tidak praktis untuk meneruskan batang tulangan bawah yang diisyaratkan oleh 13.3.8.5 melalui kolom, paling sedikit dua batang tulangan atau kawat bawah terikat dalam masing-masing arah harus secara praktis melewati kepala geser atau gelang angkat sedekat mungkin ke kolom dan menerus atau disambung dengan sambungan lewat tarik kelas B atau dengan sambungan mekanis atau las yang memenuhi 12.14.3. Pada kolom eksterior, tulangan

harus diangkur pada kepala geser atau gelang angkat.

2.3.3.4 Drop Panel

Dalam merencanakan drop panel, harus memenuhi persyaratan yang terdapat pada SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.5

A. Dimensi Drop Panel

Jika digunakan untuk mengurangi jumlah tulangan momen negatif pada kolom atau tebal slab perlu minimum, drop panel harus :

1. Menjorok di bawah slab paling sedikit seperempat tebal slab di sebelahnya

$$h_{\text{drop panel}} \geq \frac{1}{4} h_{\text{pelat}} \dots\dots\dots(2.9)$$

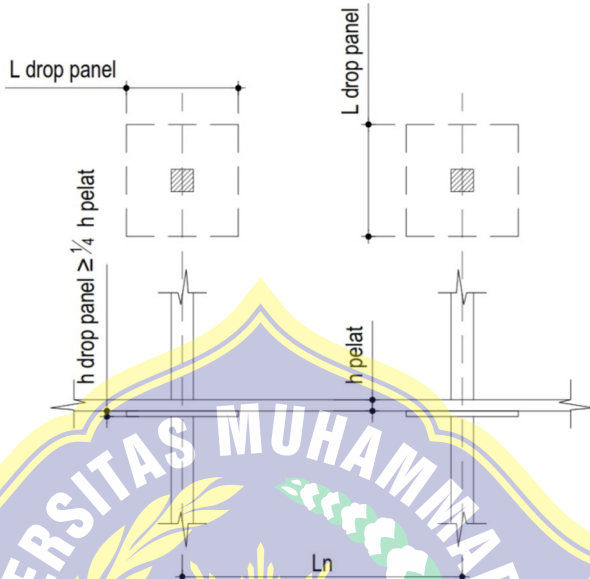
2. Menerus dalam setiap arah dari garis pusat tumpuan dengan jarak tidak kurang dari seperenam panjang bentang yang diukur dari pusat ke pusat tumpuan dalam arah tersebut.

- Arah sumbu x :

$$L_{\text{drop panel}} \geq \frac{1}{6} L_x \dots\dots\dots(2.10)$$

- Arah sumbu y :

$$L_{\text{drop panel}} \geq \frac{1}{6} L_y \dots\dots\dots(2.11)$$



Gambar 1-5 Persyaratan Dimensi Drop Panel

3. Pada perhitungan tulangan pelat yang diperlukan, tebal penebalan panel setempat tidak boleh diambil lebih daripada seperempat jarak dari tepi panel setempat ke tepi kolom atau kepala kolom.

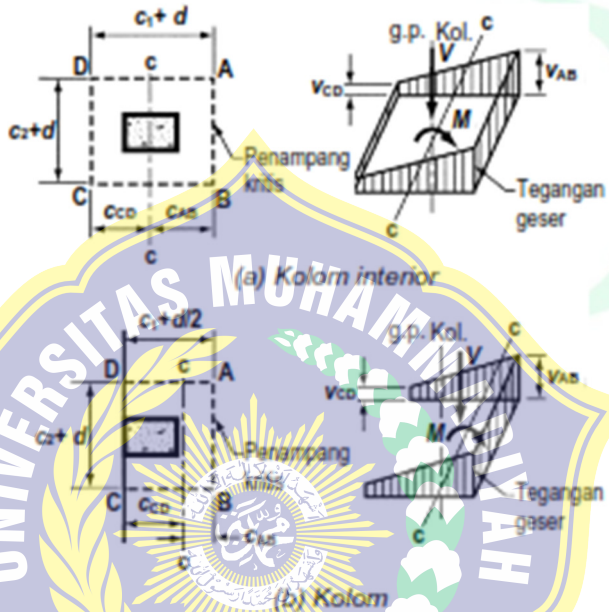
$$h_{\text{drop panel}} \leq 1/4 S_e \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana S_e adalah jarak tepi kolom ekuivalen ke tepi drop panel

B. Tulangan Geser Drop Panel

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, Distribusi asumsi tegangan pada kolom dapat digambarkan pada Gambar 2.6

Gambar 1-6 Distribusi asumsi tegangan



(Sumber : SNI 03-2847-2013)

1. Perhitungan luasan penampang beton yang menahan transfer geser :

➤ Untuk Kolom Interior

$$A_e = (c_1 + d) \times (c_2 + d) \dots\dots\dots(2.13)$$

➤ Untuk Kolom Eksterior

$$A_c = (c_1 + d/2) \times (c_2 + d) \dots\dots\dots(2.14)$$

2. Inersia penampang terhadap sumbu pusat :

➤ Untuk Kolom Interior

$$I_c = \frac{d(c_1 + d)^3}{6} + \frac{d^3(c_1 + d)}{6} + \frac{d(c_2 + d)(c_1 + d)^2}{2} \dots\dots(2.15)$$

➤ Untuk Kolom Eksterior (2.16)

$$I_c = \frac{(c_1 + \frac{d}{2})d^3}{6} + \frac{2d}{3}(c_{AB}^3 + c_{CD}^3) + (c_2 + d)(d)(c_{AB})^2$$

3. Faktor untuk menentukan momen tak seimbang yang disalurkan oleh lentur pada sambungan pelat - kolom :

$$Y_v = \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c_1 + d}{c_1 + d}}} \dots\dots\dots(2.17)$$

4. Gaya Geser terfaktor :

$$V_{uAB} = \frac{V_u}{A_c} + \frac{Y_v \times M_u \times c_{AB}}{I_c} \dots\dots\dots(2.18)$$

$$V_{uCD} = \frac{V_u}{A_c} + \frac{Y_v \times M_u \times c_{CD}}{I_c} \dots\dots\dots(2.19)$$

Menurut SNI 03-2847-2013, Tegangan geser maksimum akibat gaya geser dan momen terfaktor tidak boleh melebihi ϕV_n :

➤ Untuk komponen struktur tanpa tulangan geser :

$$\phi V_n = \phi V_c / (b_0 \times d) \dots\dots\dots(2.20)$$

- Untuk komponen struktur yang menggunakan tulangan geser :

$$\phi V_n = \phi(V_c + V_s) / (b_0 x d) \dots \dots \dots (2.21)$$

- Tegangan geser maksimum akibat gaya geser dan momen terfaktor tidak boleh melebihi dari:

$$\Phi 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} \dots \dots \dots (2.22)$$

2.3.4 Perencanaan Kolom

Pada suatu konstruksi bangunan gedung, kolom berfungsi sebagai pendukung beban-beban dari balok dan pelat, untuk diteruskan ke tanah dsar melalui pondasi. Beban dari balok dan pelat ini berupa beban aksial tekan serta momen lentur (akibat kontinuitas konstruksi). Oleh karena itu dapat didefinisikan, kolom ialah suatu struktur yang mendukung beban aksial dengan/ tanpa momen lentur. Ali Asroni (2010)

Dalam penelitian ini, perencanaan tulangan kolom menggunakan software PCA Column.

2.3.4.1 PCA Column

Software PCA Column adalah *software* yang biasa kita gunakan untuk medesain, menganalisa struktur kolom serta untuk melihat diagram interaksi kolom dengan cepat.

Program bantu untuk menghitung rasio tulangan ini dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman visual basic. Setelah melakukan analisa struktur secara manual maupun menggunakan

software, dan diperoleh gaya-gaya yang bekerja pada kolom, maka langkah selanjutnya adalah melakukan desain tulangan kolom

2.3.5 SAP 2000

Program SAP2000 merupakan pengembangan SAP (structure Analysis Program) yang dibuat oleh Prof. Edward L. Wilson dari University of California at Berkeley, US sekitar tahun 1970. pada tahun 1975 dibentuklah perusahaan Computer & Structure, Inc. dipimpin oleh Ashraf Habibullah yang bertujuan untuk melayani keperluan komersial.

Program SAP2000 dapat melakukan perhitungan analisis struktur statik / dinamik, saat melakukan desain penampang beton bertulang maupun struktur baja, SAP2000 juga menyediakan metode interface (antarmuka) yang secara grafis mudah digunakan dalam proses penyelesaian analisis struktur.

