

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1. TINJAUAN UMUM

Dalam perencanaan suatu struktur bangunan, pemahaman akan dasar teori sangat dibutuhkan. Terutama pemahaman akan perilaku beban terhadap struktur mutlak harus dikuasai. Pemahaman teori akan beban yang akan ditinjau merupakan suatu hal yang sangat vital dalam merencanakan sebuah bangunan.

Pada bab ini akan dijelaskan tentang tata cara dan langkah-langkah perhitungan struktur mulai dari perhitungan pembebanan, perhitungan struktur atas yang meliputi plat, balok, kolom dan tangga sampai dengan perhitungan struktur bawah pondasi tiang pancang. Studi pustaka dimaksudkan agar dapat memperoleh hasil perencanaan yang optimal dan akurat. Oleh karena itu, dalam bab ini pula akan dibahas mengenai konsep pemilihan sistem struktur dan konsep perencanaan / desain struktur bangunannya, seperti konfigurasi denah dan pembebanan yang telah disesuaikan dengan syarat-syarat dasar perencanaan suatu gedung bertingkat yang berlaku di Indonesia sehingga diharapkan hasil yang akan diperoleh nantinya tidak akan menimbulkan kegagalan struktur.

2.2. KONSEP DESAIN / PERENCANAAN STRUKTUR

Konsep tersebut merupakan dasar teori perencanaan dan perhitungan struktur yang meliputi desain terhadap beban lateral (gempa), denah dan konfigurasi bangunan, pemilihan material, konsep pembebanan, faktor reduksi terhadap kekuatan bahan, konsep perencanaan struktur atas dan struktur bawah, serta sistem pelaksanaannya.

2.2.1. Tinjauan Perencanaan Struktur Tahan Gempa

Dalam mendesain struktur, kestabilan lateral adalah hal terpenting karena gaya lateral mempengaruhi desain elemen-elemen vertikal dan horizontal struktur. Beban lateral yang paling berpengaruh terhadap struktur adalah beban gempa dimana efek

dinamisnya menjadikan analisisnya lebih kompleks. Tinjauan ini diperlukan untuk mengetahui metode analisis, pemilihan metode dan kriteria dasar perancangannya.

2.2.1.1. Metode Analisis Struktur Dinamis terhadap Beban Gempa

Analisis dinamis untuk perancangan struktur tahan gempa dilakukan jika diperlukan evaluasi yang lebih akurat dari gaya-gaya gempa yang bekerja pada struktur, serta untuk mengetahui perilaku dari struktur akibat pengaruh gempa. Pada struktur bangunan tingkat tinggi atau struktur dengan bentuk atau konfigurasi yang tidak teratur. Untuk perencanaan gedung 6 lantai ini digunakan **Analisis Ragam Spektrum Respons (Response Spectrum Modal Analysis)**, dimana suatu respons total struktur gedung tersebut didapat sebagai superposisi dari respons dinamik maksimum masing-masing ragamnya yang didapat melalui spectrum respons Gempa Rencana

Untuk keperluan analisis dinamis, biasanya struktur dimodelkan sebagai suatu sistem dengan massa-massa terpusat (*Lumped Mass Model*). Kesemua cara analisis yang ada pada dasarnya adalah untuk memperoleh respons maksimum yang terjadi pada struktur akibat pengaruh percepatan gempa. Respon tersebut umumnya dinyatakan dengan besaran perpindahan (*displacement*) yang terjadi. Dengan besaran ini maka besarnya gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur dapat ditentukan lebih lanjut untuk keperluan perencanaan.

2.2.1.2. Kriteria Dasar Perancangan

Pada tahap awal dari perancangan / desain struktur bangunan, konfigurasi denah, material struktur dan bentuk struktur harus ditentukan terlebih dahulu. Pemilihan ini akan mempengaruhi tahap selanjutnya dari proses perancangan struktur. Beberapa kriteria yang perlu diperhatikan menurut Buku Ajar Mekanika Getaran dan Gempa, antara lain :

1. Material Struktur

Setiap jenis material struktur mempunyai karakteristik tersendiri, sehingga suatu jenis bahan bangunan tidak dapat dipergunakan untuk semua jenis bangunan. Material struktur yang direncanakan pada Tugas Akhir ini adalah beton bertulang.

2. Konfigurasi Bangunan, antara lain :

a. Konfigurasi Denah

Denah bangunan diusahakan mempunyai bentuk yang sederhana, kompak serta simetris. Pada struktur tidak simetris perlu adanya dilatasi gempa (*seismic joint*) untuk memisahkan bagian struktur yang menonjol dengan struktur utamanya.

b. Konfigurasi Vertikal

Pada perencanaan Tugas Akhir ini mempunyai bentuk yang tidak menerus secara konfigurasi vertikal maka suatu gerak getaran yang besar akan terjadi pada tempat-tempat tertentu pada struktur. Dalam hal ini akan diperlukan analisis dinamik.

c. Kekakuan dan kekuatan

Baik pada arah vertikal maupun horizontal perlu dihindari adanya perubahan kekuatan dan- kekakuan yang drastis.

3. Sistem Rangka Struktural

Rangka Penahan Momen, yang terdiri dari penahan momen biasa dan penahan momen khusus, berupa konstruksi beton bertulang yang terdiri dari elemen – elemen balok dan kolom. Sedangkan pada perencanaan pada Tugas Akhir ini menggunakan Rangka Penahan Momen Menengah berdasarkan *SNI 03-2847-2002*.

2.3 PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN

2.3.1. Pembebanan

Hal penting yang mendasar adalah pemisahan antara beban-beban yang bersifat statis dan dinamis.

1. Beban statis

a. Beban mati (*dead load/ DL*)

Beban yang berasal dari berat sendiri semua bagian dari gedung yang bersifat tetap, termasuk dinding dan sekat pemisah, kolom, balok, lantai, atap, mesin dan peralatan yang tak terpisahkan dari gedung (*SNI 03-1726-2002*)

b. Beban Hidup (*Live Load/LL*)

Beban hidup adalah beban-beban yang bisa ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan. Meskipun dapat berpindah-pindah, beban hidup masih dapat dikatakan bekerja perlahan-lahan pada struktur. Untuk menentukan secara pasti beban hidup yang bekerja pada suatu lantai bangunan sangatlah sulit, dikarenakan fluktuasi beban hidup bervariasi, tergantung dan banyak faktor. Oleh karena itu, faktor beban - beban hidup lebih besar dibandingkan dengan beban mati

Tabel 2.3.1: Beban Hidup pada Struktur

Beban Hidup Pada Lantai Bangunan	Besar Beban
Ruang Kuliah	250 kg/m ²
Tangga dan Bordes	300 kg/m ²
Ruang Pertemuan / Seminar	400 kg/m ²

Sumber : *Peraturan Pembebanan Indonesia*

Distribusi dan Penyaluran Beban pada Struktur

Penyaluran beban merata dari pelat lantai ke balok induk dan balok anak mengikuti pola garis leleh pelat lantai. Untuk memudahkan perhitungan dalam analisa struktur, maka pada balok anak dilakukan perataan beban, dimana momen maksimum *free body* dari beban trapesium dan beban segitiga pelat lantai disamakan dengan momen dari beban merata segi empat. Kemudian untuk penyaluran beban terpusat dari balok anak ke balok induk diambil dari reaksi perletakan balok anak yang menentukan di lokasi tersebut. Selanjutnya beban dari balok induk disalurkan ke kolom dan diteruskan ke pondasi.

2. Beban Dinamik

a. Beban Gempa

□ Gempa Rencana dan Gempa Nominal

Dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa, besarnya beban gempa yang diperhitungkan ditentukan oleh 3 hal, yaitu: oleh besarnya beban rencana, oleh tingkat daktilitas yang dimiliki struktur, dan oleh nilai faktor tahanan lebih yang terkandung di dalam struktur. Berdasarkan pedoman gempa yang berlaku di Indonesia, yaitu Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Rumah dan Gedung (SNI 03-1726-2002), besarnya beban gempa horizontal V yang bekerja pada struktur bangunan, ditentukan menurut persamaan:

$$V = \frac{C I}{R} W_t$$

Dimana I adalah Faktor Keutamaan Struktur menurut Tabel adalah nilai Faktor Respon Gempa yang didapat dari Respon Spektrum Gempa Rencana untuk waktu getar alami fundamental T , dan W_t adalah berat total gedung, termasuk beban hidup yang sesuai

□ Faktor Respon Gempa

Untuk menentukan harga C harus diketahui terlebih dahulu jenis tanah tempat struktur bangunan berdiri. Untuk menentukan jenis tanah digunakan rumus tegangan geser tanah sebagai berikut: :

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

$$\sigma_1 = \gamma_1 \cdot h_1$$

dimana :

$$\tau = \text{tegangan geser tanah (Kg / Cm}^2\text{)}$$

c = nilai kohesi tanah pada lapisan paling dasar lapisan yang ditinjau

$$\sigma_i = \text{tegangan normal masing-masing lapisan tanah (Kg/Cm}^2\text{)}$$

$$\gamma_i = \text{berat jenis masing-masing lapisan tanah (Kg/Cm}^3\text{)}$$

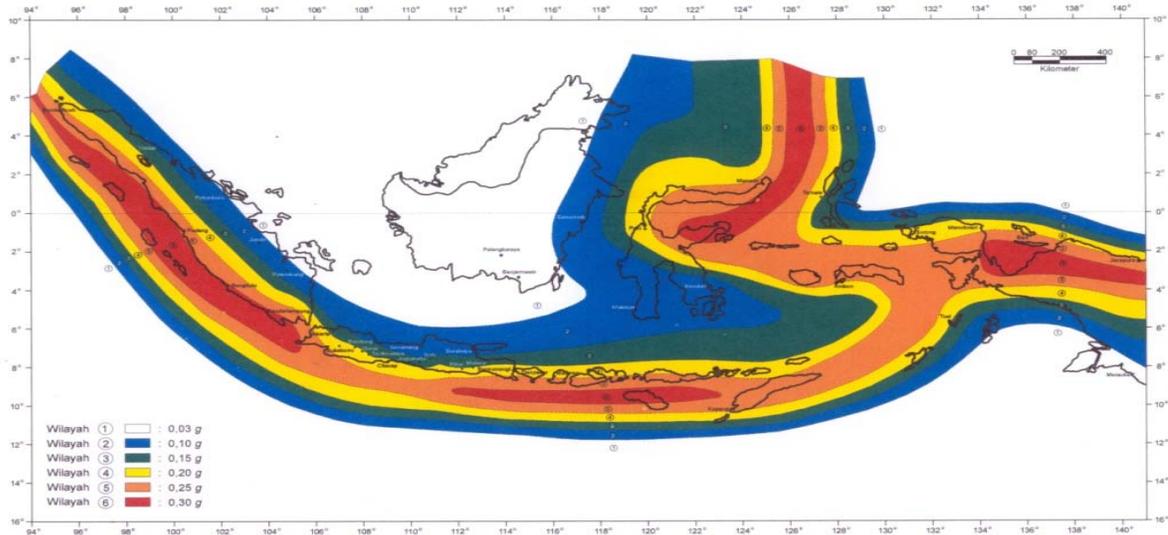
h_i = tebal masing-masing lapisan tanah

ϕ = sudut geser pada lapisan paling dasar lapisan yang ditinjau

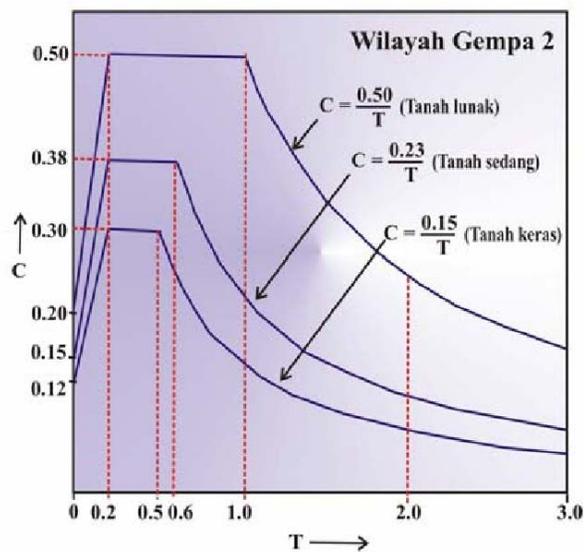
Tabel 2.3.2: Definisi Jenis Tanah (SNI – 1726 - 2002)

Jenis Tanah	Kecepatan rambat gelombang geser rerata (vs) (m/det)	Nilai hasil test penetrasi standart rerata (\tilde{N})	Kuat geser niralir rerata \hat{S}_u (kPa)
Tanah Keras	$vs \geq 350$	$\tilde{N} \geq 50$	$\hat{S}_u \geq 100$
Tanah Sedang	$175 \leq vs < 350$	$15 \leq \tilde{N} < 50$	$50 \leq \hat{S}_u < 100$
Tanah Lunak	$vs < 175$	$\tilde{N} < 15$	
	atau, semua jenis tanah lempung lunak dengan tebal total lebih dari 3 meter dengan $PI > 20$, $w_n \geq 40\%$ dan $\hat{S}_u < 25$ Kpa		
Tanah khusus	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi		

Harga dari faktor respon gempa C dapat ditentukan dari Diagram Spektrum Respon Gempa Rencana, sesuai dengan wilayah gempa dan kondisi jenis tanahnya untuk waktu getar alami fundamental. Lokasi gedung *Twin Tower* Pasca Sarjana Undip berada di kota Semarang yang berada pada Zona Gempa 2 (lihat gambar 2.3.1) maka digunakan Spektrum Respon untuk Zona Wilayah gempa 2 (lihat gambar 2.3.2).



Gambar 2.3.1. Peta Zona Gempa



Gambar 2.3.2. Spektrum Respon untuk Zona Wilayah Gempa 2

□ Faktor Keutamaan Struktur (I)

Digunakan untuk memperbesar Beban Gempa Rencana, agar struktur mampu untuk memikul beban gempa dengan periode ulang yang lebih panjang. Semakin penting atau berbahaya fungsi gedung maka I yang digunakan akan semakin besar.

Gedung perkuliahan termasuk gedung umum maka I yang digunakan adalah 1,0.

Tabel 2.3.3: Faktor Keutamaan untuk berbagai kategori gedung dan bangunan

Kategori gedung / bangunan	Faktor Keutamaan		
	I ₁	I ₂	I (=I ₁ *I ₂)
Gedung umum seperti untuk penghunian, perniagaan dan perkantoran.	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan Monumental	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki di atas menara	1,5	1,0	1,5

Sumber : Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung
(SNI 03-1726-2002)

□ Daktilitas Struktur

Pada struktur yang bersifat getas (*brittle*), maka jika beban yang bekerja pada struktur sedikit melampaui batas maksimum kekuatan elastisnya, maka struktur tersebut akan patah atau runtuh. Pada struktur yang daktail (*ductile*) atau liat, jika beban yang ada melampaui batas maksimum kekuatan elastisnya, maka struktur tidak akan runtuh, tetapi struktur akan mengalami deformasi plastis (inelastis).

Pada kondisi plastis ini struktur akan mengalami deformasi yang bersifat permanen, atau struktur tidak dapat kembali kepada bentuknya yang semula. Pada struktur yang daktail, meskipun terjadi deformasi yang permanen, tetapi struktur tidak mengalami keruntuhan.

Faktor daktilitas struktur (μ) adalah rasio antara simpangan maksimum (δ_m) struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan,

dengan simpangan struktur gedung pada saat terjadinya pelelehan pertama (δ_y), yaitu:

$$1,0 \leq \mu = \frac{\delta\mu}{\delta y} \leq \mu_m$$

Pada persamaan ini, $\mu = 1,0$ adalah nilai faktor daktilitas untuk struktur bangunan gedung yang berperilaku elastik penuh, sedangkan μ_m adalah nilai faktor daktilitas maksimum yang dapat dikerahkan oleh sistem struktur bangunan gedung yang bersangkutan. Parameter daktilitas struktur gedung yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah rangka pemikul momen biasa dengan rangka beton bertulang hal ini berdasarkan *SNI 03-2487-2002* halaman 205 dan 206.

Tabel 2.3.4: Parameter Daktilitas Struktur Gedung

Sistem dan subsistem struktur gedung	Uraian sistem pemikul beban gempa	μ_m	R_m	f_1
3.Sistem rangka pemikul momen (Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur)	1.Rangka pemikul momen khusus (SRPMK)			
	a. Baja	5,2	8,5	2,8
	b. Beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	2.Rangka pemikul momen menengah beton (SRPMM)	3,3	5,5	2,8
	3.Rangka pemikul momen biasa (SRPMB)			
	a.Baja	2,7	4,5	2,8
	b.Beton bertulang	2,1	3,5	2,8
	4.Rangka batang baja pemikul momen khusus (SRBPMK)	4,0	6,5	2,8

Sumber : SNI 03-1726-2003 (Gempa).

□ Arah Pembebanan Gempa

Jika besarnya beban gempa sudah dapat diperkirakan, maka tahap selanjutnya adalah menentukan arah beban gempa terhadap bangunan. Kenyataannya arah datangnya gempa terhadap bangunan tidak dapat ditentukan dengan pasti, artinya pengaruh gempa dapat datang dari sembarang arah. Jika bentuk denah dari bangunan simetris dan teratur, sehingga bangunan jelas memiliki sistem struktur pada dua arah utama bangunan yang saling tegak lurus, perhitungkan arah gempa dapat dilakukan lebih sederhana.

Maka arah datangnya gempa diasumsikan bekerja pada ke dua arah sumbu utama struktur bangunan yang saling tegak lurus secara simultan. Besarnya beban gempa pada struktur dapat diperhitungkan dengan menjumlahkan 100% beban gempa pada satu arah dengan 30% beban gempa pada arah tegak lurus. (SNI 03-1726-2003 Gempa).

□ Wilayah Gempa dan Spektrum Respon

Salah satu faktor yang mempengaruhi besar kecilnya beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan adalah faktor wilayah gempa. dengan demikian, besar kecilnya beban gempa, tergantung juga pada lokasi dimana struktur bangunan tersebut akan didirikan. Indonesia ditetapkan terbagi dalam 6 wilayah gempa seperti ditunjukkan dalam gambar 2.3.1, dimana wilayah gempa 1 adalah wilayah dengan kegempaan paling rendah, dan wilayah gempa 6 adalah wilayah dengan kegempaan paling tinggi. pembagian wilayah gempa ini, didasarkan atas percepatan puncak batuan dasar akibat pengaruh gempa rencana dengan perioda ulang 500 tahun. Jenis tanah pada lokasi gedung dapat diketahui dari data tanah hasil laporan penyelidikan geoteknik pada lokasi gedung pasca sarjana yang dilakukan oleh CV. Sigma Tiga, didapatkan pada 4 titik pemboran inti pada kedalaman 15 meter didapatkan nilai $N < 50$ (lihat tabel 2.3.2) maka dapat diklasifikasikan bahwa tanah tersebut merupakan tanah sedang. Untuk mengetahui percepatan puncak batuan dasar dan muka tanah dapat diketahui melalui tabel 2.3.5, dengan lokasi wilayah gempa 2 dan jenis tanah sedang maka percepatan puncak muka tanah A_0 adalah 0,15.

Tabel 2.3.5: Percepatan puncak batuan dasar dan percepatan puncak muka tanah untuk masing-masing Wilayah Gempa Indonesia

Wilayah Gempa	Percepatan puncak batuan dasar ('g')	Percepatan puncak muka tanah A_0 ('g')			
		Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak	Tanah Khusus
1	0,03	0,04	0,05	0,08	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi
2	0,10	0,12	0,15	0,20	
3	0,15	0,18	0,23	0,30	
4	0,20	0,24	0,28	0,34	
5	0,25	0,28	0,32	0,36	
6	0,30	0,33	0,36	0,38	

Sumber : SNI 03-1726-2003 (Gempa).

□ Pembatasan Waktu Getar

Untuk mencegah penggunaan struktur yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar struktur fundamental harus dibatasi. Dalam SNI 03 – 1726 – 2002 diberikan batasan sebagai berikut :

$$T < \xi n$$

Dimana :

T = waktu getar stuktur fundamental

n = jumlah tingkat gedung

ξ = koefisien pembatas yang ditetapkan berdasarkan tabel 2.3.6

Tabel 2.3.6: Koefisien pembatas waktu getar struktur

Wilayah Gempa	Koefisien pembatas (ξ)
1	0,20
2	0,19
3	0,18
4	0,17
5	0,16
6	0,15

Sumber : SNI 03 – 1726 – 2002

Sesuai dengan wilayah gempa 2 maka Koefisien pembatas (ξ) yaitu 0,19.

2.3.2. Perencanaan Struktur Atas (*Upper Structure*)

Struktur Atas terdiri dari struktur portal yang merupakan kesatuan antara balok, kolom, dan pelat . Perencanaan struktur portal dilakukan berdasarkan SNI - 1726-2002.

Seluruh prosedur perhitungan mekanika / analisis struktur dan perhitungan beban gempa untuk struktur portal dilakukan secara 3 dimensi (3D), dengan bantuan program komputer *Structural Analysis Program* (SAP) 2000. Dengan bantuan program komputer ini akan didapatkan *output program* berupa gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur.

2.3.2.1 Perencanaan Atap

Perencanaan atap yang digunakan yaitu atap baja dengan bentuk atap limas dengan bentang 19.8 m. Perencanaan struktur atap dibuat berdasarkan Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung (*SNI 03-1729-2002*)

Berdasarkan Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, tegangan yang digunakan sebagai dasar perhitungan dalam perencanaan ini yakni dari jenis baja BJ 37:

- Tegangan leleh : $f_y = 240 \text{ MPa}$
- Modulus Elastisitas baja : $E = 210.000 \text{ MPa}$

Sedangkan pembebanan yang diberikan untuk perencanaan atap ini meliputi :

- Beban mati terdiri dari berat penutup atap, gording, dan berat sendiri konstruksi rangka.
- Beban hidup yang berupa beban pekerja di atas konstruksi maupun orang pemadam kebakaran.
- Beban angin

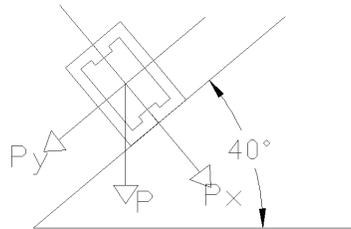
Untuk muatan angin, koefisien angin untuk sudut kemiringan atas (α) $< 65^\circ$ adalah :

- Angin masuk c : $+ 0.02 \alpha - 0.4$
- Angin keluar c : $- 0.4$

Langkah-langkah perencanaan gording :

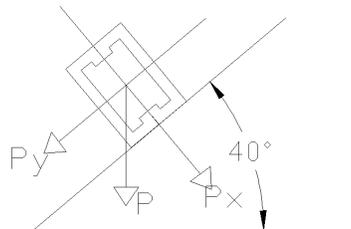
Beban merata q diuraikan menjadi:

- $q_x = q \cdot \cos\alpha$
- $M_y = 1/8 \cdot q_x \cdot l^2$
- $q_y = q \cdot \sin\alpha$
- $M_x = 1/8 \cdot q_y \cdot l^2$



Beban terpusat P diuraikan menjadi:

- $P_x = P \cdot \cos\alpha$
- $M_x = 1/8 \cdot P_x \cdot l^2$
- $P_y = P \cdot \sin\alpha$
- $M_y = 1/8 \cdot P_y \cdot l^2$



Keterangan:

q_x, q_y = Beban merata masing-masing terhadap sumbu-x dan sumbu-y, N/m

P_x, P_y = Beban terpusat masing-masing terhadap sumbu-x dan sumbu-y, P

M_x, M_y = Momen masing-masing terhadap sumbu-x dan sumbu-y, N.m

Seluruh momen M_x dan M_y dikombinasikan untuk mendapat momen total.

Menghitung momen nominal

$$M_{nx} = f_y \cdot Z_x$$

$$M_{ny} = f_y \cdot Z_y$$

Keterangan:

M_{nx}, M_{ny} = Kuat lentur nominal masing-masing terhadap sumbu-x dan sumbu-y, N.mm

f_y = tegangan leleh, Mpa

Cek keamanan

Kelenturan:

$$\left(\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} \right) + \left(\frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1$$

Pemeriksaan lendutan gording:

$$\delta_x = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_y L^4}{EI_y} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P_y L^3}{EI_y}$$

$$\delta_i = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2}$$

3. Cek Geser

$$\tau_{zy} = \frac{D_y x Z_x}{b x l_x} \tau$$

$$\tau_{zx} = \frac{D_x x Z_y}{b x l_y}$$

Keterangan

M_{ux}, M_{uy} = Kuat lentur perlu masing-masing terhadap sumbu-x dan sumbu-y, N.mm

ϕ = faktor reduksi

δ = faktor amplifikasi momen

I = Momen inersia, mm⁴

E = Modulus elastisitas, Mpa

Langkah-langkah perencanaan rangka atap :

- o Menentukan syarat-syarat batas, tumpuan panjang bentang dan dimensi profil yang akan digunakan.

- o Melakukan analisa pembebanan

Pembebanan yang ditimpakan pada struktur atap sama persis dengan beban yang diterima pada saat perencanaan gording, hanya ada penambahan pada berat sendiri konstruksi rangka atap.

Sedangkan kombinasi beban yang diberikan pada analisa struktur atap ini adalah :

Kombinasi 1 : 1.2 D + 1.6 L

Kombinasi 2 : 1.2 D + 1.6 L + 0,8 W

Kombinasi 3 : 1.2 D + 1.3 W + 0.5 H

Di mana :

D : Beban Mati

L : Beban Mati

W : Beban Angin

H : Beban Hujan

a. Perencanaan Kuda-kuda

Beban-beban yang diperhitungkan dalam perencanaan kuda-kuda antara lain:

1. Akibat Beban Mati

- a) Beban atap (BA)
- b) Beban gording (BG)
- c) Beban ikatan angin (BB) = 20% x (BA+BG)
- d) Beban sendiri kuda-kuda (BK)
- e) Beban plafon + penggantung (BP)

2. Akibat Beban hidup

Beban pekerja = 1000 N

3. Akibat Beban Hujan

$$q = (40 - 0,8 \alpha)$$

4. Akibat Beban Angin

Direncanakan sebesar 250 N/m²

Koef. Tekan (Ct) = 0,02 α - 0,4

Koef. Hisap (Ch) = -0,4

Besar angin yang terjadi = q.angin x C x dk x dl

Setelah mendapatkan gaya batang kuda-kuda dari *software* SAP 2000, maka dilakukan pengecekan profil kuda-kuda tersebut :

a. Batang Tarik

- Akibat pelelehan penampang bruto
$$\phi T_n = \phi * f_y * A_g$$
- Akibat retakan pada penampang bersih
$$\phi T_n = \phi * f_y * A_e$$
- Keamanan batang tarik diperiksa terhadap

$$T_u \leq \phi T_n$$

Keterangan

ϕ = faktor reduksi

T_n = Kekuatan nominal batang tarik, N

T_u = Beban terfaktor pada batang tarik, N

f_y = Tegangan leleh profil, Mpa

A_g = Luas profil, mm²

b. Batang Tekan

- Cek kelangsingan Elemen Penampang (arah x) SNI 03-179-2002

hal 30

$$\lambda_r = \frac{250}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{b}{d} < \lambda_r$$

Keterangan

λ_r = batas maksimum kelangsingan untuk profil tak kompak

b = lebar pelat, mm

- Cek Kelangsingan Komponen Struktur Tekan (arah x) SNI 03-1729-2002 hal 29

$$\lambda_x = \frac{l k_x}{r_x} < 200$$

$$\lambda_{cx} = \frac{l k_x}{\pi \cdot r_x} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

Untuk $\lambda_{cx} \leq 0,25$ maka $\omega_x = 1$

Untuk $0,25 \leq \lambda_{cx} \leq 1,2$ maka $\omega_x = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c}$

Untuk $\lambda_{cx} \geq 1,2$ maka $\omega_x = 1,25 \lambda_{cx}^2$

- Cek Kelangsingan Komponen Struktur tekan (arah Y)

$$\lambda_y = \frac{l k_y}{r_y} < 200$$

$$\lambda_L = \frac{L_1}{r_{\min}} < 50$$

$$L_1 = \frac{lk_y}{3}$$

Dalam SNI 03-1729-2002 halaman 59, disebutkan bahwa nilai 3 adalah banyaknya pembagian struktur minimum.

$$\lambda_l = \frac{L_1}{r_{\min}}$$

Syarat Kestabilan

$$\lambda_{iy} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2} \lambda_l^2}$$

- $\lambda_y \geq 1,2\lambda_l$
- $\lambda_{iy} \geq 1,2\lambda_l$

$$\lambda_{cy} = \frac{lk_y}{\pi \cdot r_y} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

Untuk $\lambda_{cy} \leq 0,25$ maka $\omega_y = 1$

Untuk $0,25 \leq \lambda_{cy} \leq 1,2$ maka $\omega_y = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$

Untuk $\lambda_{cy} \geq 1,2$ maka $\omega_y = 1,25\lambda_{cy}^2$

$N_{nx} = A_g \times (f_y / \omega_x)$

$N_{ny} = A_g \times (f_y / \omega_y)$

Keterangan :

λ = kelangsingan

d = tinggi penampang, mm

lk_x = panjang tekuk komponen struktur tersusun pada arah tegak lurus sumbu x-x , mm

lk_y = panjang tekuk komponen struktur tersusun pada arah tegak lurus sumbu y-y , mm

ω = Koefisien tekuk

L_1 = spasi antar pelat kopel pada arah komponen struktur tekan, mm

r_{\min} = jari-jari girasi elemen komponen struktur terhadap sumbu yang memberikan nilai yang terkecil, mm

r_x = jari-jari girasi komponen struktur tersusun terhadap sumbu x-x,
mm

r_y = jari-jari girasi komponen struktur tersusun terhadap sumbu y-y,
mm

λ_{iy} = kelangsingan ideal

Cek tekuk torsi

$$Nu \leq \phi_n N_{nlt}$$

$$N_{nlt} = Ag \cdot f_{ct}$$

$$r_o^2 = \frac{Ix + Iy}{A} + x_o^2 + y_o^2$$

$$x_o = 0$$

$$y_o = \frac{th^2 b^2}{4Iy}$$

$$H = 1 - \left(\frac{x_o^2 + y_o^2}{r_o^2} \right)$$

$$f_{crz} = \frac{GJ}{Ar_o^2}$$

$$f_{ct} = \left(\frac{f_{cry} + f_{crz}}{2H} \right) \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4f_{cry}f_{crz}H}{(f_{cry} + f_{crz})^2}} \right)$$

$$N_{nlt} = Ag \times f_{ct}$$

Keterangan :

N_u : Kuat tekan perlu yang merupakan gaya aksial tekan akibat beban terfaktor, N

ϕ : Faktor reduksi kekuatan

N_{nlt} : Kuat tekan rencana akibat lentur torsi, N

r_o : Jari-jari girasi polar terhadap pusat geser

G : Modulus geser baja, MPa

J : konstanta punter torsi, mm²

x_o, y_o : koordinat pusat geser terhadap titik berat

c. Perhitungan sambungan baut pada buhul

$$R_u \leq \phi R_n$$

1. Kekuatan baut terhadap geser (SNI 03-1729-2002, pasal 13.2.2.1)

$$V_d = \phi_f r_1 f_u^b A_b$$

$\phi_f = 0,75$, faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

$r_1 = 0,50$, untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

$r_1 = 0,40$, untuk baut dengan ulir pada bidang geser

f_u^b = tegangan tarik putus baut

A_b = luas penampang bruto baut pada daerah yang tak berulir

2. Kekuatan baut yang memikul tarik (SNI 03-1729-2002, pasal 13.2.2.2)

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f \times 0,75 f_u^b A_b$$

Jumlah baut yang dibutuhkan per baris :

$$n = \sqrt{\frac{6M}{T_d \cdot s}}$$

$$n = \frac{P}{2V_d}$$

Dengan syarat-syarat :

$$\frac{V_u}{n \cdot A_b} \leq r_1 \cdot \phi_f \cdot f_u^b \cdot m$$

$$\phi_f \cdot f_u^b \cdot A_b \geq \frac{P_u}{n}$$

dimana:

r = 0,5 untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

r_1 = 0,4 untuk baut dengan ulir pada bidang geser

ϕ_f = 0,75 adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

F_u^b = tegangan tarik putus baut

V_u = gaya geser ultimit

P_u = gaya normal ultimit

A_b = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

n = jumlah baut

m = jumlah bidang geser untuk baut mutu tinggi

Berdasarkan *SNI 03-1729-2002* tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, maka tata letak baut direncanakan sebagai berikut :

Jarak antar baut dalam 1 baris (s) :

$$3d \leq s \leq 200 \text{ mm}$$

Jarak antara baut paling luar dengan plat (s_1) :

$$1,5d \leq s_1 \leq 150 \text{ mm}$$

dimana:

d = diameter baut

s = jarak antar baris baut dan jarak antar sumbu baut

s_1 = jarak antara sumbu baut ke tepi pelat

2.3.2.2 Pelat Lantai

Pelat merupakan struktur bidang yang datar (tidak melengkung) yang jika ditinjau secara tiga dimensi mempunyai tebal yang jauh lebih kecil daripada ukuran bidang pelat. Langkah-langkah perencanaan pelat adalah sebagai berikut :

Langkah penulangan pelat lantai adalah sebagai berikut :

1. Menentukan syarat – syarat batas, tumpuan dan panjang bentang.
2. Menentukan tebal pelat (berdasarkan rumus *SK-SNI T-15-1991-03*)
3. Memperhitungkan beban – beban yang bekerja pada pelat lantai (q_u), yang terdiri dari beban mati (DL) dan beban hidup (LL).
4. Tentukan l_y/l_x
5. Tentukan koefisien (α) berdasarkan besarnya l_y/l_x dan jenis tumpuan pelat
6. Tentukan momen yang menentukan (M_u), sesuai rumus dalam tabel yang terdiri dari :
 - M_{lx} (momen lapangan arah – x) = $0,001 \cdot X \cdot q_u \cdot l_x^2$
 - M_{tx} (momen tumpuan arah – x) = $0,001 \cdot X \cdot q_u \cdot l_x^2$
 - M_{ly} (momen lapangan arah – y) = $- 0,001 \cdot X \cdot q_u \cdot l_x^2$
 - M_{ty} (momen tumpuan arah – y) = $- 0,001 \cdot X \cdot q_u \cdot l_x^2$
 - $M_{tix} = 0,5 M_{lx}$ (momen jepit tak terduga arah – X)
 - $M_{tiy} = 0,5 M_{ly}$ (momen jepit tak terduga arah – Y)

7. Hitung penulangan (arah – x dan arah – y)

Data – data yang diperlukan : h, tebal selimut beton (ρ), M_u , ϕ_D , tinggi efektif (dx dan dy).

$$M_n = M_u / \phi_D$$

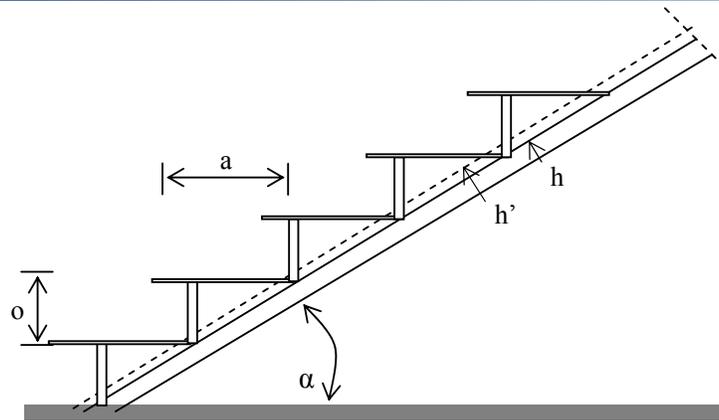
Menurut buku Grafik dan Tabel Perencanaan Beton Bertulang Tabel 5.2a.

- ρ = diinterpolasikan
- ρ_{\min} = bisa dilihat dari tabel 7
- ρ_{\max} = bisa dilihat dari tabel 8
- Periksa tahanan $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
- $A_s = \rho \cdot b \cdot d \cdot 10^6 \text{ mm}^2$

2.3.2.3 Tangga

Struktur gedung ini menggunakan tipe tangga K, terbuat dari pelat beton. Elevasi antar lantainya adalah H = 4.20 m struktur tangga digunakan untuk melayani aksesibilitas antar lantai pada gedung yang mempunyai tingkat lebih dari satu. Tangga merupakan komponen yang harus ada pada bangunan berlantai banyak walaupun sudah ada peralatan transportasi vertikal lainnya, karena tangga tidak memerlukan tenaga mesin. Syarat tangga utama antara lain:

- Jumlah anak tangga sampai bordes maksimal 12 trap
- Sudut kemiringan tangga 28°-35°
- Tinggi tiap trap / optrede maksimal 19 cm
- Perbandingan antrede : optrede memenuhi rumus $(a + 2.O = 62 \text{ cm s/d } 65 \text{ cm})$



Gambar 2.3.3. *Pendimensian Tangga*

Adapun parameter yang perlu diperhatikan pada perencanaan struktur tangga adalah sebagai berikut :

- Tinggi antar lantai
- Lebar bordes
- Jumlah anak tangga
- Lebar anak tangga
- Kemiringan tangga
- Tebal selimut beton
- Tebal pelat tangga

Langkah-langkah perencanaan tangga :

- Menentukan dimensi tangga (o = oprade/langkah naik dan a = antrede/langkah datar), serta jumlah oprade dan antrede. Hubungan antara “Oprade” dan “Antrade” ditetapkan dalam bentuk rumus:

$$(2 \times O) + A = 61 - 65$$

Keterangan dari rumus diatas adalah bahwa sau langkah orang berkisar antara 61 – 65 cm, untuk ukuran orang Indonesia dapat diambil 61 cm.

- menentukan kemiringan tangga (α) $\tan \alpha = \frac{\text{Tinggi tangga}}{\text{panjang tangga}}$.
- Menghitung kombinasi beban W_u dari beban mati dan beban hidup pada tangga dan bordes.

- Beban mati pada tangga: berat profil anak tangga, berat pelat pada anak tangga, beban spesi serta beban keramik.
 - Beban mati pada bordes: Berat pelat pada bordes, beban spesi serta beban keramik.
 - Beban hidup pada tangga dan bordes: 300 kg/m².
- Menentukan dimensi dari balok tangga
 - Menentukan gaya dalam yang terjadi pada balok tangga menggunakan *software* SAP 2000
 - Memeriksa kekuatan balok tangga yang telah ditentukan.

2.3.2.4 Perhitungan Balok

Dalam pra desain tinggi balok merupakan fungsi dari bentang dan mutu baja yang digunakan. Secara umum pra desain tinggi balok direncanakan L/10 – L/15, L adalah bentang balok dan lebar balok diambil 1/2 H - 2/3 H dimana H adalah tinggi balok. (*SNI 03-2847-2002 Beton*)

a. Perencanaan Tulangan Lentur

$$A_s = \frac{M_u}{\phi * f_y * (d - \frac{a}{2})}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b * d}$$

Jika $\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$, maka dipakai tulangan tunggal

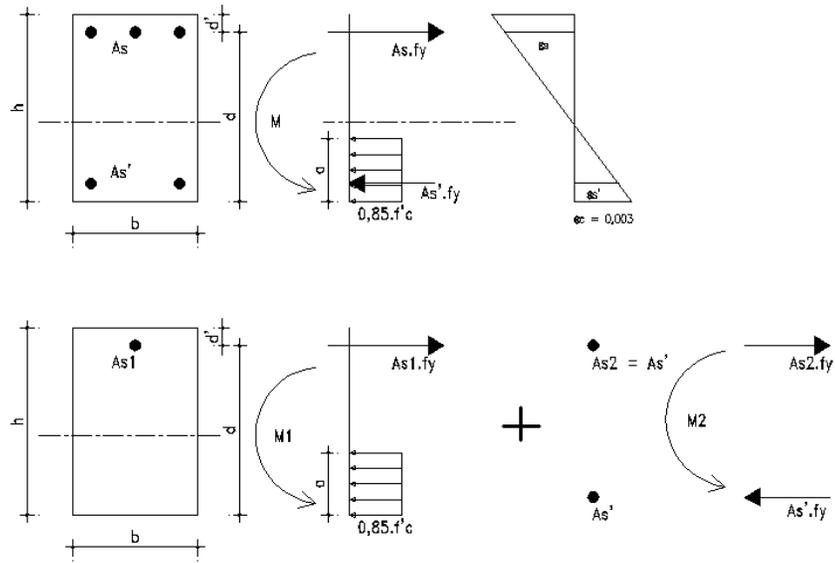
tapi pelaksanaannya, dipakai tulangan ganda

dalam pelaksanaannya dipasang tulangan tekan dimana ρ' tidak boleh melebihi dari 0,5 ρ_b (*SNI 03-1728-2002 pasal 10.4.3*) :

$$\rho' = 0,5 * \rho_b$$

$$= 0,5 * \beta_1 * \frac{600}{600 + f_y} * \frac{0.85 * 25}{f_y}$$

$$A_s'_{\max} = \rho' * b * d$$



Gambar 2.3.4 Pemecahan perhitungan tulangan

Momen yang ditahan tulangan tekan :

$$M_2 = A_{S2} * \sigma * f_y * (d - d')$$

$$\rho_2 = \frac{A_{S2}}{b * d}$$

Momen yang harus ditahan tulangan tarik :

$$M_{u1} = M_u - M_2$$

A_{S1} tulangan yang dibutuhkan :

$$A_{S1} = \frac{M_{u1}}{\phi * f_y * (d - \frac{a}{2})}$$

As yang dibutuhkan :

$$A_s = A_{S1} \text{ yg terpasang} + A_{S2}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b * d}$$

$$M_1 = \phi * (A_s \text{ terpasang} - A_{S'}) * f_y * (d - \frac{a}{2})$$

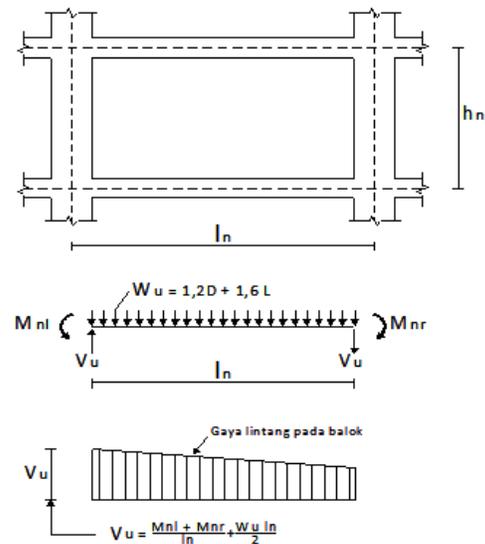
Cek kapasitas penampang

$$M_n = M_1 + M_2$$

Checking $M_n > M_u$

b. Perencanaan Tulangan Geser

Desain tulangan geser balok dilakukan berdasarkan ketentuan SRPMM yaitu analisa geser balok akibat pengaruh gempa:



Gambar 2.3.5. Gaya Lintang Rencana untuk SRPMM

M_{nl} = M_n serat tertekan pada ujung balok (tumpuan 1)

M_{nr} = M_n serat tertarik pada ujung balok (tumpuan 2)

$$V_u = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \cdot l_n}{2}$$

1. Cek kapasitas geser beton :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

2. Perhitungan syarat spasi maksimum

$$\frac{A_v}{s} = \frac{b_w}{3f_y}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

Gaya geser maksimum sengkang :

$$V_s \text{ Maks} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

Luas tulangan sengkang – geser :

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fy \cdot d}$$

$$s = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs}$$

3. Syarat spasi maksimum sengkang yang harus dipenuhi untuk SRPMM

- a) $s = 100 < d/4$
- b) $s = 100 < 8$
- c) $s = 100 < 24 \times \varnothing_{tul. geser}$
- d) $s = 100 < 300 \text{ mm}$

2.3.2.5 Kolom

Kolom merupakan elemen tekan, karena disamping memikul gaya tekan juga memikul momen lentur dalam dua arah (*biaxial bending*). Dengan adanya gaya tekan ini maka timbul fenomena tekuk (*buckling*) yang harus ditinjau pada kolom, terutama terjadi pada kolom panjang.

Apabila kolom tersebut telah menekuk maka kolom tersebut tidak mempunyai kemampuan lagi untuk menerima beban tambahan. Sedikit saja penambahan beban akan terjadi keruntuhan. Dengan demikian kapasitas memikul beban untuk elemen kolom ini adalah besar beban yang menyebabkan elemen tersebut mengalami tekuk awal. Analisa struktur untuk kolom pada gedung dengan ketentuan SRPMM (Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah) ini didasarkan pada ketentuan *SNI 03-2847-2002 pasal 23.10*.

- **Perhitungan tulangan kolom**

$$EI = \frac{0,4 Ec Ig}{1 + \beta d}$$

Keterangan:

EI : kekakuan lentur komponen tekan

Ec : modulus elastisitas beton

I_g : momen inersia penampang bruto beton terhadap sumbu pusat penampang

β_d : rasio gaya lintang tetap terfaktor maksimum

Analisa struktur gedung menggunakan sistem struktur rangka pemikul momen menengah (SRPMM), oleh karena itu didalam penentuan gaya-gaya dalam perlu diperhatikan adanya peningkatan momen yang terjadi (M_n) pada struktur akibat pengaruh gempa yang terjadi.

Besar momen peningkatan yang terjadi :

$$M_a' = \frac{M_{nr} + M_{nl}}{M_r + M_l} \times M_a \quad \text{Momen peningkatan kolom atas}$$

$$M_b' = \frac{M_{nr} + M_{nl}}{M_r + M_l} \times M_b \quad \text{Momen peningkatan kolom bawah}$$

Dimana :

M_{nl} = Momen nominal balok sebelah kiri kolom

M_l = Momen gravitasi balok sebelah kiri

M_{nr} = Momen nominal balok sebelah kanan kolom

M_r = Momen gravitasi balok sebelah kanan

M_a = Momen kolom atas

M_b = Momen kolom bawah

Sedangkan besarnya gaya aksial yang terjadi diperoleh dari hasil akumulasi gaya geser yang terjadi pada balok di atasnya

$$P = V_{ul} + V_{ur} + V_{gl} + V_{gr}$$

$$V_u = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L} + \frac{W_{ul}}{2}$$

$$V_g = \frac{M_{gl} + M_{gr}}{L} + \frac{W_{ul}}{2}$$

Dimana :

M_{gl} : Momen akibat gravitasi sebelah kiri kolom yang ditinjau

M_{gr} : Momen akibat gravitasi sebelah kanan kolom yang ditinjau

V_{ul} : Gaya geser setelah tulangan terpasang pada balok sebelah kiri kolom yang ditinjau

V_{ur} : Gaya geser setelah tulangan terpasang pada balok sebelah kanan kolom yang ditinjau

V_{gl} : Gaya geser gravitasi pada balok sebelah kiri kolom yang ditinjau

V_{gr} : Gaya geser gravitasi pada balok sebelah kanan kolom yang ditinjau

Tulangan utama kolom

Nilai P_u dan M_c terfaktor

$$P_n = P_u / \phi$$

$$M_n = M_c / \phi$$

$$e_{\min} = 15 + 0,03 h$$

$$e_t = \frac{M_u}{P_u}$$

Berdasarkan Buku Grafik dan Tabel Perencanaan Beton Bertulang didapat

$$\text{koordinat X} = \frac{P_n}{A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f'c}$$

$$\text{Koordinat Y} = \frac{P_n}{A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f'c} * \frac{e_t}{h}$$

$$\rho = r \cdot \beta$$

$$A_s \text{ total} = \rho * A_{gr}$$

$$\text{Digunakan } A_{s_{\min}} = 1\% * A_{gr}$$

Cek Kapasitas penampang :

Beban Aksial Maksimum :

$$P_o = 0,85 \cdot f'c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}$$

$$P_{n\max} = \Phi P_o = 0,8 \cdot P_o$$

$$P_u < P_{n\max}$$

$$(V_n - V_c) \geq 2/3 \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \dots \dots \text{ Penampang cukup}$$

$$M_u < M_n \dots \text{ Penampang cukup}$$

Tulangan Sengkang :

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{h_n}$$

$$V_n = \frac{V_u}{0,6}$$

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right) b_w \cdot d$$

$$V_s = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

Jika : $(V_n - V_c) < \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$, *Penampang cukup*

$(V_n - V_c) \geq \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$, *Penampang harus diperbesar*

Jika : $V_u < \phi V_c$, *tidak perlu tulangan geser*

$V_u \geq \phi V_c$, *perlu tulangan geser*

Cek Syarat sengkang untuk SRPMM

Berdasar SNI 03-2847-2002 pasal 23.10, spasi tidak boleh melebihi :

- Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil
- 24 kali diameter sengkang pengikat
- 300 mm

2.3.3 Perencanaan Struktur Bawah

Dalam pemilihan struktur bawah menurut *SNI 03-2847-2002* (Beton) harus mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

- Keadaan tanah pondasi
Keadaan tanah ini berhubungan dengan pemilihan tipe pondasi yang sesuai, yaitu jenis tanah, daya dukung tanah, kedalaman lapisan tanah keras.
- Batasan akibat struktur di atasnya
Keadaan struktur sangat mempengaruhi pemilihan jenis pondasi, yaitu kondisi beban dari struktur di atasnya (besar beban, arah beban, penyebaran beban).
- Keadaan lingkungan disekitarnya
Meliputi: lokasi proyek, dimana pekerjaan pondasi tidak boleh mengganggu atau membahayakan bangunan dan lingkungan di sekitarnya.
- Biaya dan waktu pelaksanaan pekerjaan
Pekerjaan pondasi harus mempertimbangkan biaya dan waktu pelaksanaannya sehingga proyek dapat dilaksanakan dengan ekonomis

dan memenuhi faktor keamanan. Pelaksanaan juga harus memenuhi waktu yang relatif singkat agar pekerjaan dapat dilaksanakan dengan efektif dan efisien.

Dengan mempertimbangkan hal-hal di atas, maka pondasi untuk struktur gedung ini direncanakan pondasi tiang pancang. Selain itu, pemilihan sistem pondasi tiang pancang ini didasarkan atas pertimbangan:

1. Beban yang bekerja cukup besar.
2. Pondasi tiang pancang dibuat dengan sistem sentrifugal, menyebabkan beton lebih rapat sehingga dapat menghindari bahaya korosi akibat rembesan air.

2.3.3.1 Analisis Daya Dukung Tanah

Analisis Daya dukung mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi struktur yang terletak di atasnya. Daya dukung tanah (*Bearing Capacity*) adalah kemampuan tanah untuk mendukung beban baik dan segi struktur pondasi maupun bangunan di atasnya tanpa terjadi keruntuhan geser. Daya dukung batas (*ultimate bearing capacity*) adalah daya dukung terbesar dari tanah dan biasanya diberi simbol P_{ult} . Daya dukung ini merupakan kemampuan tanah mendukung beban, dan diasumsikan tanah mulai terjadi keruntuhan. Besarnya daya dukung yang diijinkan sama dengan daya dukung batas dibagi angka keamanan, rumusnya adalah:

$$P_{all} = \frac{P_{ult}}{FK}$$

Perancangan pondasi harus dipertimbangkan terhadap keruntuhan geser dan penurunan yang berlebihan. Untuk terjaminnya stabilitas jangka panjang, perhatian harus diberikan pada perletakan dasar pondasi. Pondasi harus diletakkan pada kedalaman yang cukup untuk menanggulangi resiko adanya erosi permukaan, gerusan, kembang susut tanah dan gangguan tanah di sekitar pondasi. (Bowles 1983)

2.3.3.2 Perencanaan Pondasi *Bore Pile*

Menurut Buku ajar Rekayasa Pondasi analisis- analisis kapasitas daya dukung dilakukan dengan cara pendekatan untuk memudahkan perhitungan. Persamaan-persamaan yang dibuat dikaitkan dengan sifat - sifat tanah dan bentuk bidang geser yang terjadi saat keruntuhan.

1. Berdasarkan kekuatan bahan

$$P_{all} = (A \times f'c) / SF$$

Dimana :

A = Luas penampang *Bore Pile*

$f'c$ = Kuat tekan beton

SF = *Safety Factor*

2. Berdasarkan hasil SPT

Pada perencanaan pondasi pada gedung Pasca Sarjana tidak menggunakan data sondir disebabkan data tanah yang dilaksanakan CV. Sigama Tiga tidak melaksanakan tes sondir. Maka digunakan rumus “Meyerhoff” untuk menghitung daya dukung *Bore Pile* dengan menggunakan data SPT

$$P_{ult} = \frac{(40 \times N_b \times A_b) + (0,2 \times \bar{N} \times A_s)}{SF}$$

Dimana :

N_b = Nilai N-SPT pada elevasi dasar tiang

\bar{N} = Nilai N-SPT rata-rata

A_b = Luas penampang tiang (m^2)

A_s = Luas selimut tiang (m^2)

SF = *Safety Factor*

2.4.3.4 Daya Dukung Ijin Tiang Group (P_{all} Group)

Dalam pelaksanaan jarang dijumpai pondasi yang hanya terdiri dan satu tiang saja, tetapi terdiri dari kelompok tiang. Teori membuktikan dalam daya dukung kelompok tiang geser tidak sama dengan daya dukung tiang secara individu dikalikan jumlah tiang dalam kelompok, melainkan akan lebih kecil karena adanya faktor efisiensi. (Buku Ajar Rekayasa Pondasi)

$$Eff = 1 - \frac{\varphi}{90} \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{m * n} \right]$$

dimana : m : jumlah baris
 n : jumlah tiang dalam satu baris
 φ : arc tan (d / s), dalam derajat
 d : sisi tiang
 s : jarak antar tiang

$$P_{\text{allgroup}} = Eff \times P_{\text{all1 tiang}} \text{ (dayadukung tiang tunggal)}$$

a. Pmax Yang Terjadi Pada Tiang Akibat Pembebanan

$$P_{\text{max}} = \frac{\sum Pv}{n} \pm \frac{Mx * Y_{\text{max}}}{n_x \sum y^2} \pm \frac{My * X_{\text{max}}}{n_y \sum x^2}$$

Dimana:

P_{max} : beban max yang diterima 1 tiang pancang

$\square Pv$: jumlah beban vertikal

n : banyaknya tiang pancang

Mx : momen arah x

My : momen arah y

X_{max} : absis max (jarak terjauh) tiang ke pusat berat kelompok tiang

Y_{max} : ordinat max (jarak terjauh) tiang ke pusat berat kelompok tiang

n_x : banyak tiang dalam satu baris x

n_y : banyak tiang dalam satu baris y

$\square y^2$: jumlah kaudrat jarak arah y (absis-absis) tiang

$\square x^2$: jumlah kaudrat jarak arah y (ordinat-ordinat) tiang

b. Kontrol Gaya Horizontal

Kontrol gaya horizontal dilakukan untuk mencari gaya horizontal yang dapat didukung oleh tiang. Dalam perhitungan digunakan metode dari Brooms.

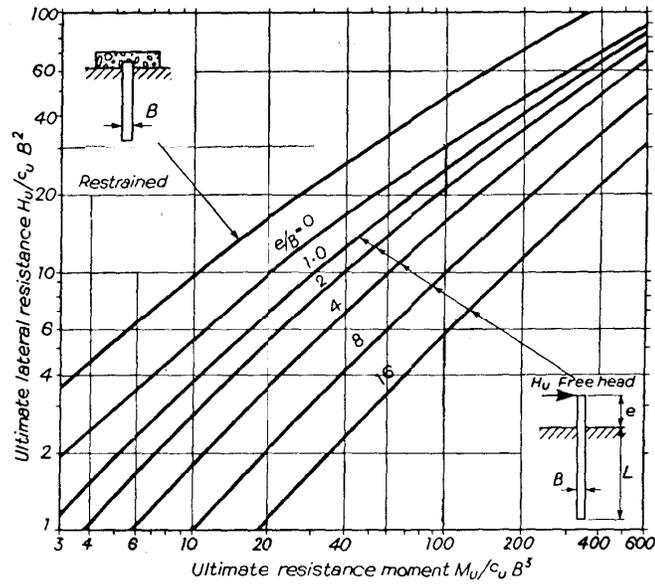


Fig. 6.29 Ultimate lateral resistance of long pile in cohesive soil related to ultimate resistance moment (after Broms^(6,7))

Gambar 2.3.6. Grafik Broms

• **Perhitungan Gaya Horizontal Maksimum**

Mu = Kapasitas momen (ton)

Nilai absis sumbu x :

$$x = \frac{Mu}{Cu * d^3}$$

Dari nilai x di atas lalu di plotkan ke dalam grafik *Brooms* dan didapat nilai y, kemudian dicari gaya horizontal *ultimate* (Hu) dengan rumus :

$$Hu = y * Cu * d^2$$

Dimana :

Cu = nilai cohesi *ultimate* dari data tanah

d = diameter tiang (m)

$$H_{ijin} = n * Hu,$$

n = jumlah tiang

jika $H_{ijin} > H_{maksimum}$ (Aman)