

## **BAB II**

### **STUDI PUSTAKA**

#### **2.1. Tinjauan Umum**

Dalam melakukan sebuah proses perencanaan perlu ditetapkan kriteria-kriteria yang akan digunakan sebagai tolak ukur kelayakan pelaksanaan pembangunan. Beberapa kriteria yang dimaksud adalah :

1. Kemampuan Layan (*Serviceability*)

Kriteria ini merupakan kriteria dasar yang sangat penting. Di mana struktur yang direncanakan harus mampu memikul beban secara aman tanpa mengalami kelebihan tegangan maupun deformasi yang melebihi batas.

2. Nilai Efisiensi Bangunan

Proses perencanaan struktur yang ekonomis didapatkan dengan membandingkan besarnya pemakaian bahan pada kondisi tertentu dengan hasil yang berupa kemampuan untuk memikul beban. Nilai efisiensi yang tinggi merupakan tolak ukur kelayakan perencanaan yang baik.

3. Pemilihan Konstruksi dan Metode Pelaksanaan

Pemilihan konstruksi yang sesuai dengan kebutuhan serta metode pelaksanaan yang akan dilakukan mempengaruhi nilai kelayakan sebuah pembangunan. Kriteria ini mempunyai ruang lingkup yang sangat luas. Di antaranya pemilihan peralatan, waktu pelaksanaan, biaya, dan sumber daya manusia yang diperlukan.

4. Biaya (*Cost*)

Di samping kriteria-kriteria tersebut di atas, terdapat sebuah kriteria yang sangat penting untuk diperhatikan. Kriteria tersebut adalah biaya yang dibutuhkan dalam proses pembangunan. Nilai pemakaian biaya yang efisien tidak terlepas dari efisiensi bahan dan kemudahan pelaksanaan.

## 2.2. Pedoman Perencanaan

Dalam perencanaan struktur Gedung Kuliah Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta, pedoman yang digunakan sebagai acuan adalah :

- a. Peraturan Muatan Indonesia 1970 (N.I – 18).
- b. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SKSNI T-15-1991-03).
- c. Pedoman Perencanaan Bangunan Baja Untuk Gedung (SNI 03 -1729-2002).
- d. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 03 -1726 – 2002).

## 2.3. Aspek-aspek Perencanaan

Aspek-aspek perencanaan yang ditinjau sebelum dilakukan proses desain, harus selalu dilihat secara rinci. Karena dengan cara tersebut dapat dipahami segala implikasi dari berbagai alternatif yang akan dilakukan. Pilihan yang rasional mengenai struktur final yang akan dilaksanakan harus mampu menampung segala aspek yang bersangkutan dengan perencanaan. Salah satu tinjauan mengenai dasar perilaku material digunakan dalam pemilihan sistem struktur bangunan.

Sistem fungsional dari gedung mempunyai hubungan yang erat dengan pemilihan struktur atas. Pola yang dibentuk oleh konfigurasi struktural mempunyai hubungan erat dengan pola yang dibentuk berdasarkan pengaturan fungsional. Dalam proses perancangan struktural perlu dicari derajat kedekatan antara sistem struktural yang akan digunakan dengan tujuan desain (tujuan yang akan dikaitkan dengan masalah arsitektural, efisiensi, *serviceability*, kemudahan pelaksanaan dan biaya)

Adapun faktor yang menentukan dalam pemilihan jenis struktur sebagai berikut :

1. Aspek arsitektural
2. Aspek fungsional
3. Kekuatan dan kestabilan struktur
4. Faktor ekonomi dan kemudahan pelaksanaan

5. Faktor kemampuan struktur mengakomodasi sistem layan gedung
6. Aspek lingkungan

Sedangkan pemilihan jenis pondasi (*sub structure*) yang digunakan didasarkan kepada beberapa pertimbangan, yaitu :

1. Keadaan tanah pondasi
2. Batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya
3. Batasan-batasan di lingkungan sekelilingnya
4. Waktu dan biaya pelaksanaan pekerjaan

### **2.3.1. Elemen-elemen Utama Struktur**

Pada perencanaan struktur gedung ini digunakan balok dan kolom sebagai elemen-elemen utama struktur. Balok dan kolom merupakan struktur yang dibentuk dengan cara meletakkan elemen kaku horisontal di atas elemen kaku vertikal. Balok memikul beban secara transversal dari panjangnya dan mentransfer beban tersebut ke kolom vertikal yang menumpunya kemudian meneruskannya ke tanah / pondasi.

### **2.3.2. Material / Bahan Struktur**

Secara umum jenis-jenis material struktur yang biasa digunakan untuk bangunan gedung adalah sebagai berikut :

1. Struktur Baja (*Steel Structure*)
2. Struktur Komposit (*Composite Structure*)
3. Struktur Kayu (*Wooden Structure*)
4. Struktur Beton Bertulang (*Reinforced Concrete structure*)
5. Struktur Beton Pracetak (*Precast Concrete Structure*)
6. Struktur Beton Prategang (*Prestress Concrete Structure*)
7. Struktur Pasangan Bata (*Masonry Structure*)

Dari jenis – jenis material struktur yang tersedia, struktur perencanaan gedung Kampus Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta digunakan material struktur :

### 1. **Struktur Baja (*Steel Structure*)**

Struktur baja sangat sesuai digunakan untuk bangunan bertingkat tinggi (*highrise building*), karena material baja mempunyai kekuatan serta tingkat daktilitas yang tinggi dibandingkan dengan material – material struktur lainnya. Selain itu material baja mempunyai kekuatan tarik dan kekuatan tekan yang sama besar, sehingga sangat sesuai digunakan sebagai elemen struktur yang memikul beban dinamik yang berarah bolak – balik. Di beberapa negara, struktur baja tidak banyak dipergunakan untuk struktur bangunan rendah dan menengah, karena ditinjau dari segi biaya penggunaan material baja dianggap tidak ekonomis maka, struktur baja hanya digunakan untuk konstruksi kuda – kuda.

### 2. **Struktur Beton Bertulang (*Reinforced Concrete structure*)**

Struktur beton bertulang ini banyak digunakan untuk struktur bangunan tingkat menengah sampai tinggi. Struktur ini paling banyak digunakan dibandingkan dengan struktur lainnya. Struktur beton bertulang lebih murah dan lebih monolit dibandingkan dengan struktur baja maupun struktur komposit, maka struktur ini mempunyai perilaku yang baik di dalam memikul beban gempa. Agar beton bertulang bekerja sesuai dengan perencanaan perlu diperhatikan adanya detail penulangan yang baik.

## **2.4. Konsep Desain atau Perencanaan Struktur**

Konsep tersebut merupakan dasar teori perencanaan dan perhitungan struktur, yang meliputi desain denah dan konfigurasi bangunan, pemilihan material, konsep pembebanan, faktor reduksi terhadap kekuatan bahan, konsep perencanaan struktur atas dan struktur bawah.

### 2.4.1. Denah dan Konfigurasi Bangunan

Dalam mendesain struktur perlu direncanakan terlebih dulu denah struktur setiap lantai bangunan, sehingga penempatan balok dan kolom sesuai dengan perencanaan ruang.

### 2.4.2. Pemilihan Material

Spesifikasi bahan / material yang digunakan dalam perencanaan struktur gedung ini adalah sebagai berikut:

- Bahan atap

Bahan yang digunakan untuk rangka atap yaitu baja profil 2L atau siku dan untuk gording menggunakan profil C, sedangkan untuk kuda – kuda utama pada batang vertikal yang berada di tengah bentang dan pertemuan dengan kuda-kuda anak menggunakan pipa.

- Bahan struktur beton bertulang

Beton :  $f'_c = 30 \text{ MPa}$        $E_c = 4700\sqrt{f'_c}$

Baja :

▪ Tul. Utama :  $f_y = 400 \text{ MPa}$        $E_s = 210000 \text{ MPa}$

▪ Tul. Geser :  $f_y = 240 \text{ MPa}$        $E_s = 210000 \text{ MPa}$

### 2.5. Konsep Pembebanan

Di Indonesia pada umumnya umur rencana dari suatu bangunan adalah 50 tahun. Oleh karena itu selama umur rencananya, struktur bangunan dapat menerima berbagai macam kondisi pembebanan yang mungkin terjadi.

Kesalahan dalam menganalisis beban merupakan salah satu penyebab utama kegagalan struktur. Mengingat hal tersebut, sebelum melakukan analisis dan desain struktur, perlu adanya gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur beserta karakteristiknya.

Beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan dapat berupa kombinasi dari beberapa beban yang terjadi secara bersamaan. Secara garis besar beban pada

struktur dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu beban statik dan beban dinamik. Beban statik yaitu jika perubahan intensitas beban berjalan perlahan sehingga pengaruh waktu tidak dominan. Beban dinamik yaitu jika perubahan intensitas beban bervariasi secara cepat terhadap waktu. Untuk memastikan bahwa suatu struktur bangunan dapat bertahan selama umur rencananya, maka pada proses perancangan dari struktur perlu ditinjau beberapa kombinasi pembebanan yang mungkin terjadi.

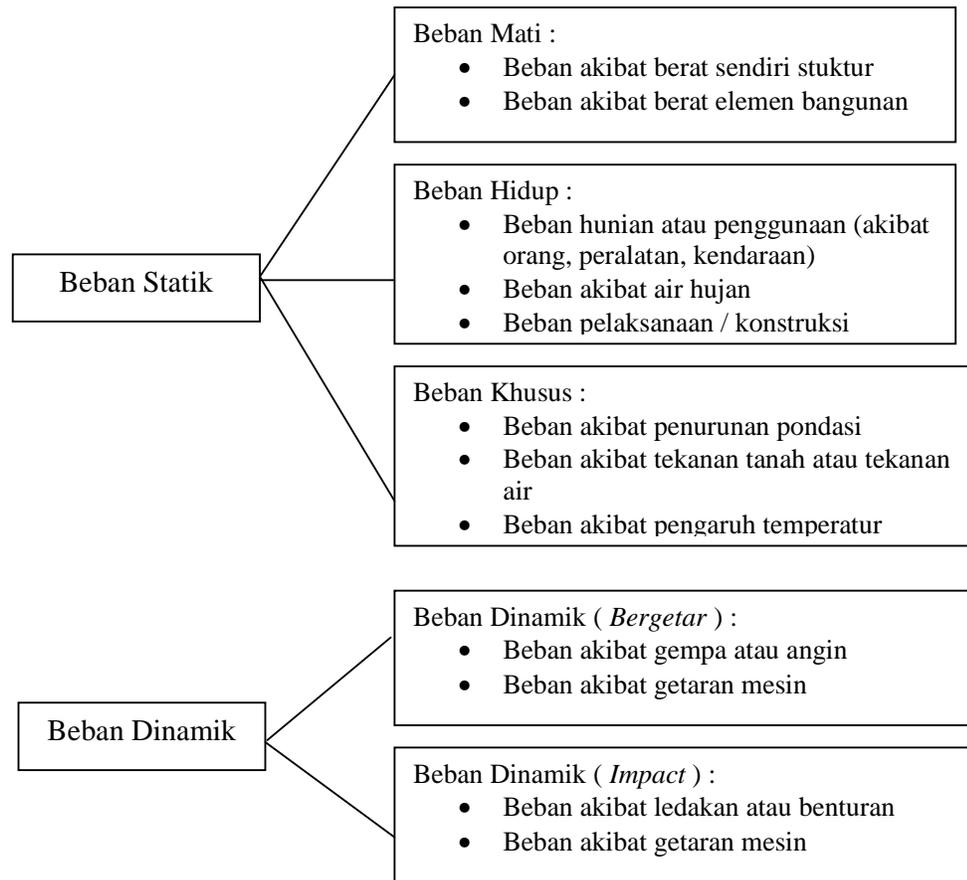
### **2.5.1. Jenis-jenis Beban**

Dalam menjalankan fungsinya setiap sistem struktur harus mampu menahan atau menerima pengaruh-pengaruh dari luar yang harus dipikul untuk selanjutnya diteruskan ke tanah dasar melalui pondasi.

Pengaruh dari luar yang bekerja pada struktur dapat dinyatakan sebagai besaran gaya dengan intensitas yang dapat diukur. Intensitas pengaruh dari luar pada struktur disebut beban atau gaya luar, di mana cara bekerjanya serta besarnya diatur dalam peraturan atau standar pembebanan yang berlaku.

Selain pengaruh dari luar yang dapat diukur sebagai besaran gaya seperti berat sendiri struktur, beban akibat hunian, pengaruh angin atau getaran gempa dan tekanan tanah, terdapat juga pengaruh-pengaruh luar yang tidak dapat diukur sebagai gaya dengan contoh antara lain pengaruh penurunan pondasi pada struktur bangunan atau pengaruh temperatur pada elemen struktur.

Secara umum beban atau gaya luar yang bekerja pada struktur dapat dibedakan menjadi beban statik dan beban dinamik yaitu seperti yang diuraikan dibawah ini :



Gambar 2.1. Jenis-jenis beban

### 2.5.1.1. Beban - Beban Pada Struktur

#### 1. Beban Statis

Jenis-jenis beban statis menurut Peraturan Muatan Indonesia 1970

N.I – 18 adalah sebagai berikut:

- Beban Mati (*Dead Load/ DL*)

Beban mati adalah beban-beban yang bekerja vertikal ke bawah pada struktur dan mempunyai karakteristik bangunan.

**Tabel 2.1. Beban mati pada struktur**

<b>Beban Mati</b>	<b>Besar Beban</b>
Baja	7850 kg / m <sup>3</sup>
Beton Bertulang	2400 kg / m <sup>3</sup>
Dinding pasangan 1/2 Bata	250 kg / m <sup>2</sup>
Atap genting, usuk, dan reng	50 kg / m <sup>2</sup>
Kaca setebal 12 mm	30 kg / m <sup>2</sup>
Langit-langit + penggantung	20 kg / m <sup>2</sup>
Lantai ubin semen portland	24 kg / m <sup>2</sup>
Spesi per cm tebal	21 kg / m <sup>2</sup>
Partisi	130 kg / m <sup>2</sup>

▪ **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. Beban hidup diperhitungkan berdasarkan pendekatan matematis dan menurut kebiasaan yang berlaku pada pelaksanaan konstruksi di Indonesia. Untuk menentukan secara pasti beban hidup yang bekerja pada suatu lantai bangunan sangatlah sulit, dikarenakan fluktuasi beban hidup bervariasi, tergantung dari banyak faktor. Oleh karena itu, faktor beban - beban hidup lebih besar dibandingkan dengan beban mati

**Tabel 2.2. Beban hidup pada lantai bangunan**

<b>Beban Hidup Lantai Bangunan</b>	<b>Besar Beban</b>
Beban hidup untuk Kampus	250 kg / m <sup>2</sup>
Beban hidup untuk ruang olahraga	400 kg / m <sup>2</sup>
Balkon – balkon yang menjorok bebas keluar	300 kg / m <sup>2</sup>
Tangga dan Bordes	300 kg / m <sup>2</sup>

## 2. Beban Gempa (*Earthquake Load/E*)

Gempa bumi adalah fenomena getaran yang dikaitkan dengan kejutan pada kerak bumi. Beban kejut ini dapat disebabkan oleh banyak hal, tetapi salah satu faktor yang utama adalah benturan pergesekan kerak bumi yang mempengaruhi permukaan bumi. Kejutan yang berkaitan dengan benturan tersebut akan menjalar dalam bentuk gelombang. Gelombang ini menyebabkan permukaan bumi dan bangunan di atasnya bergetar. Pada saat bangunan bergetar, timbul gaya-gaya pada struktur bangunan karena adanya kecenderungan massa bangunan untuk mempertahankan dirinya dan gerakan. Besar beban gempa tersebut bergantung pada banyak faktor yaitu: massa struktur, kekakuan struktur, kondisi tanah dasar, dan wilayah kegempaan.

Perhitungan besarnya beban gempa dasar menurut buku ajar Rekayasa Gempa oleh Ir. Himawan Indarto, M.S yang mengacu pada Standart Perencanaan Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Rumah Dan Gedung (SNI – 1726 -1998).

Kekuatan geser tanah rata – rata ( $S$  rata – rata)

**Tabel 2.3. Definisi jenis tanah**

Jenis Tanah	Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak
Kedalaman Lap. Keras (Meter)	Nilai Rata-rata Kekuatan Geser Tanah		
5	$S > 55$	$45 \leq S \leq 55$	$S < 45$
10	$S > 110$	$90 \leq S \leq 110$	$S < 90$
15	$S > 220$	$180 \leq S \leq 220$	$S < 180$
$\geq 20$	$S > 330$	$270 \leq S \leq 330$	$S < 270$

Koefisien dasar gempa ( $C$ )

Koefisien dasar gempa dapat ditentukan dari diagram respon spektrum gempa rencana

**Tabel 2.4. Faktor Keutamaan Struktur**

Jenis Struktur Bangunan Gedung	I
Gedung umum seperti untuk penghunian, perniagaan dan perkantoran	1
Monumen dan bangunan monumental	1
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air minum, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi	1.5
Gedung untuk menyimpan bahan – bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam dan bahan beracun	1.5
Cerobong, tangki di atas menara	1,25

**Tabel 2.5. Faktor daktilitas ( $\mu$ ) dan Faktor jenis struktur (K)**

Jenis Struktur Bangunan		$\mu$	K
1. Tanpa Daktilitas (elastis)	- Struktur Umum	1.0	4.0
2. Daktilitas Terbatas	- Cerobong	1.3	3.0
	- Portal dengan Diagonal	1.6	2.5
	- Struktur Umum	$\mu \leq 2$	$4/\mu$
3. Daktilitas Penuh	- Struktur Umum	$\mu > 2$	$(1 + 10/\mu)/3$
	- Portal Beton Prategang	3.12	1.4
	- Dinding Geser Kantilever	3.85	1.2
	- Portal Terbuka	5.0	1

**Tabel 2.6. Parameter Daktilitas Struktur Gedung**

Taraf kinerja struktur gedung	$\mu$	R
Elastis penuh	1,0	1,6
Daktail parsial	1,5	2,4
	2,0	3,2
	2,5	4,0
	3,0	4,8
	3,5	5,6
	4,0	6,4
	4,5	7,2
	5,0	8,0
Daktail penuh	5,3	8,5

**Tabel 2.7. Faktor wilayah gempa (Z)**

Wilayah / zona kegempaan	Percepatan tanah maksimum Pada tanah keras (g)	Z
1	0.26	2.6
2	0.18	1.8
3	0.14	1.4
4	0.10	1.0
5	0.06	0.6
6	0.00	0.0

#### **2.5.1.2. Faktor Beban dan Kombinasi Pembebanan**

Untuk keperluan desain, analisis dan sistem struktur perlu diperhitungkan terhadap kemungkinan terjadinya kombinasi pembebanan (*Load Combination*) dan beberapa kasus beban yang dapat bekerja secara bersamaan selama umur rencana. Terdapat dua kombinasi pembebanan yang perlu ditinjau pada struktur yaitu Kombinasi Pembebanan Tetap dan Kombinasi Pembebanan Sementara. Disebut pembebanan tetap karena beban dianggap dapat bekerja terus menerus pada struktur selama umur rencana. Kombinasi pembebanan ini disebabkan oleh bekerjanya beban mati (*Dead Load*) dan beban hidup (*Live Load*).

Kombinasi pembebanan sementara tidak bekerja secara terus menerus pada struktur, tetapi pengaruhnya tetap diperhitungkan dalam analisa. Kombinasi pembebanan ini disebabkan oleh bekerjanya beban mati, beban hidup dan beban angin. Nilai - nilai beban tersebut di atas dikalikan dengan suatu faktor magnifikasi yang disebut faktor beban, tujuannya agar struktur dan komponennya memenuhi syarat kekuatan dan layak pakai terhadap berbagai kombinasi beban.

Faktor beban memberikan nilai kuat perlu bagi perencanaan pembebanan pada struktur. SKSNI T 15-1991-03 sub bab 3.2.2 menentukan nilai kuat perlu sebagai berikut:

**Tabel 2.8. Kuat perlu struktur**

No	Jenis Beban	Kuat Perlu (U)
1	D + L	$1.2D + 1.6L$
2	D + L + W	$0.75 (1.2D + 1.6L + 1W)$ atau $0.9D + 1.3W$
3	D + LR + E	$1.05 (D + LR + E)$ atau $(0.9D + E)$

Keterangan :

- D : Beban mati
- L : Beban hidup
- LR : Beban hidup yang telah direduksi
- W : Beban angin
- E : Beban gempa

### 2.5.1.3. Faktor Reduksi Kekuatan

Faktor reduksi kekuatan merupakan suatu bilangan yang bersifat mereduksi kekuatan bahan, dengan tujuan untuk mendapatkan kondisi paling buruk jika pada saat pelaksanaan nanti terdapat perbedaan mutu bahan yang ditetapkan sesuai standar bahan yang ditetapkan dalam perencanaan sebelumnya. SKSNI T-15-1991-03 menetapkan berbagai nilai  $\phi$  untuk berbagai jenis besaran gaya yang didapat dari perhitungan struktur.

**Tabel 2.9. Reduksi kekuatan**

Kondisi Pembebanan	Faktor Reduksi ( $\phi$ )
Beban lentur tanpa gaya aksial	0.80
Gaya aksial tarik, aksial tarik dengan lentur	0.80
Gaya aksial tekan, aksial tekan dengan lentur <ul style="list-style-type: none"><li>• Dengan tulangan spiral</li><li>• Dengan tulangan biasa</li></ul>	0.70 0.65
Lintang dan Torsi	0.60
Tumpuan pada Beton	0.70

### 2.5.2. 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, di mana 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.

## 2.6. Analisis Perencanaan Struktur

Struktur atas adalah struktur bangunan gedung yang secara visual berada di atas tanah, yang terdiri dari struktur atap dan struktur portal utama yaitu kesatuan antara balok, kolom dan struktur sekunder seperti pelat, tangga, lift, balok anak.

### 2.6.1 Perencanaan Atap

Perencanaan atap yang digunakan yaitu atap baja dengan bentuk atap limas dengan bentang 18 meter. 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 :  $f_y = 240 \text{ MPa}$
- Tegangan putus :  $f_u = 370 \text{ Mpa}$
- Modulus Elastisitas baja :  $E = 200.000 \text{ MPa}$

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 ( $\alpha$ ) < 65° adalah :

- Angin masuk c : + 0.02  $\alpha$  - 0.4 ..... (2.1)

- Angin keluar c : - 0.4 ..... (2.2)

Langkah-langkah perencanaan gording :

1. Menentukan syarat-syarat batas, tumpuan panjang bentang dan dimensi profil yang akan digunakan.
2. Melakukan analisa pembebanan
3. Menghitung kombinasi momen yang terjadi akibat pembebanan (Mx dan My).
4. Melakukan pengecekan terhadap gaya angin hisap.
5. Melakukan pengecekan kekuatan

$$f = f_x + f_y \quad \rightarrow \quad f \leq f_y \dots\dots\dots (2.3)$$

$$f = \left( \frac{M_x}{\phi W_x} \right) + \left( \frac{M_y}{\phi W_y} \right) \dots\dots\dots (2.4)$$

6. Melakukan pengecekan kekakuan

$$\delta \leq \bar{\delta} \quad \rightarrow \quad \bar{\delta} = L/240 \quad (\text{SNI 03-1729-2002 tabel 6.4-1})$$

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\delta_x = \frac{5}{384} x \frac{qy.L^4}{E.I_x} + \frac{1}{48} x \frac{Py.L^3}{E.I_x} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\delta_y = \frac{5}{384} x \frac{qx.L^4}{E.I_y} + \frac{1}{48} x \frac{Px.L^3}{E.I_y} \dots\dots\dots (2.7)$$

7. Cek terhadap tegangan geser

$$V_u = V_y = V_y d + V_y l \dots\dots\dots (2.8)$$

**Syarat – syarat kuat geser nominal (Vn)**

$$V_u \leq \phi V_n \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

$$\phi = 0.9 \rightarrow \quad (\text{SNI 03-1729-2002 tabel 6.4-2})$$

$$\text{a. } \left( \frac{h}{t_w} \right) \leq 1.10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \quad \text{di mana : } k_n = 5 + \frac{5}{\left( \frac{a}{h} \right)^2}$$

$$\text{maka : } V_n = 0.6 \times f_y \times A_w \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\text{b. } 1.10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \leq \left( \frac{h}{t_w} \right) \leq 1.37 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}}$$

$$\text{maka : } V_n = 0.6 \times f_y \times A_w \left[ 1.10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \right] \frac{1}{\left( \frac{h}{t_w} \right)} \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

atau

$$V_n = 0.6 \times f_y \times A_w \left[ C_v + \frac{(1 - C_v)}{1.15 \sqrt{1 + \left( \frac{a}{h} \right)^2}} \right] \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\text{di mana : } C_v = 1.10 \frac{\sqrt{\frac{k_n E}{f_y}}}{\frac{h}{t_w}}$$

$$\text{c. } 1.37 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \leq \left( \frac{h}{t_w} \right)$$

$$\text{maka : } V_n = \frac{0.9 \times A_w k_n E}{\left( \frac{h}{t_w} \right)} \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

atau

$$V_n = 0.6 \times f_y \times A_w \left[ C_v + \frac{(1 - C_v)}{1.15 \sqrt{1 + \left( \frac{a}{h} \right)^2}} \right] \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

$$\text{di mana : } C_v = 1.5 \frac{k_n E}{f_y} \times \frac{1}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2}$$

Langkah-langkah perencanaan rangka atap :

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

2. 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 : 1.4 DL

Kombinasi 2 : 1.2 DL + 1.6 LL

Kombinasi 3 : 1.2 DL + 1.6 LL + 0.8 WL (angin kiri)

Kombinasi 4 : 1.2 DL + 1.6 LL + 0.8 WL (angin kanan)

Kombinasi 5 : 1.2 DL + 1.6 LL + 0.8 WL (angin depan)

Kombinasi 6 : 1.2 DL + 1.6 LL + 0.8 WL (angin belakang)

Kombinasi 7 : Envelope (Komb. 1 + Komb. 2 + Komb. 3 + Komb. 4 +  
Komb. 5 + Komb. 6)

Di mana :

DL : Dead Load

LL : Live Load

WL : Wind Load

3. Melakukan pengecekan kekakuan

$$\delta \leq \bar{\delta} \quad \rightarrow \quad \bar{\delta} = L/360 \quad (\text{SNI 03-1729-2002 tabel 6.4-1})$$

$$\delta = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2} \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

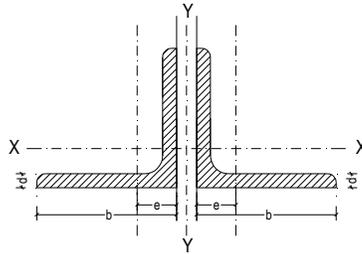
di mana :

U1 : Lendutan arah sumbu X

U2 : Lendutan arah sumbu Y

U3 : Lendutan arah sumbu Z

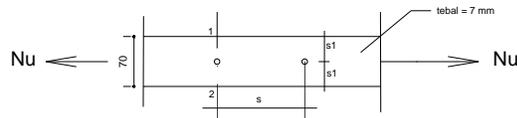
4. Melakukan pengecekan kekuatan pada profil majemuk



Gambar 2.2. Penampang profil siku ganda

$A_g = 2 \times A \rightarrow A = \text{luas penampang batang tunggal}$

Cek terhadap batang Tarik :



Gambar. 2.3. Batang yang mengalami gaya tarik

Syarat penempatan baut :

$$s_1 \geq 1.5d_b$$

$$s_1 \leq 12t_p$$

$$s_1 \leq 150 \text{ mm}$$

$$s \geq 3d_b$$

$$s \leq 15t_p$$

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

$$N_u \leq \phi N_n$$

$$\phi N_n = 0.9 \times A_g f_y$$

$$\phi N_n = 0.9 \times A_e f_u$$

..... (2.17)

$$A_e = A \times U \rightarrow U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} \leq 0.9$$

$$\bar{x} = \frac{b}{2} - e$$

$$A = A_{nt} \rightarrow \text{Pot. 1 - 2} \rightarrow A_{nt} = A_g - n \times d \times t$$

Cek terhadap batang Tekan :

$$Nu \leq \phi Nn \dots\dots\dots (2.18)$$

$$\phi Nn = \phi \times A_g \times \frac{f_y}{\omega} \dots\dots\dots (2.19)$$

di mana :

a.  $\omega = 1 \rightarrow \lambda_c \leq 0.25 \dots\dots\dots (2.20)$

b.  $\omega = \frac{1.43}{1.6 - 0.67\lambda_c} \rightarrow 0.25 < \lambda_c < 1.2 \dots\dots\dots (2.21)$

c.  $\omega = 1.25\lambda_c^2 \rightarrow \lambda_c \geq 1.2 \dots\dots\dots (2.22)$

$$\lambda_c = \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

Kestabilan batang majemuk :

$\lambda_{ty} < \lambda_x \rightarrow$  tekuk terjadi pada sumbu X

$\lambda_{ty} < \lambda_y \rightarrow$  tekuk terjadi pada sumbu Y

Syarat kestabilan struktur :

$$\lambda_x \geq 1.2\lambda_1$$

$$\lambda_{ty} \geq 1.2\lambda_1 \quad (\text{SNI 03-1729-2002 pers. 9.3-7})$$

$$\lambda_1 \leq 50$$

$$\lambda_1 = \frac{kL_i}{i_{\min}} \quad \text{Li = jarak kopel}$$

Estimasi jarak kopel:

$$\frac{kL_i}{i_{\min}} = 0.75 \frac{kL_k}{i_x} \Rightarrow \frac{L_i}{i_{\min}} = 0.75 \frac{L_k}{i_x} \dots\dots\dots (2.23)$$

di mana :

$$L_i = \frac{L_k}{\text{jumlah bentan g}} \rightarrow \text{jumlah bentang harus berjumlah ganjil dan minimal 3 buah}$$

k = faktor tekuk  $\rightarrow$  (SNI 03-1729-2002 gambar 7.6-1)

$$\lambda_{iy} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2} \lambda_1^2} \rightarrow \lambda_y = \frac{kL_y}{i_y}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} \rightarrow I_y = 2 (I_{y1} + A_1 (e_x + \frac{1}{2} d)^2)$$

$$A_g = 2 \times A_1$$

$$\lambda_x = \frac{kL_x}{i_x}$$

Kontrol tekuk lokal :

$$\lambda_f \leq \lambda_r \quad \text{SNI 03-1729-2002 tabel 7.5-1}$$

pada profil siku ganda dengan pelat kopel sebagai penyokong :

$$\lambda_f = \frac{b}{t} \text{ dan } \lambda_r = \frac{200}{\sqrt{f_y}}$$

di mana :

m = jumlah batang yang disatukan

b = lebar profil siku

t = tebal profil siku

5) Merencanakan pelat kopel pada profil ganda

$$\text{Syarat} = \frac{I_p}{a} \geq 10 \frac{I_i}{L_i} \quad (\text{SNI 03-1729-2002 pers. 9.3-5})$$

di mana:

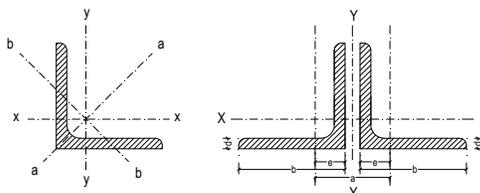
$I_p$  = Momen kelembaman pelat kopel.

$a$  = jarak sumbu elemen batang tersusun.

$I_i$  = Momen kelembaman element batang tunggal terhadap sumbu b-b

$L_i$  = Jarak pelat kopel

$a$  = 2.e + pelat pengisi



Gambar 2.4. Dimensi penampang profil siku

$$V_u \leq \phi V_n \dots\dots\dots (2.24)$$

Gaya lintang yang dipikul (D)

$$D = V_u = 2 \% * N_u \quad (\text{SNI 03-1972-2002 pers. 9.3-8})$$

$N_u$  = gaya batang yang terjadi

$V_n$  = gaya geser nominal sama seerti persamaan sebelumnya

6) Perhitungan sambungan baut pada buhul

$$R_u \leq \phi R_n \dots\dots\dots (2.25)$$

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

$$V_d = \phi_f r_1 f_u^b A_b \dots\dots\dots (2.26)$$

$\phi_f = 0.75$ , 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

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

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f \times 0.75 f_u^b A_b \dots\dots\dots (2.27)$$

c. Kuat tumpu dalam lubang baut (SNI 03-1729-2002, pasal 13.2.2.4)

$$R_d = \phi_f R_n = 2.4 \times \phi_f d_b t_p f_u \dots\dots\dots (2.28)$$

$\phi_f = 0.75$ , faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

$d_b$  = diameter baut nominal pada daerah tak berulir = 16 mm

$t_p$  = tebal pelat = 7 mm

$f_u^p$  = tegangan tarik putus pelat

$f_u^b$  = tegangan tarik putus dari baut

$f_u$  = tegangan tarik putus yang terendah dari baut atau pelat

Dari ketiga nilai di atas diambil nilai yang terendah sebagai bahan perencanaan pendimensian sambungan. Dan jika tebal pelat pengisi (t)

⇒ 6 mm < t < 20 mm, maka kuat geser nominal satu baut yang ditetapkan harus dikurangi 15 %-nya. (SNI 03-1729-2002, pasal 13.2.2.5)

Sehingga :

$$R_u \leq 0.85 \times \phi R_n \dots\dots\dots (2.29)$$

dan jumlah baut dapat dihitung :  $n = \frac{Nu}{0.85 \times \phi R_n}$

7) Perhitungan *bracing*/kait angin

Dikarenakan pada SNI 03-1729-2002 tidak dijelaskan mengenai perencanaan *bracing* (ikatan angin) pada struktur atap (hanya pada bangunan struktur baja tahan gempa), maka kami mengambil referensi dari PPBBI 1984.

Berdasarkan PPBBI 1984 bab 7 , pasal 7.3, hal 64 :

“Pada hubungan gording ikatan angin, harus dianggap ada gaya P’ yang arahnya sumbu gording”, yang besarnya adalah :

$$P' = (0,01 \times P \text{ kuda}) + (0.005 \times n \times q \times dk \times dg) \dots\dots\dots (2.30)$$

Dimana :

n : Jumlah trave antara 2 bentang ikatan angin

q : Beban atap vertikal terbagi rata

dk : Jarak kuda-kuda

dg : Jarak gording

P kuda-kuda : gaya pada batang tepi kuda-kuda di tempat gording itu.

$$A = \frac{P}{\sigma}$$

Di mana :

A = luas penampang *bracing*

σ = tegangan ijin batang *bracing*

Pada batang ikatan angin harus dipenuhi syarat :

$$\frac{h}{L} \geq \sqrt{(0.25 \times Q) / (E \times A_{tepi})} \dots\dots\dots (\text{PPBBI 1984 : hal 64})$$

Di mana :

A tepi : Luas penampang bagian tepi kuda-kuda

- h : Jarak kuda-kuda pada bentang ikatan angin
- L : Panjang atas tepi kuda-kuda
- Q : n.q.l.dk

8) Perhitungan angkur

Pendimensian angkur didasarkan terhadap reaksi horizontal yang terjadi pada tumpuan tersebut, di mana :

$$R_{AH} = \sqrt{R_{AHX}^2 + R_{AHY}^2} \dots\dots\dots (2.31)$$

$$\text{Jumlah angkur ( n )} = \frac{R_{AH}}{\phi V_n}$$

$$V_n = 0.6 f_y A_w \rightarrow (\text{SNI 03-1729-2002 pasal 8.8.3})$$

9) Perhitungan pelat andas

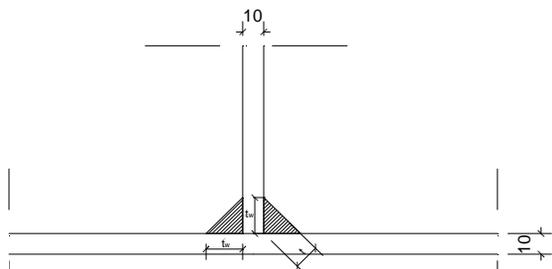
Pendimensian angkur didasarkan terhadap reaksi vertikal yang terjadi pada tumpuan tersebut. Dan dasar perencanaannya diambil dari dimensi pelat andas (panjang dan lebar), akibat kebutuhan ruang penempatan angkur. Sehingga :

$$f = \frac{P}{A} \leq f'_c \quad \text{di mana :}$$

- P = Reaksi vertikal yang terjadi
- A = Luas permukaan bidang pelat andas (panjang x lebar)
- f'\_c = mutu beton konstruksi di bawah pelat andas

10) Perhitungan Las pada pelat andas

Syarat ukuran las sudut:



Gambar 2.5. Ukuran las pelat andas

**Tabel 2.10. Ukuran minimum las sudut**

Tebal bagian paling tebal, t (mm)	Tebal minimum las sudut, tw (mm)
$t \leq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
$15 < t$	6

(SNI 03-1729-2002 tabel 13.5-1 hal 108)

Ukuran maksimum las sudut sepanjang tepi komponen yang disambung:

- a.  $t_p < 6.4 \text{ mm}$                        $\rightarrow$      $t_{\text{maks}} = t_p$
- b.  $t_p \geq 6.4 \text{ mm}$                        $\rightarrow$      $t_{\text{maks}} = t_p - 1.6 \text{ mm}$

Kuat las sudut :

$$R_u \leq \phi R_{nw} \dots\dots\dots (2.32)$$

dengan :

$$\phi_f R_{nw} = 0.75 t_t (0.6 f_u) \text{ (bahan dasar)} \quad (\text{SNI 03-1729-2002 pers. 13.5-3b})$$

$$\phi_f R_{nw} = 0.75 t_t (0.6 f_{uw}) \text{ (bahan las)}$$

di mana :

$\phi_f R_{nw}$  = gaya terfaktor per satuan panjang las

$\phi_f$  = 0.75, faktor reduksi kekuatan saat fraktur

$f_u$  = tegangan tarik putus bahan dasar, MPa

$f_{uw}$  = tegangan tarik putus bahan las, MPa

$t_t$  = tebal rencana las, mm

$$\text{Panjang las} = L_n = \frac{R_u}{\phi_f R_{nw}} \dots\dots\dots (2.33)$$

$$L_n \geq 4 t_t$$

$$L_{\text{bruto}} = L_n + 3 t_t$$

**2.6.2 Perencanaan Pelat Beton**

Pelat adalah struktur planar kaku yang secara khas terbuat dari material monolit dengan tinggi yang kecil dibandingkan dengan dimensi - dimensi lainnya. Untuk merencanakan pelat beton bertulang yang perlu dipertimbangkan

tidak hanya pembebanan, tetapi harus juga ukuran dan syarat-syarat dari peraturan yang ada. Pada perencanaan ini digunakan tumpuan terjepit penuh untuk mencegah pelat berotasi dan relatif sangat kaku terhadap momen puntir dan juga di dalam pelaksanaan pelat akan dicor bersamaan dengan balok.

(Sumber : STRUKTUR, Daniel L. Schodek: hal 338)

Beban pelat dipikul pada kedua arah oleh empat balok pendukung sekeliling panel pelat, dengan demikian pelat menjadi suatu pelat yang melentur pada kedua arah. Dengan sendirinya penulangan untuk pelat tersebut harus menyesuaikan. Apabila panjang pelat sama dengan lebarnya, perilaku keempat balok keliling dalam menopang pelat akan sama. Sedangkan apabila panjang pelat tidak sama dengan lebarnya, maka balok yang lebih panjang akan memikul beban lebih besar dari pada balok yang pendek.

Langkah perencanaan penulangan pelat adalah sebagai berikut ini:

1. Menentukan syarat - syarat batas, tumpuan dan panjang bentang.
2. Menentukan tebal pelat. Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03 maka tebal ditentukan berdasarkan ketentuan sebagai berikut:

$$h \geq \frac{Ln \left( 0.8 \frac{fy}{1500} \right)}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots(2.34)$$

$$h \leq \frac{Ln \left( 0.8 \frac{fy}{1500} \right)}{36}$$

Dimana:

$$\beta = Ly / Lx$$

Ln = panjang bersih pelat

3. Memperhitungkan beban-beban yang bekerja pada pelat lantai.
4. Tentukan Ly/Lx
5. Tentukan momen yang menentukan (Mu)
  - Mlx (momen lapangan arah-X)
  - Mtx (momen tumpuan arah-X)

- Mly (momen lapangan arah-Y)

- Mty (momen tumpuan arah-Y)

6. Hitung penulangan arah-X dan arah-Y

Data – data yang diperlukan :

- Tebal pelat (h)
- Tebal selimut beton
- Momen (Mu)
- Tinggi efektif (dx dan dy)

$$\left( \frac{Mu}{bxd^2} \right) = \rho \cdot \phi \cdot fy \cdot \left( 1 - 0,588 \cdot \rho \cdot \frac{fy}{f'c} \right) \dots\dots\dots(2.35)$$

Dari persamaan di atas , maka dengan menggunakan rumus abc nilai  $\rho$  dapat diketahui.

- Pemeriksaan rasio penulangan ( $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ )

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} \dots\dots (SK - SNI T - 15 - 1991 - 03, Bab 3.3.5 butir 1)$$

$$\rho_{max} = \frac{\beta x 450}{600 + fy} \times \frac{0,85 x f'c}{fy} \dots\dots\dots(2.36)$$

Nilai  $\rho_{min}$  dan  $\rho_{max}$  juga dapat dicari dari tabel CUR 1, hal 50 dan 52.

$$- As = \rho \times b \times d \dots\dots\dots(2.37)$$

Pengecekan momen nominal penampang

$$\rho_{aktual} = \frac{As}{b \cdot h} \dots\dots\dots(2.38)$$

$$\text{Lengan momen dalam } a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b} \dots\dots\dots (2.39)$$

$$Mn = As \cdot fy \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) , Mn \text{ aktual} > Mn \text{ perlu} \dots\dots\dots (2.40)$$

**2.6.3 Perencanaan Struktur**

Perencanaan struktur yang dimaksud meliputi perencanaan balok, kolom maupun dinding geser .

Perhitungan analisa struktur yang bekerja baik pada balok maupun kolom dilakukan dengan menggunakan bantuan program *SAP 2000* dengan memasukkan input:

1. Karakteristik bahan
  - a. Karakteristik material
    - Berat jenis beton
    - Modulus elastisitas beton
    - $f'c$
    - $f_y$
  - b. Dimensi rencana elemen struktur
    - Balok
    - Kolom
    - tumpuan
2. Beban – beban yang diderita oleh elemen struktur
  - a. Berat sendiri elemen struktur  
Langsung masuk input *SAP 2000*
  - b. Beban – beban mati
    - ▲ Beban area pada pelat
      - Beban penutup lantai
      - Beban spesi
      - Beban plafond
    - ▲ Beban area pada *shear wall*
      - Beban tekanan tanah
    - ▲ Beban merata
      - Dinding
    - ▲ Beban Terpusat
      - Beban atap
      - Beban lift
      - Gaya *Spring* di setiap joint pada *shear wall*
  - c. Beban hidup

Dari perhitungan di atas didapatkan gaya – gaya dalam yang bekerja pada elemen struktur yang dapat digunakan untuk perhitungan penulangan.

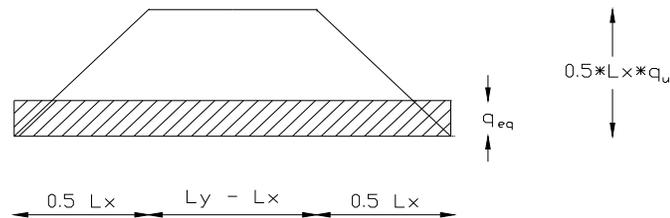
### 2.6.3.1 Perencanaan balok

Dalam pradesain tinggi balok menurut SKSNI T-15 1991-03 merupakan fungsi dari bentang dan mutu baja yang digunakan. Secara umum pradesain tinggi balok direncanakan  $L/10 - L/15$ , dan lebar balok diambil  $1/2H - 2/3H$  dimana  $H$  adalah tinggi balok (*CUR 1* hal.104).

Pada perencanaan struktur ini beban pelat diberikan apa adanya sebagai beban pelat dan tidak dilakukan konversi ke dalam model amplop. Namun untuk mempermudah perencanaan balok anak maka pelat dihitung sebagai beban di mana pendistribusian gayanya menggunakan metode amplop. Dalam metode amplop terdapat 2 macam bentuk yaitu pelat sebagai beban segi tiga dan pelat sebagai beban trapesium. Adapun persamaan bebannya adalah sebagai berikut:

#### Perataan beban pelat pada perhitungan balok anak

- Perataan beban trapesium

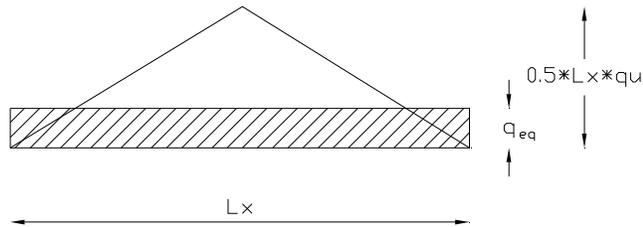


Gambar 2.6. Perataan beban trapezium

$$\begin{aligned}
 R_A = R_B &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} (l_y + l_y - l_x) \cdot \frac{1}{2} q \cdot l_x \\
 &= q \cdot l_x \cdot (2l_y - l_x) / 8 \\
 M_{\max \text{ trapezium}} &= R_a \cdot \frac{1}{2} l_y - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} l_x \cdot \frac{1}{2} q \cdot l_x \left( \frac{1}{2} l_y^2 - \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2} l_x \right) - \frac{1}{2} (l_y - l_x) \\
 &= \frac{1}{16} q \cdot l_x (l_y^2 - \frac{1}{3} l_x^2) \\
 M_{\max \text{ beban merata}} &= \frac{1}{8} q_{ek} \cdot l_y^2 \\
 M_{\max \text{ trapezium}} &= M_{\max \text{ segi empat}} \\
 \frac{1}{8} q_{ek} \cdot l_y^2 &= \frac{1}{16} q \cdot l_x (l_y^2 - \frac{1}{3} l_x^2)
 \end{aligned}$$

$$q_{ek} = \frac{1}{2} q \cdot (lx/ly^2) (ly^2 - \frac{1}{3} lx^2) \dots\dots\dots (2.41)$$

- Perataan beban segitiga



Gambar 2.7. Perataan beban segitiga

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} lx \cdot \frac{1}{2} q \cdot lx \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{8} q \cdot lx^2$$

$$M_{\max \text{ segi tiga}} = M_A \max = \frac{q \cdot lx^3}{24}$$

$$M_{\max \text{ beban merata}} = \frac{1}{8} q_{ek} \cdot lx^2$$

$$M_{\max \text{ segitiga}} = M_{\max \text{ segi empat}}$$

$$\frac{1}{8} q_{ek} \cdot lx^2 = \frac{q \cdot lx^3}{24}$$

$$q_{ek} = \frac{1}{3} q \cdot lx \dots\dots\dots (2.42)$$

**Perencanaan penulangan balok**

Perhitungan penulangan balok menurut buku CUR adalah sebagai berikut :

Mu didapat dari hasil analisa struktur

$$\left( \frac{Mu}{bx d^2} \right) = \rho \cdot \phi \cdot fy \cdot \left( 1 - 0,588 \cdot \rho \cdot \frac{fy}{f'c} \right) \dots\dots\dots (2.43)$$

Dari persamaan di atas , maka dengan menggunakan rumus abc nilai p dapat diketahui.

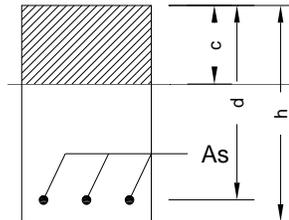
- Pemeriksaan rasio penulangan ( $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ )

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{fy} \dots\dots (SK - SNI T - 15 - 1991 - 03, Bab 3.3.5 butir 1)$$

$$\rho_{\max} = \frac{\beta x 450}{600 + fy} \cdot \frac{0,85 x f'c}{fy} \dots\dots\dots (2.44)$$

Nilai  $\rho$  min dan  $\rho$  max juga dapat dicari dari tabel CUR 1, hal 50 dan 52.

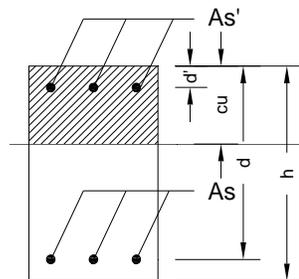
Jika  $\rho$  min  $< \rho < \rho$  max, maka pendimensian tulangan dilakukan sebagai tulangan tunggal :



**Gambar 2.8. Balok dengan Tulangan Tunggal**

-  $A_s = \rho \times b \times d$  .....(2.45)

Namun dalam kenyataannya, walaupun kita mendesain penampang sebagai tulangan tunggal, pada akhirnya akan dipasang sebagai tulangan ganda. Sehingga bagaimanapun juga untuk efisiensi besi tulangan, walaupun desainnya hanya diperlukan tulangan tunggal, dalam analisa penulangannya dilakukan dengan tulangan ganda.



**Gambar 2.9. Balok dengan Tulangan Ganda**

$$A_{s1} = \left( 1 - \left[ \frac{M_u^+}{M_u^-} \right] \right) \rho b d$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

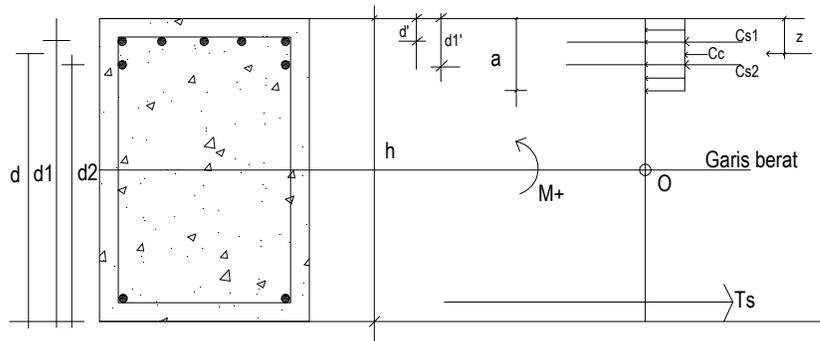
$$A_{s2} = A_s' = \frac{M_u - M_{u1}}{\phi_y (d - d')}$$

$$M_{u1} = A_{s1} \cdot \phi \cdot f_y \cdot Z$$

$$Z = ( d - 0,405 C )$$

$$\frac{c}{d} = 1,384 \rho \cdot \frac{f_y}{f'_c}$$

Dan untuk cek kapasitas penampang pada tulangan tekan digunakan persamaan sebagai berikut :



$$d_1 = h - p - \frac{\phi_D}{2}$$

$$d_2 = d_1 - \text{spasi tulangan vertikal}$$

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

$$a = \frac{\beta_1 \cdot 600}{600 + f_y} \cdot d$$

Kesetimbangan Momen di titik O :

$$C_{s1} = A_s \times f_y$$

$$C_{s2} = A_s \times f_y$$

$$C_c = a \times R_I \times b$$

$$T_s = A_s \times f_y$$

$$C = C_{s1} + C_{s2} + C_c$$

$$d' = p + \frac{1}{2} \phi_{\text{tul. pokok}} ; d_1' = d' + \text{spasi tulangan vertikal}$$

$$d = h - d'$$

- Kesetimbangan momen :

$$(C_{s1} \times d') + (C_{s2} \times d') + (C_c \times a/2) = C \times Z$$

$$M_n = M_o = T_s \times (d - h/2) + C(h/2 - Z)$$

$$M_u = M_n \times \phi$$

### Perencanaan tulangan geser

Perhitungan tulangan geser menurut buku CUR 1, sebagai berikut :

$V_u$  didapat dari hasil perhitungan

$$v_u = \frac{V_u}{b.d} \dots\dots\dots(2.46)$$

$$\phi.v_c = 0,6 \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots (2.47)$$

Pengecekan =  $v_u > \phi.v_c$  , maka harus diberi tulangan geser.

$$\frac{V_u d}{M_u} = \text{nilai kelangsingan struktur} < 1 \quad (\text{CUR 1, hal : 124}) \quad \dots\dots(2.48)$$

$$\phi.v_s = (v_u - \phi.v_c) < \phi.v_{s \max} \quad (\text{CUR 1, hal : 125}) \quad \dots\dots(2.49)$$

Dari tabel CUR seri 4, As sengkang didapat tergantung pemakaian mutu baja sengkang ( $f_y$ s).

$$\text{Jarak tulangan sengkang maksimum, } S_{\max} = \frac{d}{2} \quad \dots\dots\dots(2.50)$$

### Tulangan sengkang juga dapat dicari :

$V_u$  didapat dari hasil perhitungan

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} \dots\dots\dots(2.51)$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b.o.d \dots\dots\dots (2.52)$$

Bila nilai  $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$  diperlukan pemasangan sengkang

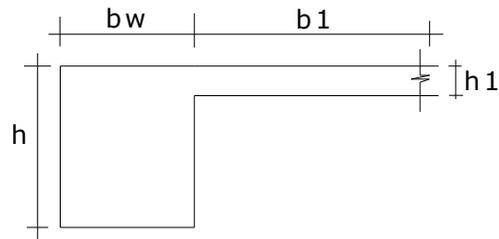
$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \dots\dots\dots(2.53)$$

Diameter sengkang yang direncanakan  $A_v$  .

$$s = \frac{A_v, f_y.d}{V_s} \dots\dots\dots(2.54)$$

$$S_{\max} = \frac{d}{2}$$

## Perencanaan tulangan torsi



Untuk balok yang berbentuk L ditetapkan  $b = b_w + b_1$ , dengan  $b_1$  adalah harga terkecil dari :

$$b_1 = \frac{1}{12} l ;$$

$$b_1 = 6 h ;$$

$$b_1 = \frac{1}{2} L$$

$$\sum x^2 y = b_w^2 h + b_1^2 h_1$$

$$C_t = \frac{b_w d}{\sum x^2 y}$$

$$x_1 = b_w - 2(p + \frac{1}{2} \emptyset_{tul.sengkang})$$

$$y_1 = h - 2(p + \frac{1}{2} \emptyset_{tul.sengkang})$$

$$\alpha_t = \frac{1}{3} (2 + y_1 / x_1)$$

## Merencanakan tulangan sengkang :

- Sengkang tumpuan :

$$V_c = \frac{\frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d}{\sqrt{1 + \left( \frac{2,5 \cdot C_t \cdot T_u}{V_u} \right)^2}}$$

$$V_s = V_n - V_c$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y d}$$

$$T_c = \frac{\left[ \frac{\sqrt{f'_c}}{15} \right] \Sigma x^2 y}{\sqrt{\left[ 1 + \left( \frac{0,4 V_u}{C_t T_u} \right)^2 \right]}}$$

$$T_s = T_n - T_c$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_s}{\alpha_t x_1 y_1 f_y}$$

Sengkang gabungan antara torsi dengan geser :

$$\frac{A_v}{s} = \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s}$$

dengan  $\emptyset 12-250$ ,  $A_s \text{ terpasang} = 452 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{A_{s \text{ terpasang}}}{(A_v/s)}$$

$$s_{\max} = \frac{1}{4}(x_1 + y_1)$$

- **Tulangan torsi memanjang**

Untuk tujuan praktis, maka nilai  $T_c$  dan  $V_c$  konstan di sepanjang balok.

$$T_s = T_n - T_c$$

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$T_c = \frac{\left[ \frac{\sqrt{f'_c}}{15} \right] \Sigma x^2 y}{\sqrt{\left[ 1 + \left( \frac{0,4 V_u}{C_t T_u} \right)^2 \right]}}$$

$$A_1 = 2 \frac{A_t}{s} (x_1 + y_1)$$

**2.6.3.2 Perencanaan Struktur Kolom**

Perhitungan tulangan kolom menurut buku CUR Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang, berdasarkan SKSNI T-15-1991-03 , sebagai berikut :

Untuk mutu beton  $f'_c$  = 15, 20, 25, 30 dan 35 Mpa

Mutu baja = 240 dan 400 Mpa

Mencari harga  $\frac{d}{h}$  = 0,10; 0,15 dan 0,12

Grafik penulangan :

- Sumbu vertikal dengan nilai  $= \frac{Pu}{\phi \cdot A_{gr} \cdot 0,85 \cdot F'_c}$  .....(2.55)

- Sumbu vertikal dengan nilai  $= \frac{Pu}{\phi \cdot A_{gr} \cdot 0,85 \cdot F'_c} \cdot \left(\frac{e_1}{h}\right)$  .....(2.56)

Dimana  $e_1$  merupakan harga eksentrisitas  $= \left(\frac{Mu}{P}\right)$  .....(2.57)

Besaran pada kedua sumbu dapat dipetakan dalam bentuk grafik-grafik untuk mencari  $r$  sesuai dengan besaran perbandingan antara  $d'/h$  dan mutu bajanya.

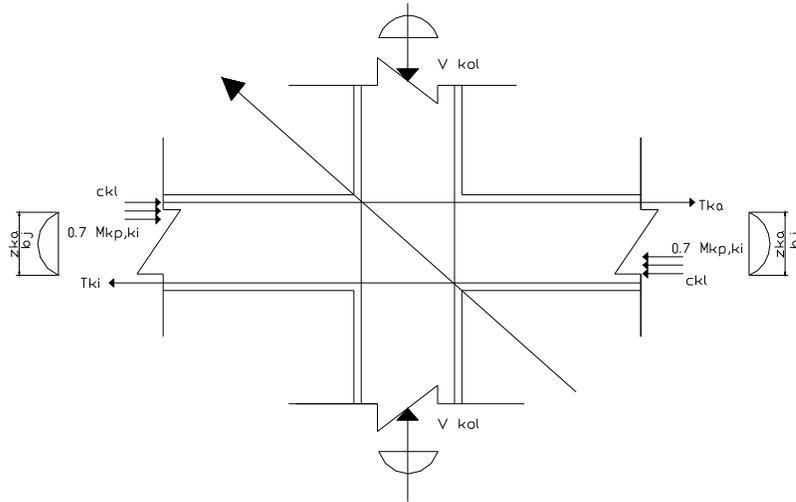
$\rho = \beta \cdot r$  ; di mana  $\beta$  tergantung pada mutu beton ..... (2.58)

$f'_c$	$\beta$
15	0,6
20	0,8
25	1,0
30	1,2
35	1,33

Dan,  $A_s = \rho A_{gr}$

**2.6.3.3 Perencanaan Pertemuan Balok dan Kolom**

Perhitungan pertemuan balok kolom dilakukan menurut buku CUR Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang, berdasarkan SKSNI T-15-1991-03 , sebagai berikut.



### 1. Perhitungan gaya dalam

$$V_{kolom} = \frac{0.7 * \left( \frac{L_{ki}}{L_{ki'}} * M_{kap, bki} + \frac{L_{ka}}{L_{ka'}} * M_{kap, bka} \right)}{\frac{1}{2} (h_{ka} + h_{kb})}$$

dengan :

$L_{ki}$  dan  $L_{ka}$  = bentang as kiri dan kanan joint

$L_{ki'}$  dan  $L_{ka'}$  = bentang bersih balok kiri dan kanan joint

$h_{ka}$  dan  $h_{kb}$  = bentang as ke as kolom atas dan bawah joint

$M_{kap, bki}$  dan  $M_{kap, bka}$  = Momen kapasitas balok di sebelah kii dan kanan joint

$V_{kolom}$  = Gaya aksial yang diterima kolom akibat pengaruh dari momen di tumpuan balok

$$C_{ki} = T_{ki} = 0,7 \left( \frac{M_{kap,ki}}{Z_{ki}} \right)$$

$$T_{ka} = C_{ka} = 0,7 \left( \frac{M_{kap,ka}}{Z_{ka}} \right)$$

$$V_{j,h} = C_{ki} + T_{ka} - V_{kol}$$

$$V_{j,v} = \left( \frac{d}{h_c} \right) V_{j,h}$$

## 2. Kontrol tegangan geser horizontal minimal

$$V_{j,h} = \frac{V_{j,h}}{(b_j \cdot h_c)} \leq 1.5 f'_c$$

di mana :

$b_j$  = lebar efektif joint, mm

$h_c$  = tinggi total penampang kolom dalam arah geser yang ditinjau,  
mm

## 3. Penulangan geser horizontal

$$V_{c,h} = 2/3 \sqrt{[(N_{u,k}/A_g) - 0.1 f'_c]} \cdot bh$$

$$V_{j,h} = V_{c,h} + V_{s,h}$$

$$A_{j,h} = \frac{V_{s,h}}{f_y}$$

di mana himpunan sengkang horizontal ini harus didistribusikan secara merata di antara tulangan balok longitudinal atas dan bawah.

## 4. Penulangan geser vertikal

$$V_{c,v} = A_s' \frac{V_{j,h}}{A_{s,c}} \left( 0.6 + \frac{N_{u,k}}{A_g \cdot f'_c} \right)$$

di mana :

$A_s'c$  dan  $A_{s,c}$  adalah luas tulangan longitudinal tarik dan tekan kolom.

$$V_{s,v} = V_{j,v} - V_{c,v}$$

$$A_{j,v} = \frac{V_{s,v}}{f_y}$$

Tulangan geser vertical ini harus terdiri dari tulangan kolom antara yang terletak pada bidang lentur antara ujung tulangan sisi luar; atau terdiri dari sengkang pengikat vertical atau tulangan vertical khusus yang diletakkan dalam kolom dan dijangkarkan secukupnya untuk meneruskan gaya tarik yang disyaratkan ke dalam joint.

#### **2.6.4 Perencanaan Struktur Bawah (Pondasi)**

Struktur bawah (*sub structure*) yang berupa pondasi, merupakan struktur yang berfungsi untuk meneruskan beban-beban dari struktur atas ke dalam lapisan tanah. Dalam menentukan jenis pondasi yang sesuai kita perlu mempertimbangkan beberapa hal sebagai berikut :

- a. Keadaan tanah, seperti parameter tanah, daya dukung tanah, dll.
- b. Jenis struktur atas (fungsi bangunan).
- c. Anggaran biaya yang dibutuhkan.
- d. Waktu pelaksanaan yang direncanakan.
- e. Keadaan lingkungan sekitar.

##### **2.6.4.1 Parameter Tanah**

Sebelum kita menentukan jenis pondasi yang akan digunakan, terlebih dahulu harus diketahui kondisi tanah tempat bangunan yang akan didirikan. Untuk keperluan tersebut, maka dilakukan penyelidikan tanah (*Soil Investigation*). Penyelidikan yang dilakukan terdiri dari penyelidikan lapangan (*field test*) dan penyelidikan laboratorium (*laboratory test*).

Penyelidikan tanah dimaksudkan untuk mengetahui kondisi geoteknik, baik keadaan, jenis dan sifat-sifat yang menjadi parameter dari tanah pondasi rencana. Yang dimaksud dengan kondisi geoteknik adalah :

- a. Struktur dan penyebaran tanah serta batuan
- b. Sifat fisis tanah (*Soil Properties*)
- c. Sifat teknis tanah/batuan (*Engineering Properties*)
- d. Kapasitas dukung tanah terhadap pondasi yang diperbolehkan sesuai dengan tipe pondasi yang akan digunakan.

Hasil penyelidikan tanah di lokasi di mana bangunan ini akan didirikan, yakni di Jalan DR. Wahidin Sudirohusodo Yogyakarta dapat dilihat secara lengkap pada lampiran Laporan Pekerjaan Penyelidikan Tanah yang terletak pada bagian akhir tugas akhir ini.

#### 2.6.4.2 Analisa Daya Dukung Tanah

Perhitungan daya dukung tanah sangat diperlukan guna mengetahui kemampuan tanah sebagai perletakan / pemakaian struktur pondasi. Daya dukung tanah merupakan kemampuan tanah dalam mendukung beban baik berat sendiri struktur pondasi maupun beban struktur atas secara keseluruhan tanpa terjadinya keruntuhan. Nilai daya dukung tersebut dibatasi oleh suatu gaya dukung batas (*Ultimate Bearing Capacity*), yang merupakan keadaan saat mulai terjadi keruntuhan.

Sebelum kita menentukan jenis pondasi yang akan digunakan, kita harus menentukan daya dukung ijin ( $q_u$ ) yang merupakan hasil bagi daya dukung batas ( $q_{ult}$ ) dengan *safety factor* (SF).

(Sumber : Diktat Kuliah, Rekayasa Pondasi II: hal 10)

#### 2.6.4.3 Pemilihan Tipe Pondasi

Berdasarkan data-data hasil penyelidikan tanah di lokasi, untuk lokasi di Jalan DR. Wahidin Sudirohusodo Yogyakarta telah ditentukan bahwa lapisan tanah keras terletak pada kedalaman -7,20 m hingga - 22,00 m dari muka tanah setempat, dengan nilai tahanan ujung ( $q_c$ )  $\geq 300 \text{ kg/cm}^2$ . Dan hambatan perekat berkisar pada nilai 1000 kg/cm hingga 3800 kg/cm. Dikarenakan pada bangunan ini direncanakan adanya basement hingga kedalaman - 7,20 m, sehingga dalam hal ini diputuskan untuk menggunakan jenis pondasi dalam

#### 2.6.4.4 Perencanaan Pondasi Tiang Bor

Berdasarkan data tanah hasil penyelidikan, beban-beban yang bekerja dan kondisi sekitar proyek, telah dipilih menggunakan pondasi tiang namun dengan sistem tiang bor yang berfungsi sebagai *end bearing*.

Pemilihan sistem pondasi ini didasarkan atas pertimbangan :

1. Beban yang bekerja cukup besar.
2. Kondisi lingkungan sekitar yang banyak bangunan tinggi dan bangunan berada di dalam lingkungan kampus, serta adanya bangunan sekolah dan

rumah sakit. Jika menggunakan tiang pancang akan menimbulkan suara yang bising.

#### 2.6.4.5 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 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  $q_{ult}$ . 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 :

$$q_a = q_{ult} / FK \dots\dots\dots(2.59)$$

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.

#### 2.6.4.6 Perhitungan Daya Dukung Vertikal Tiang Bor

Analisis-analisis kapasitas daya dukung dilakukan dengan cara pendekatan matematis untuk memudahkan perhitungan. Persamaan-persamaan yang dibuat dikaitkan dengan sifat-sifat tanah dan bentuk bidang geser yang terjadi pada saat terjadi keruntuhan.

- a. Berdasarkan kekuatan bahan

$$P_{tiang} = f'_c \cdot A_{tiang} \dots\dots\dots(2.60)$$

dimana :  $P_{tiang}$  = kekuatan pikul tiang yang diijinkan

$f'_c$  = tegangan tekan tiang terhadap penumbukan

$$A_{\text{tiang}} = \text{luas penampang tiang bor}$$

b. Berdasarkan hasil sondir

Tes sondir atau *Cone Penetration Test* (CPT) pada dasarnya adalah untuk memperoleh tahanan ujung ( $q$ ) dan tahanan selimut ( $C$ ) sepanjang tiang. Tes sondir ini biasanya dilakukan pada tanah-tanah kohesif dan tidak dianjurkan pada tanah berkerikil dan lempung keras. Berdasarkan faktor pendukungnya, daya dukung tiang pancang dapat digolongkan sebagai berikut :

1. *End Bearing Pile*

Tiang pancang yang dihitung berdasarkan tahanan ujung dan memindahkan beban yang diterima ke lapisan tanah keras dibawahnya Persamaan yang digunakan untuk menentukan daya dukung tanah terhadap tiang adalah :

$$Q_{\text{tiang}} = \frac{A_{\text{tiang}} \cdot P}{SF} \dots\dots\dots (2.61)$$

Kemampuan tiang terhadap kekuatan bahan :

$$P_{\text{tiang}} = \text{kuat tekan bahan} \cdot A_{\text{tiang}} \dots\dots\dots (2.62)$$

Dengan :

$Q_{\text{tiang}}$  = daya dukung keseimbangan tiang (kN)

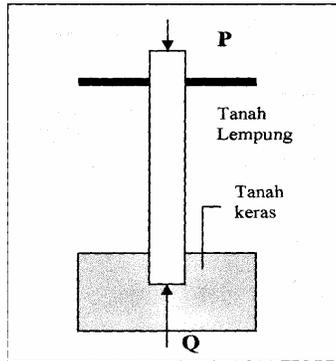
$A_{\text{tiang}}$  = luas permukaan tiang ( $\text{m}^2$ )

$P$  = Nilai conus hasil sondir ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )

$SF$  = faktor keamanan( diambil 3)

$P_{\text{tiang}}$  = kekuatan yang diijinkan pada tiang pancang (kg)

$A_{\text{tiang}}$  = luas tekan ijin bahan tiang ( $\text{cm}^2$ )



Gambar 2.10. Bearing pile

## 2. Friction Pile

Jika pemancangan tiang sampai tanah keras sulit dilaksanakan karena letaknya sangat dalam, dapat dipergunakan tiang pancang yang daya dukungnya diitung berdasarkan lekatan antara tiang dengan tanah (cleef).

Persamaan daya dukung yang diijinkan terhadap tiang adalah :

$$Q_{\text{tiang}} = \frac{O \cdot JHP}{SF} \dots\dots\dots(2.63)$$

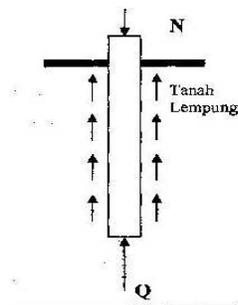
Dimana :

$Q_{\text{tiang}}$  = daya dukung keseimbangan tiang (kN)

$O$  = keliling tiang pancang (m)

$JHP$  = Total Friction (kN/m)

$SF$  = faktor keamanan ( diambil 5)



Gambar 2.11. Friction pile

**2.6.4.7 Daya Dukung Ijin Tiang Group (P all Group)**

Dalam pelaksanaan jarang dijumpai pondasi yang hanya terdiri dari satu tiang saja, tetapi terdiri dari kelompok tiang.

Teori membuktikan dalam daya dukung kelompok tiang tidak sama dengan daya dukung tiang secara individu dikalikan jumlah tiang dalam kelompok, melainkan perkalian antara daya dukung satu tiang dengan banyaknya tiang dikalikan dengan faktor efisiensi group tiang.

$$P_{all\ group} = Eff \times \text{jumlah tiang dalam group} \times P_{1\ tiang}$$

$$Eff = 1 - \frac{\theta}{90} \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{(m \times n)} \right] \dots\dots\dots(2.64)$$

Dengan :

- m = jumlah baris
- n = jumlah tiang satu baris
- $\theta = \tan^{-1} (d/s)$  dalam derajat
- d = diameter tiang (cm)
- s = jarak antar tiang (cm)

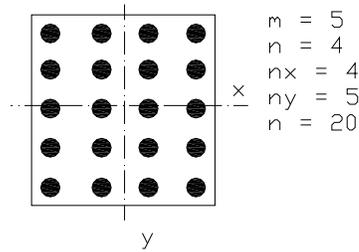
**2.6.4.8 Pmax yang Terjadi Pada Tiang Akibat Pembebanan**

$$P_{max} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M(x).Y_{max}}{n_x \cdot \sum y^2} \pm \frac{M(y).X_{max}}{n_y \cdot \sum x^2} \dots\dots\dots(2.65)$$

Dimana :

- Pmax = beban maksimum yang diterima oleh tiang pancang (kg)
- $\sum V$  = jumlah total beban normal
- M(x) = momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu x (kg.cm)
- M(y) = momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu y (kg.cm)
- n = banyaknya tiang pancang dalam kelompok tiang pancang (pile group)
- Xmax = absis terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang

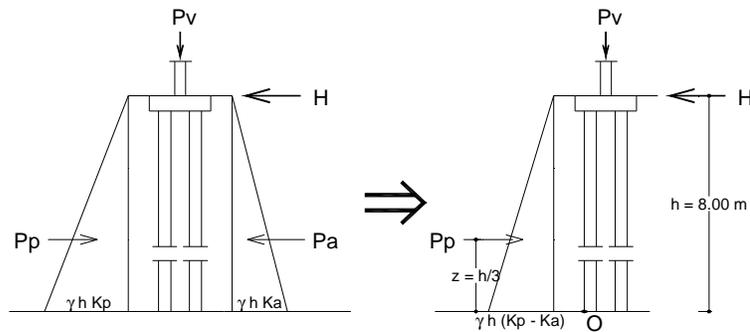
- $Y_{max}$  = ordinat terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang
- $n_x$  = banyaknya tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu x
- $n_y$  = banyaknya tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu y
- $\Sigma x^2$  = jumlah kuadrat absis-absis tiang pancang ( $cm^2$ )
- $\Sigma y^2$  = jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang pancang ( $cm^2$ )



**Gambar 2.12. Contoh penempatan pondasi tiang**

#### 2.6.4.9 Kontrol Gaya Horisontal

Kontrol gaya horizontal dilakukan untuk mencari gaya horizontal yang dapat didukung oleh tiang.



**Gambar 2.13. Pembebanan pada pondasi**

dimana :

$$ka = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \text{ dan } kp = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}$$

di mana  $\phi$  adalah sudut geser dalam tanah dasar pondasi

Gaya horizontal (H)

$$H = R_x + R_y$$

$$Pp = 0.5 \times \gamma \times h^2 \times (k_p - k_a) b$$

$$z = h/3$$

$$M_o = H \times h - Pp \times z \times n$$

Di mana :

Rx, Ry = Reaksi horizontal pada tumpuan pada arah X dan Y

$\gamma$  = Berat jenis tanah dasar

b = lebar pondasi

h = jarak antara posisi gaya H dan ujung bawah pondasi

n = jumlah pondasi tiang dalam grup

#### 2.6.4.10 Penulangan pondasi tiang bor

Penulangan tiang bor didesain terhadap gaya dalam yang timbul akibat pembebanan. Dengan  $M_u$ ,  $V_u$  dan  $N_u$  didapat dari hasil analisa struktur, maka :

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y}$$

$$\rho_{\max} = \frac{\beta \times 450}{600 + f_y} \times \frac{0.85 \times f_c'}{f_y}$$

Dikarenakan bentuk tiang bulat, maka dalam perhitungan penampang tiang dikonversikan ke dalam bentuk bujur sangkar dengan  $b = 0.88 D$ .

$$\frac{M_u}{bd^2} = \rho \phi f_y \left( 1 - 0.588 \rho \frac{f_y}{f_c'} \right)$$

Dengan rumus a,b,c didapat nilai  $\rho$

Cek rasio penulangan

$$\rho < \rho_{\min} < \rho_{\max}$$

Sehingga,  $A_s = \rho b d$

#### Perhitungan Tulangan Spiral

Rasio penulangan spiral ( $\rho_s$ )

$$\rho_s = 0.45 \times \left( \frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f_c'}{f_y}$$

$$A_s = 2 \times \rho_s \times A_g$$

**Jarak Sengkang / Spacing (s) :**

$$s = 2\pi D \times \frac{A_{sp}}{A_s}$$

**2.6.5 Perencanaan Struktur Dinding Beton**

Dalam perencanaan ini, dinding beton difungsikan sebagai :

- Dinding penahan tanah basement
- Shear wall

Dari gaya-gaya dalam yang didapat dari hasil analisa struktur, maka dapat dilakukan penghitungan penulangan struktur dinding beton.

Perhitungan Penulangan dinding beton :

$$A_{sv \min} = 0.0012 \times b \times d \quad \rightarrow \quad (\text{SKSNI. T-15-1991-03 Pasal 3.7.3.2-1})$$

$$A_{sh \min} = 0.0020 \times b \times d \quad \rightarrow \quad (\text{SKSNI. T-15-1991-03 Pasal 3.7.3.2-2})$$

$$e = \frac{Mu}{Pu} \quad \text{dan} \quad \frac{Pu}{f'_c A_{gr}} < 0.1$$

Untuk komponen struktur di mana  $f_y$  tidak melampaui 400 MPa, dengan tulangan simetris, dan dengan  $(h-d'-d_s)/h$  tidak kurang dari 0.65,  $\Phi$  boleh ditingkatkan secara linier menjadi 0,80 untuk nilai  $\Phi P_n$  yang berkurang dari  $0.1 f'_c A_g$  ke nol.

Untuk komponen struktur beton bertulang yang lain,  $\Phi$  boleh ditingkatkan secara linier menjadi 0,80 untuk keadaan di mana  $\Phi P_n$  berkurang dari nilai terkecil antara  $0.1 f'_c A_g$  dan  $\phi P_b$  ke nol. (SKSNI. T-15-1991-03 Pasal 3.2.3.2-2)

$$\phi = 0.8 - \frac{Pu}{f'_c A_{gr}} \times 0.15$$

$$\frac{Pu}{\phi A_{gr} 0.85 f'_c} \quad \rightarrow \quad \frac{e}{h}$$

$$\left( \frac{Pu}{\phi A_{gr} 0.85 f'_c} \right) \times \left( \frac{e}{h} \right)$$

Dari grafik CUR “Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang” didapat :

$$r, \beta \rightarrow \rho = r\beta$$

Sehingga  $A_s = \rho bd \geq A_{sv \min}$

### Perhitungan Tulangan Geser

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times hd \rightarrow d = 0.8 \times l_w$$

$l_w$  = panjang dinding

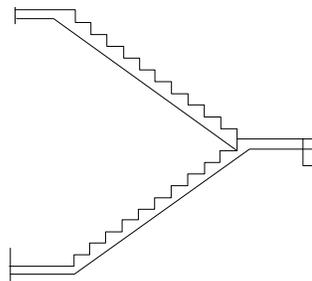
$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s_2} \quad s_2 = \text{lebar dinding, per 1 meter}$$

$$A_v \geq A_{sh \min}$$

### 2.6.6 Perencanaan Tangga

Perencanaan tangga pada gedung ditentukan berdasarkan kebutuhan layan dan kenyamanan pengguna gedung tersebut. Tangga diletakkan di sisi kanan dan kiri gedung sehingga mempunyai aksesibilitas yang tinggi, mulai lantai Basement 2 sampai lantai atap.



**Gambar 2.14. Tangga tampak samping**

Semua tangga yang berada di dalam ruangan direncanakan menggunakan tipe K dengan pelat miring sebagai ibu tangga. Perhitungan *optrede* dan *antrede* tangga menggunakan rumus :

$$2 \text{ Optrede} + \text{Antrede} = 61 \text{ s/d } 65 \text{ cm}$$

Perhitungan gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur tangga seluruhnya dilakukan dengan menggunakan program *SAP 2000*. Untuk perhitungan

penulangan pelat tangga dapat mengikuti prosedur yang sama dengan penulangan pelat lantai setelah didapat gaya - gaya dalam dari hasil analisa struktur.

### **2.6.7 Perencanaan Lift**

- **Kapasitas dan Jumlah Lift**

Kapasitas dan jumlah lift disesuaikan dengan perkiraan jumlah pemakai lift. Jumlah lift direncanakan 2 buah dengan kapasitas beban satu liftnya 1000 kg. Lift dengan kapasitas ini dengan jumlah 2 (dua) buah diambil dengan pertimbangan bahwa jumlah tersebut sudah mampu memenuhi kapasitas yang dibutuhkan.

- **Perencanaan Kontruksi**

- a. **Mekanikal**

Tidak direncanakan di sini karena sudah direncanakan pabrik dengan spesifikasi tertentu seperti pada tabel sebagai dasar perencanaan konstruksi tersebut akan diletakkan.

- b. **Konstruksi Ruang dan Tempat Lift**

Lift terdiri dari 3 komponen utama yaitu :

1. Mesin dengan kabel penarik serta perangkat lainnya.
2. Trace / traksi / kereta penumpang yang digunakan untuk mengangkut penumpang dengan peralatan penyeimbangya.
3. Ruangan dan landasan serta konstruksi penumpu untuk mesin, kereta, beban dan peralatan penyeimbangya.

Ruangan dan landasan lift direncanakan berdasarkan kriteria sebagai berikut:

1. Ruang dan tempat mesin lift diletakkan pada lantai atas bangunan, perlu dibuat dinding penutup mesin yang memenuhi syarat yang dibutuhkan mesin dan kenyamanan pemakai gedung.
2. Mesin lift dengan beban-beban berat sendiri, berat traksi dan penyeimbangya ditumpukan pada balok-balok portal.

3. Ruang terbawah diberi kelonggaran untuk menghindari tumbukan antara lift dan lantai dasar, juga direncanakan tumpuan yang menahan lift pada saat *maintenance*.