

## **BAB II**

### **STUDI PUSTAKA**

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

Perencanaan adalah salah satu tahap dari sebuah rangkaian proses membangun suatu struktur bangunan. Ada 3 hal penting yang harus diperhatikan dalam perencanaan struktur antara lain beban, keamanan dan kekuatan bahan.

» **Beban.**

Pemahaman akan perilaku beban terhadap struktur mutlak harus dikuasai karena hal itu akan sangat mempengaruhi perhitungan dan desain struktur.

» **Keamanan**

Tingkat keamanan struktur harus didesain agar biaya pembangunan sehemat mungkin tetapi masih memenuhi angka keamanan yang ditetapkan

» **Kekuatan bahan**

Bahan yang digunakan dalam perencanaan adalah bahan yang kuat sehingga struktur harus mampu menahan beban yang bekerja dan menciptakan rasa aman dan nyaman pada pengguna.

Bab II menjelaskan tentang tata cara dan langkah-langkah perhitungan struktur mulai dari perhitungan pembebanan, perhitungan struktur atas yang meliputi pelat, balok, kolom dan tangga sampai dengan perhitungan struktur bawah pondasi tiang pancang.

Studi pustaka dimaksudkan agar dapat memperoleh hasil perencanaan yang optimal dan akurat dan diharapkan mampu menghasilkan suatu tahap pengerjaan struktur yang efektif dan efisien. Dalam bab ini 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. Pedoman Perencanaan

Dalam perencanaan struktur gedung rumah sakit, pedoman yang digunakan sebagai acuan adalah :

- » Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PIIG 1983).
- » Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (RSNI – 2002 ).
- » Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI03 – 1726 -2003).

## 2.3. Konsep Pemilihan Jenis Struktur

Desain merupakan perhitungan setelah dilakukan analisis struktur. Lingkup desain pada struktur beton konvensional meliputi pemilihan dimensi elemen dan perhitungan tulangan yang diperlukan agar penampang elemen mempunyai kekuatan yang cukup untuk memikul beban-beban pada kondisi kerja (*service load*) dan kondisi batas (*ultimate load*).

Struktur dirancang dengan konsep kolom kuat balok lemah (*strong column weak beam*), dimana sendi plastis direncanakan terjadi dibalok untuk meratakan energi gempa yang masuk.

Pemilihan jenis struktur atas (*upper structure*) mempunyai hubungan yang erat dengan sistem fungsional gedung. Dalam proses desain struktur perlu dicari kedekatan antara jenis struktur dengan masalah-masalah seperti arsitektural, efisiensi, *service ability*, kemudahan pelaksanaan dan juga biaya yang diperlukan. Adapun faktor yang menentukan dalam pemilihan jenis struktur sebagai berikut :

### 1. Aspek arsitektural

Aspek arsitektural dipertimbangkan berdasarkan kebutuhan jiwa manusia akan sesuatu yang indah. Bentuk-bentuk struktur yang direncanakan sudah semestinya mengacu pada pemenuhan kebutuhan yang dimaksud.

### 2. Aspek fungsional

Perencanaan struktur yang baik sangat memperhatikan fungsi dari bangunan tersebut. Dalam kaitannya dengan penggunaan ruang, aspek

fungsional sangat mempengaruhi besarnya dimensi bangunan yang direncanakan.

### **3. Kekuatan dan kestabilan struktur**

Kekuatan dan kestabilan struktur dapat diartikan dengan kemampuan struktur untuk menerima beban-beban yang bekerja, baik beban vertikal maupun beban lateral, dan kestabilan struktur baik arah vertikal maupun lateral.

### **4. Faktor ekonomi dan kemudahan pelaksanaan**

Biasanya dari suatu gedung dapat digunakan beberapa sistem struktur yang bisa digunakan, maka faktor ekonomi dan kemudahan pelaksanaan pengerjaan merupakan faktor yang mempengaruhi sistem struktur yang dipilih.

### **5. Faktor kemampuan struktur mengakomodasi sistem layan gedung**

Struktur harus mampu mendukung beban rencana secara aman tanpa kelebihan tegangan ataupun deformasi dalam batas yang diijinkan. Keselamatan adalah hal penting dalam perencanaan struktur gedung terutama dalam penanggulangan bahaya kebakaran, maka dilakukan usaha-usaha sebagai berikut :

- Perencanaan *outlet* yang memenuhi persyaratan
- Penggunaan material tahan api terutama untuk instalasi-instalasi penting
- Fasilitas penanggulangan api disetiap lantai
- *Warning system* terhadap api dan asap
- Pengaturan ventilasi yang memadai

### **6. Aspek lingkungan**

Aspek lain yang ikut menentukan dalam perancangan dan pelaksanaan suatu proyek adalah aspek lingkungan. Dengan adanya suatu proyek yang diharapkan akan memperbaiki kondisi lingkungan dan kemasyarakatan.

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

### **1. Keadaan tanah pondasi**

Jenis tanah, daya dukung tanah, kedalaman tanah keras, dan beberapa hal yang menyangkut keadaan tanah erat kaitannya dengan jenis pondasi yang dipilih.

### **2. Batasan-batasan akibat konstruksi diatasnya**

Keadaan struktur atas sangat mempengaruhi pemilihan jenis pondasi. hal ini meliputi kondisi beban (besar beban, arah beban dan penyebaran beban) dan sifat dinamis bangunan diatasnya (statis tertentu atau tak tertentu, kekakuan dan sebagainya).

### **3. Batasan-batasan dilingkungan sekelilingnya**

Hal ini menyangkut lokasi proyek, pekerjaan pondasi tidak boleh mengganggu atau membahayakan bangunan dan lingkungan yang telah ada disekitarnya.

### **4. Waktu dan biaya pelaksanaan pekerjaan**

Suatu proyek pembangunan akan sangat memperhatikan aspek waktu dan biaya pelaksanaan pekerjaan, karena hal ini sangat erat hubungannya dengan tujuan pencapaian kondisi ekonomis dalam pembangunan.

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

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 diatas elemen kaku vertikal. Balok memikul beban secara transversal dari panjangnya dan mentransfer beban tersebut ke kolom. Kolom tersebut dibebani secara aksial oleh balok dan menyalurkan beban itu 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*)**

Struktur baja sangat tepat digunakan untuk bangunan bertingkat tinggi, karena baja mempunyai kekuatan serta daktilitas yang tinggi apabila dibandingkan dengan material-material struktur lainnya. Di beberapa

negara, struktur baja tidak banyak dipergunakan untuk struktur bangunan rendah dan menengah, karena ditinjau dari segi biaya, penggunaan material baja untuk bangunan ini dianggap tidak ekonomis.

## **2. Struktur Komposit (*Composite Structure*)**

Struktur komposit merupakan struktur gabungan yang terdiri dari dua jenis material atau lebih. Umumnya struktur komposit yang sering dipergunakan adalah kombinasi antara baja struktural dengan beton bertulang. Struktur komposit ini memiliki perilaku diantara struktur baja dan struktur beton bertulang, digunakan untuk struktur bangunan menengah sampai tinggi .

## **3. Struktur Kayu (*Wooden Structure*)**

Struktur kayu adalah struktur dengan ketahanan cukup baik terhadap pengaruh gempa, dan mempunyai harga yang ekonomis. Kelemahan dari struktur kayu ini adalah mudah terbakar dan hanya digunakan pada struktur bangunan tingkat rendah.

## **4. Struktur Beton Bertulang Cor Di Tempat (*Cast In Situ 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.

## **5. Struktur Beton Pracetak (*Precast Concrete Structure*)**

Merupakan struktur beton yang dibuat dengan elemen-elemen struktural yang terbuat dari elemen pracetak. Umumnya digunakan pada struktur bangunan tingkat rendah sampai menengah. Kelemahan struktur ini adalah kurang monolit, sehingga ketahanannya terhadap gempa kurang baik.

## **6. Struktur Beton Prategang (*Prestress Concrete Structure*)**

Penggunaan sistem prategang pada elemen struktural akan berakibat kurang menguntungkan pada kemampuan berdeformasi dari struktur dan akan mempengaruhi karakteristik respon terhadap gempa. Struktur ini digunakan pada bangunan tingkat rendah sampai menengah. Sistem prategang yang digunakan ada dua cara, yaitu :

- Sistem *Post-Tensioning*

Pada sistem ini beton dicor ditempat, kemudian setelah mencapai kekuatan 80%  $f'c$  diberi gaya prategang. Biasanya untuk lantai dan balok.

- Sistem *Pre-Tensioning*

Pada sistem ini beton telah dicetak dan sebelumnya diberi gaya prategang di pabrik dan kemudian dipasang di lokasi. Sistem ini biasa digunakan untuk komponen balok, pelat dan tangga.

## 2.4. Konsep Desain / Perencanaan Struktur

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

### 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:

Beton	: $f'c = 20\text{Mpa}$	$E_c = 4700\sqrt{f'c}$	$E_c = 21019\text{ Mpa}$
Baja	: - Tulangan Utama	: $f_y = 275\text{ Mpa}$	$E_s = 210000\text{ Mpa}$
	- Tulangan Geser	: $f_y = 275\text{ Mpa}$	$E_s = 210000\text{ Mpa}$

## 2.5. Konsep Pembebanan

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

Kesalahan dalam analisa beban merupakan salah satu faktor utama kegagalan struktur. Oleh sebab itu 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 gaya statis dan gaya dinamis. Gaya statis adalah gaya yang bekerja secara terus menerus pada struktur dan mempunyai karakter *steady states*. Sedangkan gaya dinamis adalah gaya yang bekerja secara tiba-tiba pada struktur. Pada umumnya tidak bersifat *steady state* dan mempunyai karakteristik besar dan lokasinya berubah dengan cepat. Deformasi pada struktur akibat beban ini juga berubah-ubah secara cepat. 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.

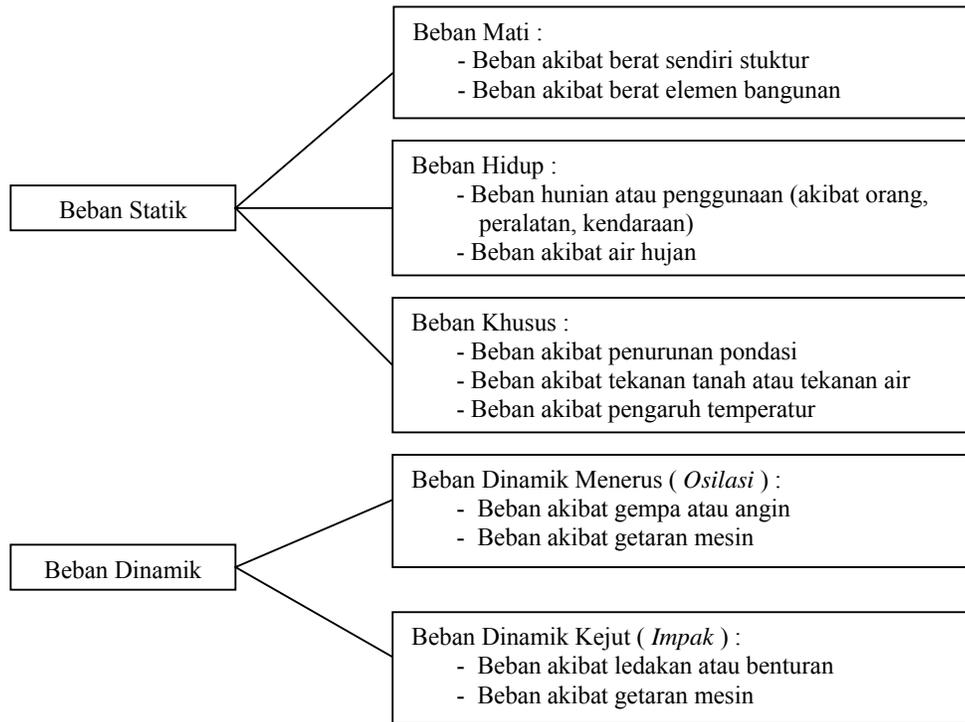
### **2.5.1. Jenis-jenis Beban**

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, dimana 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, tekanan hidrostatis air 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 :



### 2.5.1.1. Beban - Beban Pada Struktur

Dalam melakukan analisis desain suatu struktur, perlu ada gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur. Hal penting yang mendasar adalah pemisahan antara beban-beban yang bersifat statis dan dinamis.

Gaya statik adalah gaya yang bekerja secara terus menerus pada struktur dan yang diasosiasikan dengan gaya-gaya ini juga secara perlahan-lahan timbul, dan juga mempunyai karakter *steady state*.

Gaya dinamis adalah gaya yang bekerja secara tiba-tiba pada struktur. Pada umumnya tidak bersifat *steady state* dan mempunyai karakteristik besar dan lokasinya berubah-ubah dengan cepat. Deformasi pada struktur akibat beban ini juga berubah-ubah secara cepat. Gaya dinamis dapat menyebabkan terjadinya osilasi pada struktur hingga deformasi puncak tidak terjadi bersamaan dengan terjadinya gaya terbesar.

## 1. Beban Statis

Jenis-jenis beban statis menurut Peraturan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1983 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>
Batu Alam	2600 kg / m <sup>2</sup>
Beton Bertulang	2400 kg / m <sup>2</sup>
Dinding pasangan 1/2 Bata	250 kg / m <sup>2</sup>
Kaca setebal 12 mm	30 kg / m <sup>2</sup>
Langit-langit + penggantung	18 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>
Pertisi	130 kg / m <sup>2</sup>

### » **Beban hidup (*Life 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 dan 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>
Lantai Rumah Sakit	250 kg / m <sup>2</sup>
Tangga dan Bordes	500 kg / m <sup>2</sup>
Beban Pekerja	100 kg / m <sup>2</sup>

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

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. Lokasi gesekan ini terjadi disebut fault zone. 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. Gaya yang timbul disebut gaya inersia. Besar gaya tersebut bergantung pada banyak faktor yaitu:

- » Massa bangunan
- » Pendistribusian massa bangunan
- » Kekakuan struktur
- » Jenis tanah
- » Mekanisme redaman dan struktur
- » Perilaku dan besar alami getaran itu sendiri
- » Wilayah kegempaan
- » Periode getar alami

Besarnya Beban Gempa Dasar Nominal horizontal akibat gempa menurut Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI03-1726-2003), dinyatakan sebagai berikut:

$$V_1 = \frac{C_1 I}{R} - W_t$$

dimana:

V = Beban Gempa Dasar Nominal (Beban Gempa Rencana)

W<sub>t</sub> = Kombinasi dan beban mati dan beban hidup vertikal yang direduksi

C = Nilai faktor Respon Gempa Rencana, yang besarnya tergantung dari jenis tanah dasar dan waktu getar struktur T

I = Faktor Keutamaan Struktur

Untuk menentukan harga C harus diketahui terlebih dahulu jenis tanah tempat struktur bangunan itu berdiri. Untuk menentukan jenis tanah menggunakan rumus tegangan tanah dasar sesuai dengan yang tertera pada Diktat Kuliah Rekayasa Pondasi sebagai berikut:

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

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

dimana:

$\tau$  = Tegangan geser tanah ( kg/cm<sup>2</sup>)

$c$  = Nilai kohesi tanah pada lapisan paling dasar lapisan yang ditinjau

$\sigma$  = Tegangan normal masing-masing lapisan tanah ( kg/cm)

$\gamma$  = Berat jenis masing-masing lapisan tanah ( kg/cm)

$h$  = Tebal masing-masing lapisan tanah

$\varphi$  = Sudut geser pada lapisan paling dasar lapisan yang ditinjau

**Tabel 2.3. Definisi Jenis Tanah**

Jenis Tanah	Kecepatan rambat gelombang geser rerata ( $v_s$ ) (m/det)	Nilai hasil test penetrasi standart rerata ( $\tilde{N}$ )	Kuat geser niralir rerata $\hat{S}_u$ (kPa)
Tanah Keras	$v_s \geq 350$	$\tilde{N} \geq 50$	$\hat{S}_u \geq 100$
Tanah Sedang	$175 \leq v_s < 350$	$15 \leq \tilde{N} < 50$	$50 \leq \hat{S}_u < 100$
Tanah Lunak	$v_s < 175$	$\tilde{N} < 15$	
	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		

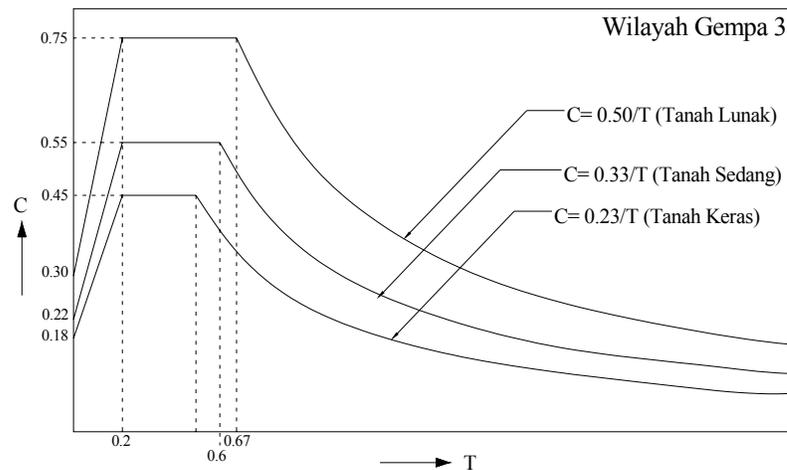
Tabel 2.4. Faktor Keutamaan Struktur

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, instansi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi.	1,5
• Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.	1,5
• Cerobong, tangki diatas menara	1,25

Tabel 2.5. Faktor Reduksi Gempa

Sistem dan subsistem struktur bangunan gedung	Uraian system pemikul beban gempa	Rm
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 a. Baja	8,5
	b. Beton bertulang	8,5
	2. Rangka pemikul momen menengah beton (SRPMM) (tidak untuk wilayah 5 dan 6)	5,5
	3. Rangka pemikul momen biasa (SRPMB) a. Baja	4,5
	b. Beton bertulang	3,5
	4. Rangka batang baja pemikul momen khusus (SRBPMK)	6,5

Besarnya faktor respon gempa didapat dari diagram spektrum respon gempa diperlihatkan pada gambar dibawah ini:



Perencanaan struktur di daerah gempa menggunakan konsep desain kapasitas yang berarti bahwa ragam keruntuhan struktur akibat beban gempa yang besar ditentukan lebih dahulu dengan elemen-elemen kritisnya dipilih sedemikian rupa agar mekanisme keruntuhan struktur dapat memencarkan energi yang sebesar-besarnya.

Konsep desain kapasitas dipakai untuk merencanakan kolom-kolom pada struktur agar lebih kuat dibanding dengan elemen-elemen balok (*Strong Coloumn Weak Beam*). Hal ini dilakukan dengan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:

- » Pada mekanisme sendi plastis pada balok pemencaran energi gempa terjadi di dalam banyak unsur, sedang pada mekanisme sendi plastis kolom pemencaran energi terpusat pada sejumlah kecil kolom-kolom struktur.
- » Pada mekanisme sendi plastis pada balok, bahaya ketidakstabilan akibat efek perpindahan jauh lebih kecil dibandingkan dengan mekanisme sendi plastis pada kolom.
- » Keruntuhan kolom dapat menyebabkan keruntuhan total dari keseluruhan bangunan.

Pada prinsipnya dengan konsep desain kapasitas elemen-elemen utama penahan gempa dapat dipilih, direncanakan dan detail sedemikian rupa, sehingga mampu memencarkan energi gempa yang cukup besar tanpa

mengalami keruntuhan struktur secara total, sedangkan elemen-elemen lainnya diberi kekuatan yang cukup sehingga mekanisme yang telah dipilih dapat dipertahankan pada saat terjadi gempa kuat.

### **3. Beban Angin(*Wind Load/WL*)**

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban angin diturunkan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif ini dinyatakan dalam  $\text{kg/m}^2$ , ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup yang telah ditentukan dengan koefisien-koefisien angin yang telah ditentukan dalam peraturan ini. Tekanan tiup diambil  $25 \text{ kg/m}^2$ , sedang untuk koefisien angin diambil untuk koefisien angin untuk gedung tertutup dan sudut kemiringan atap ( $\alpha$ ) kurang dari  $65^\circ$ .

#### **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. Menurut Peraturan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1983, ada 2 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 gempa. 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.

RSNI 2002 menentukan nilai kuat perlu sebagai berikut:

» Untuk beban mati / tetap :  $Q = 1.2$

» Untuk beban hidup sementara :  $Q = 1.6$

Namun pada beberapa kasus yang meninjau berbagai kombinasi beban, nilai kombinasi kuat perlu yang diberikan:

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

$$U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E$$

dimana:

D = Beban Mati

L = Beban Hidup

E = Beban Gempa

### 2.5.2. 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. RSNI 2002 menetapkan berbagai nilai faktor reduksi ( $\phi$ ) untuk berbagai jenis besaran gaya yang didapat dari perhitungan struktur.

**Tabel 2.6. Tabel Reduksi Kekuatan**

Kondisi Pembebanan	Faktor Reduksi
Beban lentur tanpa gaya aksial	0.80
Beban aksial dan beban aksial dengan lentur	
- Gaya aksial tarik, aksial tarik dengan lentur	0.80
- Gaya aksial tekan, aksial tekan dengan lentur	
» Dengan tulangan Spiral	0.70
» Dengan tulangan biasa	0.65

Lintang dan Torsi	0.75
- Pada komponen struktur penahan gempa kuat	0.55
- Pada kolom dan balok yang diberi tulangan diagonal	0.80
Tumpuan pada Beton	0.65
Daerah pengangkuran pasca tarik	0.85
Penampang lentur tanpa beban aksial pada komponen struktur pratarik dimana panjang penanaman <i>strand</i> -nya kurang dari panjang penyaluran yang ditetapkan	0.75
Beban lentur, tekan, geser dan tumpu pada beton polos structural	0.55

## 2.6. Analisis Perhitungan Struktur

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

Perencanaan struktur portal utama direncanakan dengan menggunakan prinsip *strong column weak beam*, dimana sendi-sendi plastis diusahakan terletak pada balok- balok.

### 2.6.1. Atap

Dasar perencanaan kuda-kuda yang menggunakan konstruksi baja mengacu pada Peraturan Bangunan Baja Indonesia. Tegangan-tegangan leleh dan tegangan-tegangan dasar berbeda untuk tiap-tiap mutu baja. Tegangan-tegangan baja yang dipakai adalah :

1. Untuk dasar perhitungan tegangan-tegangan yang diijinkan pada suatu kondisi pembebanan tertentu, dipakai tegangan dasar ( $\sigma_{ijin}$ ) yang besarnya dapat dihitung dari persamaan :  $\sigma_{ijin} = \sigma_t : 1.5$
2. Untuk pembebanan tetap, besarnya tegangan normal yang diijinkan sama dengan tegangan dasar sedangkan untuk tegangan geser ( $\tau$ ) adalah  $\tau_{ijin} = 0.58 \cdot \sigma_{ijin}$

Untuk elemen baja yang mengalami kombinasi tagangan normal dan tegangan geser, maka tegangan idiil ( $\sigma$ ) adalah tidak melebihi tegangan dasarnya atau dapat dituliskan  $\sigma_i \leq \sigma_{ijin}$ .

3. Untuk pembebanan sementara, maka besarnya tegangan boleh dinaikkan menjadi 30%.  $\sigma_{ijin\ sementara} = 1,3 \cdot \sigma_{ijin}$

Batang-batang yang menerima gaya tekan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga terjamin stabilitasnya terutama terhadap bahaya tekuk. Konstruksi atap harus diperiksa terhadap tegangan dan lendutan, dimana tegangan yang terjadi harus lebih kecil dari tegangan ijinnya, demikian juga lendutan yang terjadi harus lebih kecil dari syarat lendutan maksimum yang diijinkan.

Pembebanan pada atap mengacu pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung. Tahun 1983. Karena konstruksi yang direncanakan simetris, maka dalam perhitungan sambungan hanya akan ditinjau sebagian saja. Alat sambung yang dipakai adalah baut. Tegangan-tegangan yang diijinkan dalam menghitung kekuatan baut adalah sebagai berikut :

Tegangan geser yang diijinkan  $\tau_{ijin} = 0.6 \cdot \sigma_{ijin}$

Tegangan tarik yang diijinkan  $\sigma_{ta\ ijin} = 0.7 \cdot \sigma_{ijin}$

Kombinasi tegangan geser dan tegangan tarik yang diijinkan :

$$\sigma_1 = \sqrt{(\sigma^2 + 1,56 \tau^2)} \leq \sigma_{ijin}$$

Sambungan yang digunakan merupakan sambungan irisan dua sehingga harus memenuhi syarat-syarat :

$t/d < 0.628$  : pengaruh desak

$2,5d \leq s \leq 7d$  atau  $14t$

$2,5d \leq s \leq 7d$  atau  $14t$

$1,5d \leq s_1 \leq 3d$  atau  $6t$

$s_2 \geq 7d - 0,5u$  atau  $14t - 0,5u$

dimana

$d$  : diameter baut ( mm )

$t$  : tebal terkecil bagian yang disambung (mm)

$s_1$  : jarak dari sumbu baut yang paling luar ke tepi bagian yang disambung.

$s_2$  : jarak antara satu baut dengan baut terdekat pada baris lain (mm)

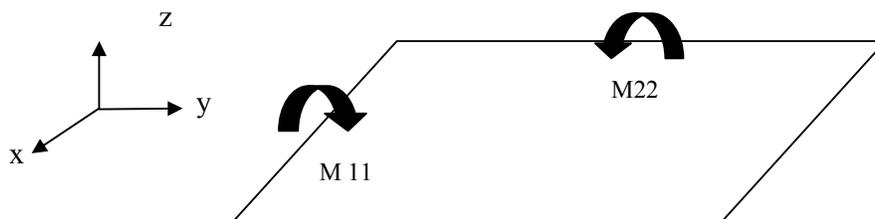
$U$  : jarak anantara baris-baris baut (mm)

### 2.6.2. Perencanaan Pelat

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 dan 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.

Pelat merupakan panel-panel beton bertulang yang mungkin bertulangan dua atau satu arah saja tergantung sistem strukturnya. Apabila pada struktur pelat perbandingan bentang panjang terhadap lebar kurang dari 2, maka akan mengalami lendutan pada kedua arah sumbu. 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.

Dimensi bidang pelat  $L_x$  dan  $L_y$  dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.1. Sumbu Global pada Pelat

Langkah perencanaan penulangan pelat adalah sebagai berikut ini:

1. Menentukan syarat-syarat batas, tumpuan dan panjang bentang.
2. Menentukan  $\frac{L_y}{L_x}$
3. Menentukan tebal pelat. Berdasarkan RSNI 2002 maka tebal pelat adalah:
  - » Untuk pelat satu arah ditentukan berdasarkan ketentuan yang tercantum dalam tabel sebagai berikut:

Komponen struktur	Tebal minimum ( h )			
	Dua tumpuan sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan oleh partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar.			
Pelat masif satu arah.	$\lambda / 20$	$\lambda / 24$	$\lambda / 28$	$\lambda / 10$
Balok atau pelat rusuk satu arah	$\lambda / 16$	$\lambda / 18.5$	$\lambda / 21$	$\lambda / 28$
CATATAN Panjang bentang dalam mm Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal ( $W_c = 2400 \text{ kg/ m}^3$ ) dan tulangan BJTD 40. Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasi sebagai berikut: <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis diantara <math>1500 \text{ kg/ m}^3</math> sampai <math>2000 \text{ kg/ m}^3</math>, nilai tadi harus dikalikan dengan ( <math>1,65 - 0,0003 W_c</math> ) tetapi tidak kurang dari 1,09 dimana <math>W_c</math> adalah berat jenis dalam <math>\text{kg/ m}^3</math>.</li> <li>b) Untuk <math>f_y</math> selain 400 MPa, nilainya harus dikalikan dengan ( <math>0,4 + f_y / 700</math> )</li> </ol>				

- » Untuk pelat dua arah ditentukan berdasarkan ketentuan sebagai berikut:
  - a) Untuk  $\alpha_m$  yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan tabel diatas.
  - b) Untuk  $\alpha_m$  lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0 ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\lambda_n \{0,8 + f_y / 1500\}}{36 + 5\beta (\alpha_m - 0,2)}$$



g. Pemeriksaan tulangan

$$- \rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$- \rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$- \rho = \frac{A_{sterpsang}}{b \cdot d}$$

- Kontrol:

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

Jika  $\rho < \rho_{\min}$  digunakan rumus  $A_s = \rho_{\min} \cdot b \cdot d$

Dalam laporan ini perhitungan pelat menggunakan program *SAP 2000*, dengan memasukkan input beban mati dan hidup pada pelat maka akan didapatkan gaya-gaya dalam berupa momen ditumpuan dan dilapangan.

### 2.6.3. Perencanaan Struktur Portal Utama

Perencanaan portal mengacu pada RSNI 2002 dimana struktur dirancang sebagai portal daktail penuh ( $K = 1$ ) dimana penempatan sendi-sendi plastis pada balok (*strong column weak beam*). Pengendalian terbentuknya sendi-sendi plastis pada lokasi-lokasi yang telah ditentukan lebih dahulu dapat dilakukan secara pasti terlepas dan kekuatan dan karakteristik gempa. Filosofi perencanaan seperti itulah yang kita kenal sebagai *Konsep Desain Kapasitas*.

#### 2.6.3.1. Prinsip Dasar Desain Kapasitas

Dalam Konsep Desain Kapasitas, untuk menghadapi gempa kuat yang mungkin terjadi dalam periode waktu tertentu, maka mekanisme keruntuhan suatu portal dipilih sedemikian rupa, sehingga pemencaran energi gempa terjadi secara memuaskan dan keruntuhan yang terjadi secara katastrofik dapat dihindarkan. Gambar 2.4. memperlihatkan dua mekanisme khas yang dapat terjadi pada portal-portal rangka. Mekanisme goyang dengan pembentukan sebagian besar sendi plastis pada balok-balok lebih dikehendaki daripada mekanisme dengan pembentukan sendi plastis yang terpusat hanya pada ujung-ujung kolom suatu lantai, karena:



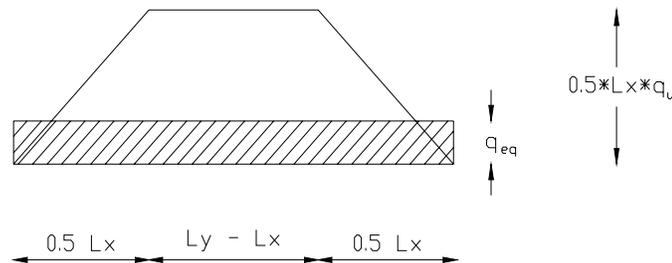
### 2.6.3.2 Perencanaan Struktur Balok

Dalam pradesain tinggi balok menurut RSNI 2002 merupakan fungsi dan 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 balok maka pelat dihitung sebagai beban dimana 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

» Perataan Beban Trapesium



Gambar 2.3. Perataan Baban

Momen Maximum beban trepesium berdasarkan grafik dan tabel penulangan beton bertulang adalah :

$$M_{max} = \frac{w^3(L^2 - 4a^2)}{24} = 1/48. L_x. q_u. (Ly^2 - Lx^2) \dots \dots \dots (1)$$

Momen max beban segi empat berdasarkan grafik dan tabel penulangan beton bertulang adalah :

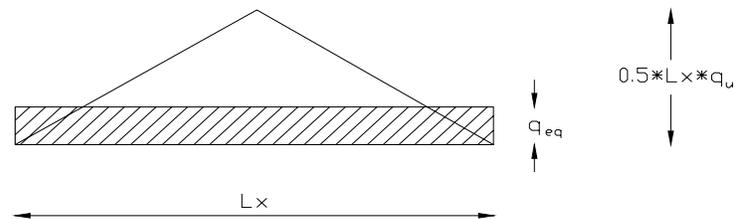
$$M_{max} = 1/8. w.L^2 = 1/8. q_{ek}. Ly^2 \dots \dots \dots (2)$$

pers (1) + pers (2)

$$1/48. L_x. q_u. (Ly^2 - Lx^2) + 1/8. q_{ek}. Ly^2 = 0$$

$$q = \frac{L_x.q_u.(Ly^2 - Lx^2)}{6Ly^2}$$

» Perataan beban segitiga



**Gambar. 2.4. Perataan Beban Segitiga**

Momen Maximum beban trapesium berdasarkan grafik dan tabel penulangan beton bertulang adalah :

$$\begin{aligned} M_{max} &= 1/12 \cdot w \cdot L^2 = 1/12 \cdot 1/2 \cdot Lx \cdot q_u \cdot Lx^2 \\ &= 1/24 \cdot q_u \cdot Lx^3 \quad \dots\dots\dots(1) \end{aligned}$$

Momen Maximum beban trapesium berdasarkan grafik dan tabel penulangan beton bertulang adalah :

$$M_{max} = 1/8 \cdot q_{eq} \cdot Lx^2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

Pers ( 1 ) + ( 2 )

$$1/24 \cdot q_u \cdot Lx^3 + 1/8 \cdot q_{eq} \cdot Lx^2$$

$$q_{eq} = 1/3 \cdot q_u \cdot Lx$$

Perhitungan penulangan balok struktur beton menggunakan program SAP 2000. Prosedur desain elemen-elemen balok dari struktur dengan SAP 2000 terdiri dua tahap sebagai berikut:

- » Desain tulangan pokok untuk menahan momen lentur
- » Desain tulangan geser (sengkang) untuk menahan gaya geser
- » Desain tulangan untuk menahan torsi

### 2.6.3.3 Perencanaan Struktur 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 untuk 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.

Kolom juga harus ditinjau terhadap kemungkinan adanya beban eksentris. Pembebanan pada kolom dibedakan menjadi dua kondisi yaitu beban terpusat dan beban eksentris. Umumnya beban pada kolom termasuk beban eksentris dan sangat jarang beban kolom yang tepat terpusat. Pada beban eksentris pusat beban tidak berada tepat dipusat titik berat penampang, tetapi terdapat eksentrisitas jarak sebesar “e” dari pusat beban kepusat penampang. Adanya eksentrisitas ini harus diperhitungkan karena menimbulkan momen.

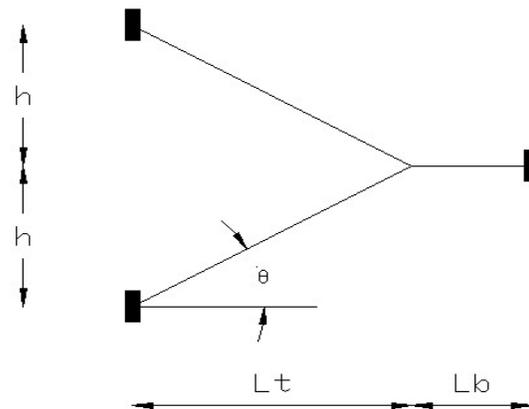
Untuk mencari besarnya momen rencana kolom dapat dilihat dari besarnya momen hasil perhitungan mekanika dengan program *SAP 2000* dan dari perhitungan momen aktual balok.

Perhitungan penulangan kolom dan struktur beton im menggunakan program *SAP2000*. Prosedur desain elemen-elemen kolom dari struktur dengan *SAP 2000* terdiri dua tahap sebagai berikut:

- » Desain tulangan pokok untuk menahan momen lentur
- » Desain tulangan geser (sengkang) untuk menahan gaya geser
- » Desain tulangan pokok untuk menahan torsi

#### **2.6.4. Perencanaan Tangga**

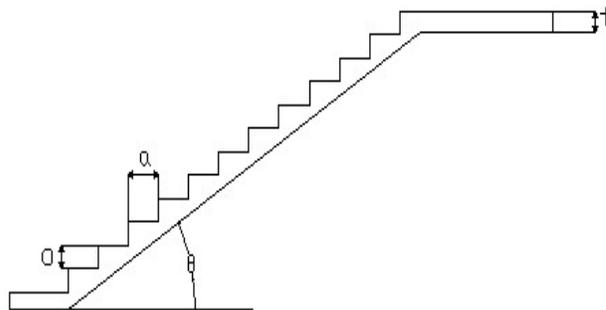
Struktur tangga digunakan untuk melayani aksesibilitas antar lantai pada gedung yang mempunyai tingkat lebih dan satu. Tangga merupakan komponen yang harus ada pada bangunan berlantai banyak walaupun sudah ada peralatan transportasi vertikal lainnya, karena tangga tidak memerlukan tenaga mesin.



**Gambar 2.5. Sketsa tangga**

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

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



**Gambar 2.6. Pendimensian Tangga**

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 yang ada dalam output *SAP 2000*.

## 2.6.5. Perencanaan Struktur Bawah (Sub Structure)

Dalam perencanaan struktur bawah sebuah bangunan, beberapa analisa tanah seperti *boring* dan *sondir* sangat dibutuhkan untuk menentukan desain sebuah pondasi yang akan dipakai. Analisa tanah *boring* dapat mengetahui struktur tanah, muka air tanah, nilai SPT dan jenis tanah (lunak atau keras). Analisa tanah *sondir* dapat menentukan kedalaman tanah keras.

### 2.6.5.1 Daya Dukung Tanah

Daya dukung (*Bearing Capacity*) adalah kemampuan tanah untuk mendukung beban baik dari segi struktur pondasi maupun bangunan diatasnya tanpa terjadi keruntuhan geser.

Daya dukung batas (*Ultimate Bearing Capacity*) adalah daya dukung terbesar dari tanah dan biasanya dibersimbol  $q_{ult}$ . Daya dukung ini merupakan tanah mendukung beban dan diasumsikan tanah mulai mendukung beban dan diasumsikan tanah mulai terjadi keruntuhan.

Besarnya daya dukung yang diijinkan sama dengan daya dukung batas dibagi angka keamanan dengan rumus sebagai berikut:

$$q_a = \frac{q_{ult}}{FK}$$

### 2.6.5.2 Pemilihan Type Pondasi

Dalam sebuah gedung arti sebuah pondasi sangatlah penting. Pondasi adalah tempat pijakan sebuah gedung dimana beban-beban gedung baik beban mati dan beban hidup akan masuk sepenuhnya kedalam pondasi. Sehingga kekuatan pondasi mutlak harus diperhatikan.

Dalam perencanaan pondasi ada beberapa pemilihan tipe pondasi yang digunakan berdasarkan analisa tanahnya, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Adapun pondasi dalam yang digunakan adalah pondasi tiang pancang, bore pile, kaisan dan lain-lain.

Dalam menentukan jenis pondasi apa yang akan dipakai, ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu data tanah (*sondir* dan *boring*), lingkungan tempat dimana bangunan akan didirikan dan yang terakhir adalah efisiensi.

Analisa pemilihan pondasi:

### **1. Lingkungan**

Lingkungan tempat dimana gedung akan didirikan merupakan salah satu parameter yang menentukan jenis pondasi yang akan digunakan. Jika lokasi terletak ditengah kota maka perencanaan gedung dengan menggunakan pondasi tiang pancang sangatlah tidak dianjurkan, karena pemancangan tiang akan menimbulkan polusi udara dan suara. Getaran yang dihasilkan dari pemancangan itu sendiri bisa merusak gedung-gedung disekitarnya.

### **2. Analisa Tanah**

Analisa tanah juga merupakan parameter yang penting dalam menentukan jenis dari pondasi yang akan digunakan. Jika tanah keras didapatkan pada kedalaman yang dangkal maka pondasi yang bisa digunakan adalah pondasi sumuran atau pondasi dangkal. Tetapi jika tanah keras ditemukan dikedalaman yang dalam, maka perencanaan pondasi akan dilakukan dengan dengan pondasi dalam yaitu tiang pancang, bore pile atau kaison.

### **3. Efisiensi**

Apabila setelah analis tanah dan lingkungan ada beberapa jenis pondasi yang bisa digunakan maka parameter selanjutnya yang dipakai untuk menentukan jenis pondasi adalah efisiensi. Efisiensi yang dimaksud adalah efisiensi baik dari segi biaya maupun dari segi waktu.

#### **2.6.5.3. Perencanaan Pondasi Tiang Pancang.**

Penggunaan pondasi tiang pancang dipakai bila tanah padat agak dalam (>3m), sehingga jika menggunakan pondasi dangkal/lembaran memakan biaya yang besar, karena:

1. Penggalian tanah terlalu besar
2. Pengeringan air tanah membutuhkan biaya yang besar

Umumnya bentuk pondasi tiang pancang adalah persegi atau berbentuk bulat. Pembuatannya bisa dengan cor ditempat atau dengan beton pracetak. Tempat yang akan dipasang pondasi sumuran terlebih dahulu digali.

Pada waktu pelaksanaan penurunan sumuran (pracetak) atau pengecoran ditempat (*cast in place*) tidak dianjurkan dengan penggalian terbuka (seperti pada pelaksanaan pondasi langsung), karena akan merusak struktur tanah disekitar sumuran dan gaya geser menjadi hilang.

### **Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang**

#### » Berdasarkan Data Sondir

$$P_{\text{all}} = \left( \frac{K_b x q_c x A_c + (f_s / K_d) x O_c}{2,5} \right)$$

dimana:

$P_{\text{all}}$  : Daya dukung tanah ijin (ton)

$K_b$  : 0,5- 1, untuk tiang pancang beton diambil 0,75

$A_c$  : Luas penampang tiang pancang ( $\text{cm}^2$ )

$f_s$  : Total friction (kg/cm)

$A_s$  : Luas permukaan (selimut)

$P_{\text{all}} = q_a \cdot A_b$

$q_c = q_c$  pada ujung tiang ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$O_c =$  Keliling penampang tiang pancang (cm)

$K_d$  : Koefisien tekanan lateral (1,5-3), diambil 1,5

#### » Berdasarkan Data NSPT

$P_{\text{all}} = q_a \cdot A_b$

$q_a = \{ \text{NSPT} / 2,5 \}$

$A_b =$  luas ujung

NSPT = jumlah pukulan per-30 cm

### **Beban Maksimum Yang Diterima Tiang Pancang ( $P_{\text{max}}$ )**

#### » Kelompok Tiang Pancang

Dalam kenyataan dilapangan tidak dijumpai kelompok tiang yang menerima beban statis tepat pada titik berat, akan tetapi kelompok tiang akan selalu menerima beban normal yang sifatnya eksentris.

Kondisi beban eksentris akan menyebabkan timbulnya momen luar disamping adanya beban terpusat.

$$P_{\max} = \frac{\sum P_v}{n} \pm \frac{M_x \times Y_{\max}}{n_y \sum y^2} \pm \frac{M_y \times X_{\max}}{n_x \sum x^2} \quad \text{dimana:}$$

$P_{\max}$  = Beban maksimum yang diterima tiang

$\sum P_v$  = Jumlah total beban-beban vertikal/normal

$n$  = Banyaknya tiang

$X_{\max}$  = Absis maksimum dari tiang kepusat berat kelompok tiang

$Y_{\max}$  = Ordinat maksimum dari tiang kepusat berat kelompok tiang

$M_x$  = Momen yang bekerja pada kelompok tiang yang tegak lurus sumbu Y

$M_y$  = Momen yang bekerja pada kelompok tiang yang tegak lurus sumbu X

$n_x$  = Banyak tiang dalam satu baris dalam arah sumbu X

$n_y$  = Banyak tiang dalam satu baris dalam arah sumbu Y

$\sum X^2$  = Jumlah kuadrat absis jarak tiang-tiang kepusat kelompok tiang

$\sum Y^2$  = Jumlah kuadrat ordinat jarak tiang-tiang kepusat berat kelompok tiang

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

dimana:

$m$  = jumlah baris tiang

$n$  = jumlah kolom tiang

$D$  = diameter tiang

$S$  = jarak tiang (2D s/d 3D)

$\theta$  = arc tan (D/S)

### »Tiang Tunggal Tiang Pancang

$$P_{\max} = \sum \left( \frac{P_v}{n} \right)$$

### » Check Terhadap Pergeseran Lateral

$$H_u = K_p \cdot \gamma \cdot D^3 \quad \text{dimana:}$$

$K_p$  = koefisien tekanan tanah pasif

$\gamma$  = berat jenis tanah (N/m<sup>3</sup>)

$D$  = diameter tiang pancang (m)

**» Check Akibat Tumbukan Hammer**

$$P = \frac{W_r \cdot H}{\phi(s + c)}$$

dimana:

P = Gaya akibat pemancangan

W<sub>r</sub> = Berat Hammer

H = Tinggi jatuh

Φ = faktor reduksi (0,2)

S = Final settlement rata-rata

c = koefisien tumbuk untuk double acting system hammer (0,1).