

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1. TINJAUAN UMUM

Perencanaan merupakan suatu kegiatan yang sangat penting sebelum dilaksanakannya suatu proyek. Kesalahan pemasangan ataupun urutan proses yang tidak benar dapat menyebabkan terjadinya kerugian. Perencanaan yang matang sebelum dimulainya suatu pekerjaan tidak hanya menghemat biaya tetapi juga dapat menghemat waktu dan tenaga. Terdapat tiga hal penting yang harus diperhatikan dalam perencanaan struktur antara lain beban, kekuatan bahan dan keamanan. Pada tahap perencanaan struktur gedung rumah sakit ini, perlu dilakukan studi pustaka untuk mengetahui hubungan antara susunan fungsional gedung dengan sistem struktural yang akan digunakan, disamping itu juga diharapkan mampu menghasilkan suatu tahap pengerjaan struktur yang efektif dan efisien.

Pada bab ini akan dijelaskan tentang tata cara dan langkah-langkah perhitungan struktur mulai dari struktur atas yang meliputi pelat, balok, kolom, tangga dan lift sampai dengan perhitungan struktur bawah yang terdiri dari pondasi sumuran. Studi pustaka dimaksudkan agar dapat memperoleh hasil perencanaan yang optimal dan akurat. Oleh karena itu, dalam bab ini pula akan dibahas mengenai konsep pemilihan sistem struktur dan konsep perencanaan 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 :

1. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIG 1983).
2. Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (RSNI – 2002).
3. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03 – 1726 – 2002).

2.3. KONSEP PEMILIHAN JENIS STRUKTUR

Perencanaan merupakan perhitungan setelah dilakukan analisis struktur. Lingkup perencanaan pada 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 di balok 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 meliputi bentuk bangunan, tata letak ruang, fasilitas, utilitas, keindahan, dan hubungan antar ruangan yang sesuai dengan tujuan dan maksud dari pembangunan Gedung UGD Rumah Sakit Roemani. 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 daripada 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 mempunyai kaitan yang erat 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

Struktur harus mampu mendukung beban rancang secara aman tanpa kelebihan tegangan ataupun deformasi yang 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

5. Aspek Lingkungan

Aspek lingkungan merupakan salah satu aspek lain yang ikut menentukan dalam perancangan dan pelaksanaan suatu proyek. Dengan adanya suatu proyek diharapkan akan memperbaiki kondisi lingkungan dan kemasyarakatan. Sebagai contoh dalam perencanaan lokasi dan denah haruslah mempertimbangkan kondisi lingkungan apakah rencana kita nantinya akan menimbulkan dampak negatif

bagi lingkungan sekitar, baik secara fisik maupun kemasyarakatan, atau bahkan sebaliknya akan dapat menimbulkan dampak yang positif.

Sedangkan pemilihan jenis pondasi (*sub structure*) yang digunakan menurut Suyono (1984) 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 di atasnya

Keadaan struktur atas sangat mempengaruhi pemilihan jenis pondasi. hal ini meliputi kondisi beban (besar beban, arah beban dan penyebaran beban) dan sifat dinamis bangunan di atasnya (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 vertikal yang

menumpunya. Kolom tersebut dibebani secara aksial oleh balok dan mentransfer 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. Strutur Baja (*Steel Structure*)

Struktur baja sangat tepat digunakan untuk bangunan bertingkat tinggi, karena material baja mempunyai kekuatan serta daktilitas yang tinggi apabila dibandingkan dengan material-material strutur 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 strutur 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 Stucture*)

Struktur kayu merupakan struktur dengan ketahanan cukup baik terhadap pengaruh gempa, dan mempunyai harga yang ekonomis. Kelemahan daripada struktur kayu ini adalah tidak tahan terhadap kebakaran dan 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 daripada 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.

7. Struktur Pasangan Bata (*Masonry Structure*)

Ketahanan yang baik terhadap beban gempa dari struktur ini dapat dicapai dengan melakukan prosedur perancangan serta pelaksanaan konstruksi yang baik dan benar, misalnya dengan memasang perkuatan dari baja.

2.4. KONSEP DESAIN/PERENCANAAN STRUKTUR

Konsep tersebut merupakan dasar teori perencanaan dan perhitungan struktur, yang meliputi desain terhadap beban lateral (gempa), denah dan konfigurasi bangunan, pemilihan material, konsep

pembebanan, faktor reduksi terhadap kekuatan bahan, konsep perencanaan struktur atas dan struktur bawah, serta sistem pelaksanaan.

2.4.1. DESAIN TERHADAP BEBAN LATERAL (GEMPA)

Dalam mendesain struktur, kestabilan lateral adalah hal terpenting karena gaya lateral mempengaruhi desain elemen - elemen vertikal dan horisontal struktur. Mekanisme dasar untuk menjamin kestabilan lateral diperoleh dengan menggunakan hubungan kaku untuk memperoleh bidang geser kaku yang dapat memikul beban lateral. Beban lateral yang paling berpengaruh terhadap struktur adalah beban gempa dimana efek dinamisnya menjadikan analisisnya lebih kompleks. Tinjauan ini dilakukan untuk mengetahui metode analisis, pemilihan metode dan kriteria dasar perancangannya.

A. Metode Analisis Struktur Terhadap Beban Gempa

Metode analisis yang dapat digunakan untuk memperhitungkan pengaruh beban gempa terhadap struktur adalah sebagai berikut:

1. Metode Analisis Statis

Merupakan analisis sederhana untuk menentukan pengaruh gempa tetapi hanya digunakan pada bangunan sederhana dan simetris, penyebaran kekakuan massa menerus, dan ketinggian tingkat kurang dari 40 meter.

Analisis statis prinsipnya menggantikan beban gempa dengan gaya - gaya statis ekuivalen bertujuan menyederhankan dan memudahkan perhitungan, dan disebut Metode Gaya Lateral Ekuivalen (*Equivalent Lateral orce Method*), yang mengasumsikan gaya gempa besarnya berdasar hasil perkalian suatu konstanta / massa dan elemen struktur tersebut.

2. Metode Analisis Dinamis

Analisis Dinamis dilakukan untuk evaluasi yang akurat dan mengetahui perilaku struktur akibat pengaruh gempa yang sifatnya berulang. Analisis dinamik perlu dilakukan pada struktur-struktur bangunan dengan karakteristik sebagai berikut:

- Gedung - gedung dengan konfigurasi struktur sangat tidak beraturan.
- Gedung - gedung dengan loncatan - loncatan bidang muka yang besar.
- Gedung - gedung dengan kekakuan tingkat yang tidak merata.
- Gedung - gedung dengan yang tingginya lebih dan 40 meter.

Metode ini ada dua jenis yaitu Analisis Respon Dinamik Riwayat Waktu (*Time History Analysis*) yang memerlukan rekaman percepatan gempa rencana dan Analisis Ragam Spektrum Respon (*Spectrum Modal Analysis*) dimana respon maksimum dan tiap ragam getar yang terjadi didapat dan Spektrum Respon Rencana (*Design Spectra*).

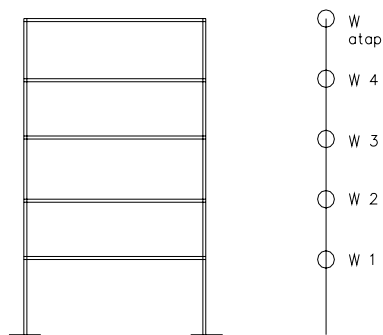
B. Pemilihan Cara Analisis

Pemilihan metode analisis untuk perencanaan struktur ditentukan berdasarkan konfigurasi struktur dan fungsi bangunan berkaitan dengan tanah dasar dan wilayah kegempaan. Untuk struktur bangunan kecil dan tidak bertingkat, elemen struktural dan non struktural tidak perlu didesain khusus terhadap gempa, tetapi diperlukan detail struktural yang baik. Untuk struktur bangunan sedang digunakan metode Analisis Beban Statik Ekuivalen, sebaiknya memeriksa gaya gempa yang bekerja dengan menggunakan Spektrum Respon Gempa Rencana sesuai kondisi struktur. Untuk struktur bangunan yang cukup besar menggunakan analisis dinamik, metode Analisis Ragam Spektrum respon. Sedang untuk struktur bangunan tidak merata ke arah vertikal dengan menggunakan Analisis Modal.

Untuk analisis dinamis biasanya struktur dimodelkan sebagai suatu sistem dengan massa - massa terpusat (*Lumped Mass Model*) untuk mengurangi jumlah derajat kebebasan pada struktur.

Semua analisis tersebut pada dasarnya untuk memperoleh respon maksimum yang terjadi akibat pengaruh percepatan gempa yang dinyatakan dengan besaran perpindahan (*Displacement*) sehingga

besarnya gaya - gaya dalam yang terjadi pada struktur dapat ditentukan lebih lanjut untuk keperluan perencanaan.



Gambar 2.1. Pemodelan Struktur dan Model Lump Mass

2.4.2. 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.

2.4.3. PEMILIHAN MATERIAL

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

| | | |
|-------|---------------------------|--|
| Beton | : $f'_c = 25 \text{ MPa}$ | $E_c = 23500 \text{ MPa}$ |
| Baja | : Tul. Utama | : $f_y = 275 \text{ MPa}$ $E_s = 210000 \text{ MPa}$ |
| | Tul. Sengkang | : $f_y = 275 \text{ MPa}$ $E_s = 210000 \text{ MPa}$ |

2.4.4. KONSEP PEMBEBANAN

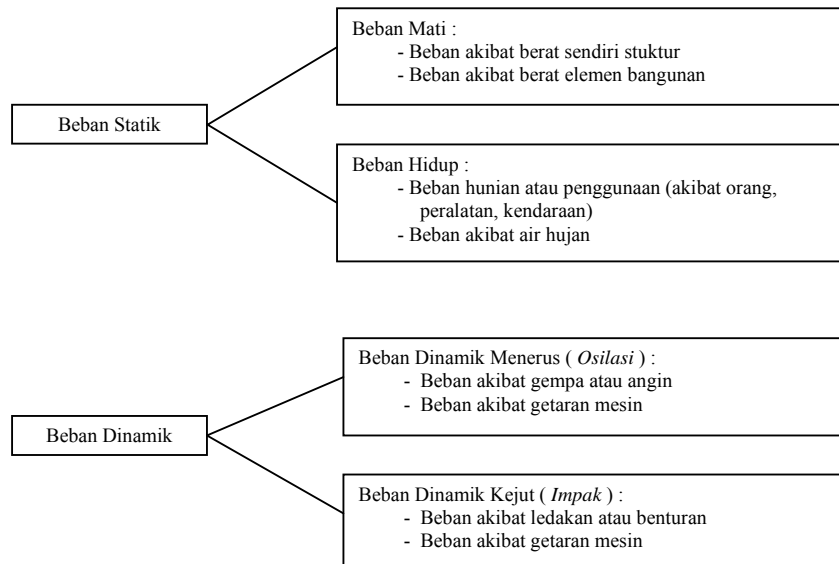
Struktur bangunan harus dapat menerima berbagai macam kondisi pembebanan yang mungkin terjadi. Kesalahan dalam analisa beban merupakan salah satu faktor utama kegagalan struktur. Oleh sebab itu sebelum melakukan analisis dan desain struktur, perlu adanya gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur beserta karakteristiknya.

A. 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.



Gambar 2.2. Beban pada struktur

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

Tabel 2.1. Beban Mati Pada Struktur

| Beban Mati | Besar Beban |
|---|--------------------------|
| Batu Alam | 2600 kg / m ² |
| Beton Bertulang | 2400 kg / m ² |
| Dinding pasangan ¹ / ₂ Bata | 250 kg / m ² |
| Kaca setebal 12 mm | 30 kg / m ² |
| Langit-langit + penggantung | 18 kg / m ² |
| Lantai ubin semen portland | 24 kg / m ² |
| Spesi per cm tebal | 21 kg / m ² |
| Pertisi | 130 kg / m ² |

- 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

| Beban Hidup Lantai Bangunan | Besar Beban |
|------------------------------------|-------------------------|
| Lantai Rumah Sakit | 250 kg / m ² |
| Tangga dan Bordes | 300 kg / m ² |
| Beban Pekerja | 100 kg / m ² |
| Lantai Atap | 100 kg / m ² |

2. Beban Gempa (*EarthquakeLoad/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:

$$V = \frac{CI}{R} W_t$$

dimana:

V =Beban Gempa Dasar Nominal (Beban Gempa Rencana)

C =Koefisien gempa yang besarnya tergantung wilayah gempa dan waktu getar struktur. Harga C ditentuka dari Diagram Respon Spektrum, setelah terlebih dahulu dihitung waktu getar dari struktur.

W_t =Kombinasi dari beban mati dan beban hidup yang direduksi

I =Faktor Keutamaan Struktur

R =Faktor Reduksi Gempa

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 Buku Mekanika Tanah 1 (Braja M. Das) sebagai berikut:

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

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

dimana:

τ = Tegangan geser tanah (kg/cm²)

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

σ = Tegangan normal masing-masing lapisan tanah (kg/cm)

γ = Berat jenis masing-masing lapisan tanah (kg/cm)

h = Tebal masing-masing lapisan tanah

φ = 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 | | |

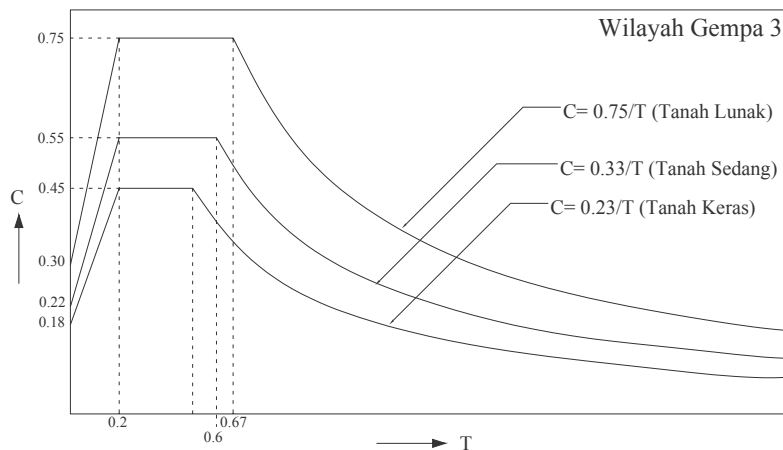
Tabel 2.4. Faktor Keutamaan Struktur

| Jenis Struktur Bangunan/Gedung | I |
|---|------------|
| • Gedung umum seperti untuk perumahan, perniagaan, dan perkantoran. | 1,0 |
| • Monumen dan bangunan monumental | 1,6 |
| • 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. | 1,6 1,5 |
| • Cerobong, tangki diatas menara | |

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 | 8,5 |
| | a. Baja | 8,5 |
| | b. Beton bertulang | 5,5 |
| | 2.Rangka pemikul momen menengah beton (SRPMM)(tidak untuk wilayah 5 dan 6) | 5,5 |
| | 3. Rangka pemikul momen biasa (SRPMB) | 4,5 |
| | a. Baja | 3,5 |
| b. Beton bertulang | 6,5 | |
| 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 (*WindLoad/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 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 kg/m^2 , sedang untuk koefisien angin diambil untuk koefisien angin untuk gedung tertutup dan sudut kemiringan atap (α) kurang dari 65° .

B. 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

2.4.5. 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 (ϕ) 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 | 0.80 |
| - Gaya aksial tarik, aksial tarik dengan lentur | 0.80 |
| - Gaya aksial tekan, aksial tekan dengan lentur | 0.80 |
| » 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 |

2.5. ANALISIS PERHITUNGAN STRUKTUR

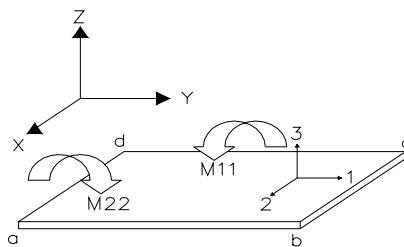
Struktur atas adalah struktur bangunan gedung yang secara visual berada di atas tanah, yang terdiri dari struktur portal utama yaitu kesatuan antara balok, kolom dan struktur sekunder seperti pelat, tangga, lift, balok anak.

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

2.5.1. 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 dan 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 pula penulangan untuk pelat tersebut harus menyesuaikan. Apabila panjang pelat sama dengan lebarnya, perilaku keempat balok keliling dalam menopang pelat akan sama. Sedangkan apabila panjang tidak sama dengan lebar, balok yang lebih panjang akan memikul beban lebih besar dan balok yang pendek (penulangan satu arah). Dimensi bidang pelat L_x dan L_y dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.3. Arah sumbu lokal dan sumbu global pada elemen 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:

Tabel 2.7. Tabel minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

| 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:

- a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis diantara 1500 kg/ m^3 sampai 2000 kg/ m^3 , nilai tadi harus dikalikan dengan ($1,65 - 0,0003 W_c$) tetapi tidak kurang dari 1,09 dimana W_c adalah berat jenis dalam kg/ m^3 .
 - b) Untuk f_y selain 400 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/ 700)$
- Untuk pelat dua arah ditentukan berdasarkan ketentuan sebagai berikut:
 - a) Untuk α_m yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan tabel diatas.

- b) Untuk α_m lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0 ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

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

- c) Untuk α_m lebih besar dari 2, 0 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\lambda_n \{0,8 + f_y / 1500\}}{36 + 9\beta}$$

dimana:
$$L_n = \frac{L_y}{L_x}$$

L_n = panjang bersih pelat

4. Memperhitungkan beban-beban yang bekerja pada pelat lantai.
5. Menentukan momen yang menentukan (M_u)
 - M_{lx} (momen lapangan arah-X)
 - M_{tx} (momen tumpuan arah-X)
 - M_{ly} (momen lapangan arah-Y)
 - M_{ty} (momen tumpuan arah-Y)
 - $M_{tlx} = 0,5 M_{lx}$ (momen jepit tak terduga arah-X)
 - $M_{tly} = 0,5 M_{ly}$ (momen jepit tak terduga arah-Y)
6. Menghitung penulangan arah-X dan arah-Y

Data – data yang diperlukan :

- Tebal pelat (h)
- Momen (M_u)
- Tinggi efektif (dx dan dy)
- Tebal selimut beton (d)
- Diameter tulangan

Proses yang harus dikerjakan dalam menghitung tulangan adalah:

a.
$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$b. k = \frac{Mn}{b.d.RI}$$

$$c. F = 1 - \sqrt{1 - 2k}$$

$$d. F_{max} = \beta \times 450 \times (600 + f_y)$$

e. Jika $F > F_{max}$ maka digunakan tulangan ganda

$$\text{Jika } F < F_{max} \text{ maka: } A_s = F \times b \times d \times \frac{RI}{f_y}$$

f. A_s terpasang bisa ditentukan

g. Pemeriksaan tulangan

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

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

$$- \rho = \frac{A_{sterpasang}}{b.d}$$

- Kontrol: $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

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

2.5.2. PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL UTAMA

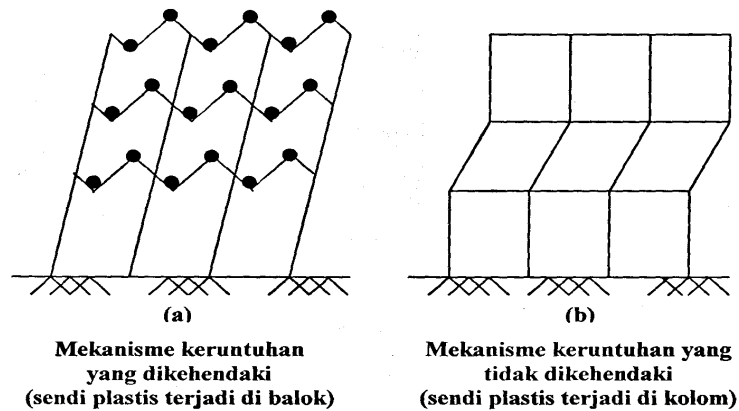
Perencanaan portal mengacu pada RSNI 2002 dimana struktur dirancang sebagai portal daktail penuh ($K = 1$) dimana penempatan sendi-sendi plastis pada balok (*strong column weak beam*). Pengendalian terbentuknya sendi-sendi plastis pada lokasi-lokasi yang telah ditentukan lebih dahulu dapat dilakukan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

2.5.2.1. 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:

1. Pada mekanisme pertama (Gambar 2.4.a) penyebaran energi gempa terjadi dalam banyak unsur, sedangkan pada mekanisme kedua (Gambar 2.4.b) penyebaran energi terpusat pada sejumlah kecil kolom-kolom struktur.
2. Daktilitas kurvatur yang dituntut dan balok untuk menghasilkan daktilitas struktur tertentu, misalnya $u = 5$ pada umumnya jauh lebih mudah dipenuhi daripada kolom yang seringkali tidak memiliki cukup daktilitas akibat gaya aksial tekan yang bekerja.



Gambar 2.4. Mekanisme Khas Yang Dapat Terjadi Pada Portal

Guna menjamin terjadinya mekanisme goyang dengan pembentukan sebagian besar sendi plastis pada balok, *Konsep Desain Kapasitas* diterapkan untuk merencanakan agar kolom-kolom lebih kuat dan balok-balok portal (*Strong Column-Weak Beam*). Keruntuhan geser balok yang bersifat getas juga diusahakan agar tidak terjadi lebih dahulu dan kegagalan akibat beban lentur pada sendi-sendi plastis balok setelah mengalami rotasi-rotasi plastis yang cukup besar.

Pada prinsipnya, dengan *Konsep Desain Kapasitas* elemen-elemen utama penahan beban gempa dapat dipilih, direncanakan dan didetail

sedemikian rupa, sehingga mampu memencarkan energi gempa dengan deformasi inelastisitas yang cukup besar tanpa runtuh, sedangkan elemen-elemen lainnya diberi kekuatan yang cukup, sehingga mekanisme yang telah dipilih dapat dipertahankan pada saat terjadi gempa kuat.

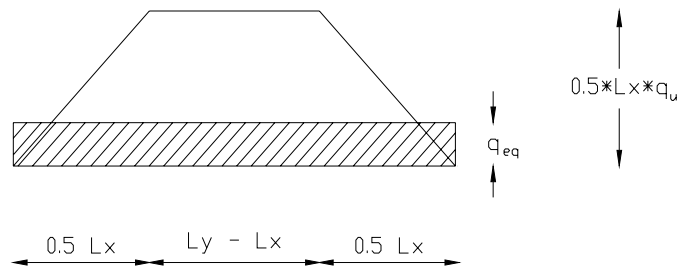
2.5.2.2. PERENCANAAN STRUKTUR BALOK

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 2.5. Perataan Baban Trapesium

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

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

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

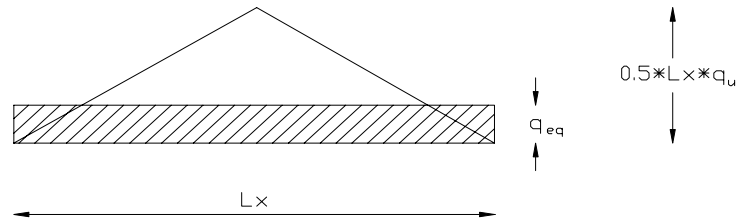
$$M_{max} = 1/8 \cdot w \cdot L^2 = 1/8 \cdot q_{ek} \cdot Ly^2 \dots \dots \dots (2)$$

pers (1) + pers (2)

$$1/48 \cdot Lx \cdot qu \cdot (Ly^2 - Lx^2) + 1/8 \cdot q_{ek} \cdot Ly^2 = 0$$

$$q = \frac{Lx \cdot qu \cdot (Ly^2 - Lx^2)}{6Ly^2}$$

- Perataan beban segitiga



Gambar. 2.6. Perataan Beban Segitiga

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

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

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)

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

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

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

2.5.2.3. PERENCANAAN STRUKTUR KOLOM

Kolom 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 ini 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

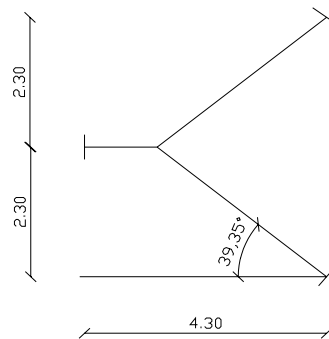
2.5.3. PERENCANAAN TANGGA

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.

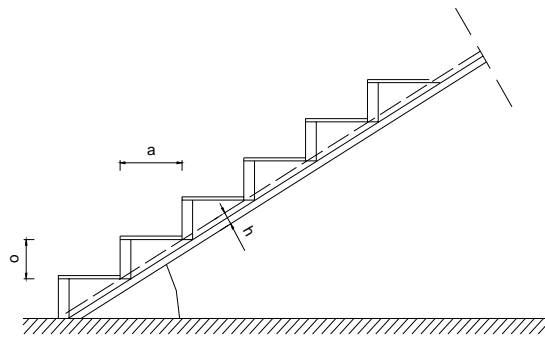
Adapun parameter yang perlu diperhatikan pada perencanaan struktur tangga adalah sebagai berikut:

- Tinggi antar lantai
- Tinggi Antrede
- Jumlah anak tangga
- Kemiringan tangga
- Tebal pelat beton

- Tinggi Optrede
- Lebar bordes
- Lebar anak tangga
- Tebal selimut beton
- Tebal pelat tangga



Gambar 2.8. Sketsa tangga



Gambar 2.9. Pendimensian Tangga

Perhitungan gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur tangga dilakukan dengan menggunakan metode cross. Untuk perhitungan penulangan pelat tangga dapat mengikuti prosedur yang sama dengan penulangan pelat lantai setelah didapat gaya - gaya dalam yang ada.

2.5.4. PERENCANAAN LIFT

Lift merupakan alat transportasi manusia dalam gedung dan satu tingkat ke tingkat lain. Perencanaan lift disesuaikan dengan pemikiran jumlah lantai dan perkiraan jumlah pengguna lift. Dalam perencanaan lift, metode perhitungan yang dilakukan merupakan analisis terhadap konstruksi ruang tempat lift dan balok penggantung katrol lift.

Ruang landasan diberi kelonggaran supaya pada saat lift mencapai lantai paling bawah, lift tidak menumbuk dasar landasan, disamping berfungsi pula menahan lift apabila terjadi kecelakaan, misalnya tali putus.

2.5.5. 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.

2.5.5.1. 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:

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

2.5.5.2. 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, sumuran dan lain-lain.

Dalam menentukan jenis pondasi apa yang akan dipakai, ada 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.

2.5.5.3. PERENCANAAN PONDASI SUMURAN

Jenis pondasi ini dimaksudkan untuk mendapatkan titik-titik yang pasti dimana jarak antar dua titik terbentang sebuah balok beton. Pada pondasi sumuran letak lapisan berdaya dukung lebih dalam.

Beban pada pondasi berasal dari beban struktur portal utama dan beban dari kolom yang kemudian beban ini disalurkan ke *pile cap* dan diterima pondasi.

Perhitungan pondasi dilakukan dari hasil tes Boring dan tes Sondir, dimana dari kedua tes tersebut diambil nilai q_{all} yang terkecil. Hasil tes Sondir ditinjau dalam tiga rumus :

1. Mayerhoff

$$P_{ult} = q_c \cdot A_c + f_s \cdot O_c$$

$$P_{all} = P_{ult} / 2,5$$

dimana :

$$P_{all} = \text{daya dukung tanah ijin (ton)}$$

$$q_c = \text{nilai conus (kg/cm}^2\text{)}$$

$$A_c = \text{luas penampang lingkaran} = \frac{1}{4} \pi d^2 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$f_s = \text{total friction (kg/cm)}$$

$$O_c = \text{keliling penampang lingkaran} = 2 \pi R \text{ (cm)}$$

$$q_{all} = P_{all} / A_c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

2. Begemann

$$P_{all} = \frac{(q_c \times A)}{3} + \frac{(T_f \times O_c)}{5}$$

3. Trofimankhoffe

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

Dari hasil tes Boring :

$$q = P/A \pm M/W$$

dimana :

A = luas dasar sumuran

W = momen lawan

$$q_{ult} = 1,3 C N_c + \gamma L N_q + 0,6 \gamma R N_\gamma$$

C = Kohesi dari lapisan pendukung

N_c = Faktor daya dukung

N_q = Faktor daya dukung

N_γ = Faktor daya dukung

L = Kedalaman bagian sumuran

R = Jari-jari sumuran