

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 TINJAUAN UMUM

Dalam menganalisa atau mendesain struktur perlu ditetapkan kriteria yang dapat digunakan sebagai ukuran apakah suatu struktur dapat diterima untuk penggunaan yang diinginkan atau untuk maksud desain tertentu.

2.1.1. Kekuatan dan Kekokohan

Struktur harus memiliki cukup kekuatan struktural untuk dapat mendukung beban rencana terfaktor yang bekerja padanya. Struktur dan segenap komponannya harus direncanakan sehingga penampangannya mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya terfaktor yang sesuai. Perlu diperhatikan juga lendutan yang terjadi tidak boleh melebihi lendutan maksimum yang diijinkan yang besarnya dihyung dengan rumus :

$$\bar{f} = \frac{L}{350}$$

dimana : f = lendutan yang diijinkan
L = panjang bentang

2.1.2. Serviceability (kemampuan layan)

Komponen struktur harus memenuhi kemampuan layanan pada tingkat beban kerja atau mampu menjamin tercapainya perilaku struktur yang cukup baik pada strata beban kerja. Kemampuan layanan ditentukan oleh lendutan, retak, korosi tulangan, dan rusaknya, permukaan balok atau plat beton bertulang.

2.1.3. Effisiensi

Kriteria ini mencakup tujuan desain struktur yang ekonomis. Ukuran dalam kriteria ini adalah banyaknya material yang digunakan untuk memikul beban dalam ruang pada kondisi dan kendala yang ditentukan.

2.1.3.1. Konstruksi atau Perakitan

Tinjauan ini sangat mempengaruhi pemilihan struktur. Kriteria ini sangat luas cakupannya, termasuk di dalamnya peralatan, waktu, biaya, dan manpower yang diperlukan.

2.1.3.2. Harga

Harga merupakan kriteria yang sangat penting dalam pemilihan struktur. Kriteria ini tidak terlepas dari efisiensi bahan dan kemudahan pelaksanaan. Struktur harus didesain secara ekonomis dan efisien serta mudah dalam pelaksanaan.

2.2. DESAIN

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 di balok untuk meratakan energi gempa yang masuk.

Elemen struktur bangunan gedung kantor BNI 46 ini merupakan bagian dari sistem struktur statis tak tentu, sehingga proses analisis dan desain akan memerlukan prosedur yang berulang – ulang atau lebih dikenal dengan *trial and error*.

Dalam proses perancangan struktural perlu dicari derajat kedekatan antara sistem struktural yang digunakan dengan tujuan desain (tujuan yang dikaitkan dengan masalah arsitektural, efisiensi, serviceability, kemudahan pelaksanaan, dan biaya).

2.2.1. Aspek Arsitektural dan Aspek Fungsional

Aspek ini berkaitan dengan kegunaan dari penggunaan ruang, biasanya mempengaruhi dalam penggunaan bentang elemen struktur yang digunakan. Hal

ini juga berkaitan dengan denah dan bentuk struktur yang telah dipilih berdasarkan aspek arsitektural.

2.2.2. Aspek Mekanika (Kekuatan dan Stabilitas Struktur)

Aspek ini berkaitan dengan kemampuan struktur dalam menerima beban – beban yang bekerja baik beban vertikal maupun beban lateral, dan kestabilan struktur arah vertikal maupun lateral.

Sebagai acuan awal dipakai buku Dasar – dasar Perencanaan Beton Bertulang 1 – 3 (W.C. Vis, Gideon H.K.), Dinamika Struktur (Ir. Himawan Indarto, MS), dan buku – buku terbitan Departemen Pekerjaan Umum. Dari segi struktural agar struktur tahan gempa, ketentuan yang perlu diperhatikan dalam perencanaan struktur adalah sebagai berikut :

- a. Tata letak struktur
 - Bangunan harus berbentuk sederhana dan simetris.
 - Titik massa dan kekakuan berimpit serta mempunyai kekakuan yang cukup.
 - Tidak terlalu langsing baik denah maupun potongannya.
 - Distribusi kekuatan seragam dan menerus sepanjang tinggi bangunan.
 - Terbentuknya sendi plastis harus terjadi pada elemen horisontal lebih dahulu.
- b. Desain Kapasitas
- c. Pendetailan Yang Baik

2.2.3. Aspek Realita (pelaksanaan) dan Biaya

Dalam pelaksanaan suatu gedung dapat digunakan beberapa sistem struktur yang bisa digunakan, maka faktor ekonomi dan tingkat kemudahan dalam pelaksanaan pengerjaannya mempengaruhi pemilihan sistem struktur yang digunakan. Adapun hal – hal yang menentukan dalam pemilihan sistem struktur yang akan dilaksanakan adalah :

- Mudah dan cepat dilaksanakan serta biaya murah.

- Alat dan bahan mudah didapat.
- Tidak mengganggu lingkungan (suara / material)

2.3. FALSAFAH PERENCANAAN STRUKTUR

2.3.1. Sistem Struktur

Sistem struktur dari bangunan Gedung Kantor BNI ini berbentuk rangka kaku (frame) untuk mendukung gaya lateral yang bekerja. Sehingga akan menghasilkan sistem penahan yang memungkinkan struktur menerima gaya lateral yang besar dan memperkecil deformasi yang terjadi.

Struktur gedung ini terdiri dari 2 bangunan yaitu bangunan berlantai 6 dan bangunan berlantai 3, kolom merupakan elemen menerus sedangkan balok menumpu pada kolom dengan hubungan sendi.

2.3.2. Analisis Dinamis Struktur Tahan Gempa

Analisis dinamik struktur pada perencanaan gedung tahan gempa diperlukan jika diperlukan evaluasi yang lebih akurat dari gaya – gaya gempa yang bekerja pada struktur, serta untuk mengetahui perilaku dari struktur akibat pengaruh gempa yang sifatnya berulang. Analisis dinamik perlu dilakukan pada struktur – struktur bangunan gedung dengan karakteristik sebagai berikut :

- ▣ Gedung dengan konfigurasi yang sangat tidak beraturan
- ▣ Gedung dengan loncatan bidang muka yang besar
- ▣ Gedung dengan tingkat kekakuan yang tidak merata
- ▣ Gedung dengan ketinggian lebih dari 40 meter

2.4. PEMBEBANAN

2.4.1. Beban – beban Pada Struktur

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. Hal yang penting dan mendasar adalah pemisahan antara beban – beban yang bersifat statik dan

dinamik. Gaya statik adalah gaya – gaya yang bekerja secara perlahan – lahan pada struktur dan mempunyai karakter *steady state*. Beban dinamik adalah beban yang bekerja secara tiba – tiba, tidak *steady state* dan mempunyai karakteristik besar dan tempatnya berubah – ubah dengan cepat.

2.4.1.1. Beban Statik

Jenis beban (Peraturan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung 1983) :

a. Beban Mati

Beban Mati adalah beban yang bekerja pada struktur akibat adanya gaya gravitasi yang tetap posisinya karena posisinya karena bekerjanya terus – menerus dengan arah ke bumi tempat struktur berdiri. Berat struktur dipandang sebagai beban mati, demikian juga semua benda yang tetap posisinya selama struktur berdiri.

Beban Mati	Besarnya Beban
Beton Bertulang	2.400 kg/m ³
Kaca dengan tebal 12 cm	30 kg/m ²
Adukan /cm tebal dari semen	21 kg/m ²
Langit-langit (eternit) tebal >4 mm	11 kg/m ²
Penutup lantai dari keramik	24 kg/m ²
Meknikal dan elektrik	15 kg/m ²
Partisi	130 kg/m ²

Tabel 2.1. Berat Sendiri Komponen Gedung

b. Beban Hidup

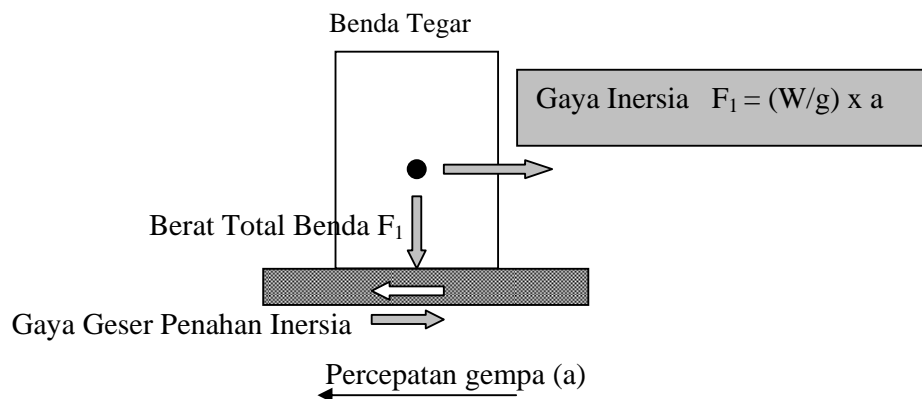
Semua beban yang bekerja akibat pengunian dan penggunaan suatu gedung, dan barang – barang yang dapat berpindah, mesin serta peralatan yang dapat digantikan selama masa umur gedung.

Beban Hidup	Besarnya Beban
Beban hidup pada lantai hotel	250 kg/m ²
Beban terpusat pekerja minimum	100 kg/m ²
Beban Hidup pada tangga dan bordes	300 kg/m ²

Tabel 2.2. Beban Hidup pada lantai

2.4.1.2. Gaya – gaya Gempa

Pada saat bangunan bergetar akibat terkena gempa maka akan timbul gaya – gaya pada struktur bangunan karena adanya kecenderungan massa bangunan untuk mempertahankan dirinya dari gerakan. Gaya – gaya yang timbul ini disebut inersia. Besar gaya – gaya tersebut tergantung pada beberapa faktor. Massa bangunan merupakan faktor yang paling utama karena gaya tersebut terdistribusi, kekakuan struktur, kekakuan tanah, jenis pondasi, adanya mekanisme redaman pada bangunan dan tentu saja perilaku dan besar getaran itu sendiri.

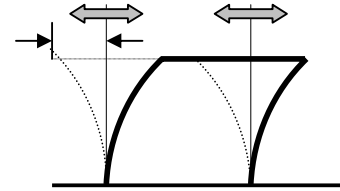


Gambar 2.4.1 Gaya Inersia Akibat Gerakan Tanah Pada Benda

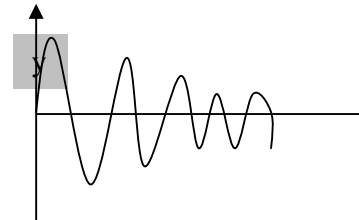
Meskipun konsep di atas pada awalnya telah membentuk dasar-dasar untuk desain terhadap gempa bumi, model di atas hanya merupakan penyederhanaan. Apabila fleksibilitas aktual yang dimiliki struktur diperhitungkan maka diperlukan model yang rumit untuk memprediksi gaya-gaya eksak yang timbul di dalam struktur sebagai akibat dari percepatan tanah. Satu aspek penting

yang utama dalam meninjau perilaku struktur fleksibel yang mengalami percepatan tanah adalah periode alami getaran.

(a) Apabila puncak struktur diberi translasi kemudian dilepaskan, maka struktur akan dengan bebas bergetar.



(b) Amplitudo getar bebas yang terjadi pada umumnya berubah secara sinusoida terhadap waktu dan semakin lama amplitudonya makin kecil



Gambar 2.4.2. Perilaku Struktur Fleksible

2.4.1.2.1. Pengaruh Beban Gempa Horisontal

Besarnya beban gempa horisontal pada dasar struktur bangunan, menurut Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Rumah dan Gedung (SNI-1726-1998), dinyatakan sebagai berikut :

$$V = C^* \cdot W_t$$

Dimana $C^* = C \cdot I \cdot K \cdot Z$

V = Beban Gempa Dasar Nominal (Beban Gempa Rencana)

W_t = Kombinasi dari beban mati dan beban hidup yang direduksi

C^* = Koefisien Gempa Dasar Nominal

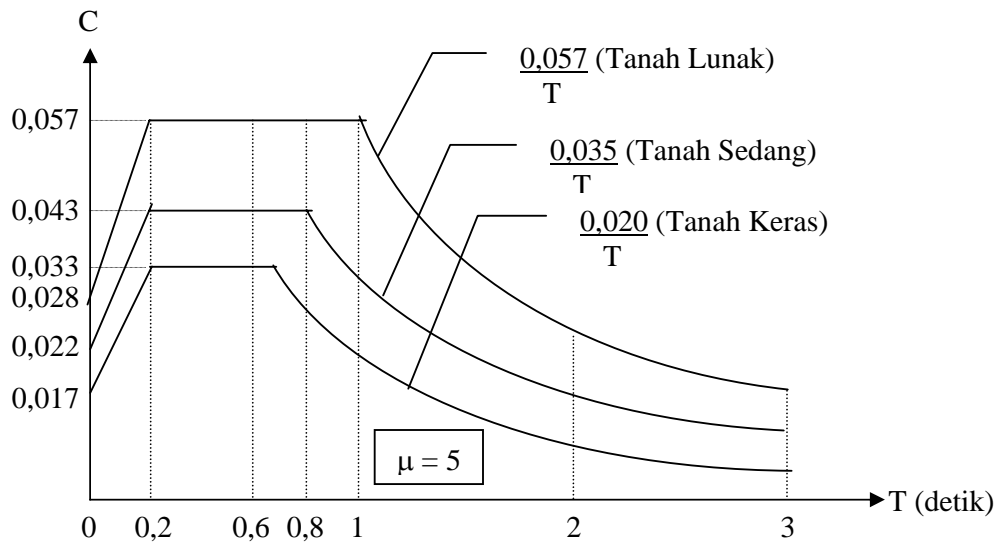
C = Spektrum Respon Nominal Gempa Rencana, yang besarnya tergantung dari jenis tanah dasar dan waktu getar struktur T

I = Faktor Keutamaan Struktur

K = Faktor Jenis Struktur

Z = Faktor Wilayah, dimana Indonesia dibagi menjadi 6 wilayah gempa

Spektrum Respon Nominal Gempa Rencana untuk struktur dengan daktilitas penuh ($\mu=5$) untuk beberapa jenis tanah dasar, diperlihatkan di bawah ini :



Gambar 2.4.3. Spektrum Respon Nominal Gempa Rencana

Dalam kenyataannya, arah gempa tidak dapat ditentukan secara pasti, artinya pengaruh gempa dapat datang dari sembarang arah. Menurut *Applied Technology Council / ATC* (1984), arah gempa yang sembarang dapat disimulasikan dengan meninjau beban gempa rencana yang disyaratkan oleh peraturan, bekerja dalam dua arah utama struktur yang saling tegak lurus secara simultan, yaitu 100% dan 30% dalam arah tegak lurusnya.

Prosedur analisis dinamik yang dapat digunakan untuk menentukan distribusi beban gempa pada struktur seperti yang tercantum dalam buku Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Struktur untuk Rumah dan Gedung , adalah metode Analisis Ragam Spektrum Respon (*Spectral Modal Analysis*) dan Analisis Respon Dinamik Riwayat Waktu (*Time History Analysis*). Pada perencanaan

struktur Gedung BNI 46 ini digunakan metode Analisis Ragam Spektrum Respon, karena lebih sederhana.

Untuk keperluan analisa dinamis, struktur dimodelkan sebagai sistem dengan massa-massa yang terpusat(*lumped-mass model*).

2.4.1.2.2. Pengaruh Beban Gempa Vertikal

Tinjauan perencanaan struktur terhadap pengaruh beban gempa arah vertikal dapat diabaikan, dengan anggapan bahwa elemen-elemen struktur telah direncanakan berdasarkan beban gravitasi yang arahnya vertikal ke bawah.

2.4.1.2.3. Pengaruh Beban Gravitasi Vertikal

Beban-beban hidup yang bekerja pada struktur dapat direduksi pada saat dilakukan analisis gempa sehubungan dengan kecilnya kemungkinan bekerjanya beban hidup penuh dan pengaruh beban gempa penuh secara bersamaan pada struktur secara keseluruhan.

Adapun koefisien reduksi pada perencanaan gedung kantor menurut SNI-1726-1998 adalah sebesar :

- ☐ Untuk perencanaan struktur portal : 0,6
- ☐ Untuk peninjauan beban gempa : 0,3

2.4.2. Kombinasi Pembebanan

Dalam menentukan beban desain ,hal yang penting adalah apakah semua beban tersebut bekerja secara simultan atau tidak. Dalam hal ini yang berubah-ubah adalah besarnya beban hidup dan kombinasi beban hidup.

Untuk beban penggunaan pada gedung bertingkat banyak sangat tidak mungkin semua lantai secara simultan memikul beban penggunaan maksimum.

Oleh karena itu ada reduksi yang diijinkan dalam beban desain untuk merencanakan elemen struktur dengan memperhatikan efek kombinasi dan beban hidup dari banyak lantai.

2.4.2.1. Kombinasi Pembebanan Tetap

Dalam SKSNI T15-1991-03 Sub bab 3.2.2 atau SNI 03-2847-2002 ps1 11.2 menentukan nilai-nilai faktor beban (Q) sebagai berikut :

Untuk beban mati (D= 1,2)

Untuk beban hidup (D= 1,6)

Rumus yang diberikan adalah : $U = 1,2 D + 1,6 L \dots\dots\dots(2.1)$

dengan :

U = Kuat perlu untuk menahan beban yang telah dikalikan dengan faktor beban, momen dan gaya dalam yang berhubungan dengannya

D = Beban mati atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban tersebut

L = Beban hidup atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban tersebut

2.4.2.2. Kombinasi Pembebanan Sementara

Untuk beban angin berlaku faktor beban $w = 1,6$. Berdasarkan kemungkinan kecil tentang timbulnya beban hidup maksimal dan beban angin maksimal pada saat yang bersamaan, maka pada perhitungan beban angin boleh digunakan suatu faktor reduksi. Rumus yang diberikan menjadi :

$$U = 0,75 (1,2 D + 1,6 L + 1,6 W) \dots\dots\dots(2.2)$$

Baik untuk nilai maksimal L maupun nilai maksimal W harus diperiksa agar mendapatkan kondisi yang paling berbahaya, dan

$$U = 0,9 D + 1,3 W \dots\dots\dots(2.3)$$

Untuk U tidak diperkenankan nilai yang lebih kecil dari persamaan 2.1. Pada lokasi dimana ketahanan gempa harus diperhitungkan dalam perencanaan maka nilai U berlaku : $U = 1,05 (D + LR \pm E) \dots\dots\dots(2.4)$

$$\text{atau : } U = 0,9 (D +_ E) \dots\dots\dots(2.5)$$

ketentuan diatas mengacu SKSNI T15-1991-03 sedang menurut SNI 03-2847-2002 adalah : $U = 1,2D + 1L \pm 1 E \dots\dots\dots(11.2.7)$

$$\text{atau : } U = 0,9 (D +_ E) \dots\dots\dots(11.2.8)$$

Dalam rumus ini E adalah beban gempa menurut SKBI 1987.

LR adalah beban hidup yang direduksi sesuai dengan SKBI 1987.

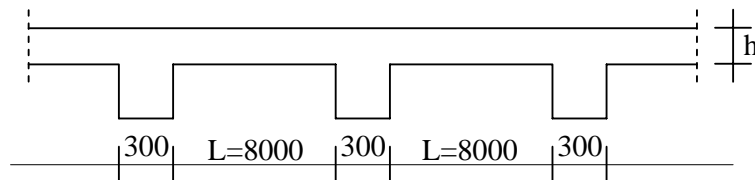
2.4.3 ANALISIS PERENCANAAN STRUKTUR

2.4.3.1. Perencanaan Struktur Atas

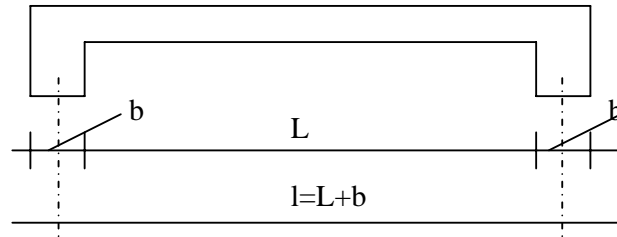
Struktur atas adalah struktur bangunan gedung yang secara visual berada di atas tanah, yang terdiri dari struktur sekunder dan struktur utama portal.

2.4.3.1.1. Perencanaan Atap

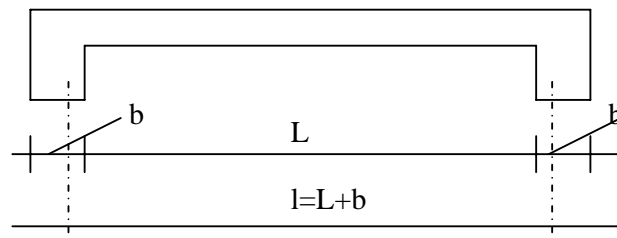
Dalam perencanaan pelat beton bertulang digunakan pengertian bentang teoritis, yang dinyatakan dengan l . Nilai ini dianggap sama dengan bentang bersih L antara kedua bidang permukaan tumpuan ditambah dengan setengah panjang perletakan a pada setiap ujung (lihat gambar di bawah ini) :



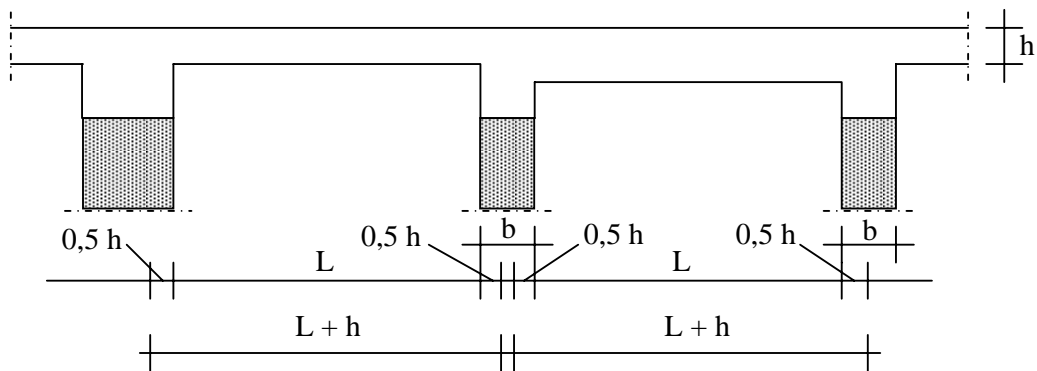
- Bila pelat terletak di atas komponen struktur yang lain, misalnya sebuah tembok, kekuatan bahan pendukung seperti bata, merupakan salah satu faktor yang sangat menentukan panjang perletakan yang diperlukan.
- Bila perletakan sebuah pelat beton merupakan sebuah balok beton bertulang atau sebuah tembok yang menyatu (monolith) dengan pelat, jelaslah bahwa panjang perletakan ini tidak perlu dihitung. Dalam hal ini, panjang bentang teoritis l bergantung pada lebar balok atau dinding pendukung. Bila lebar perletakan hampir mendekati, atau kurang dari dua kali tebal keseluruhan pelat, bentang teoritis l dapat dianggap sama dengan jarak antara pusat ke pusat balok – balok.



- c) Bila lebar balok lebih dari dua kali tebal keseluruhan pelat, dianggap
 $l=L+100\text{mm}$



Jika perletakan beton bertulang dibuat dari bahan yang lain dengan beton bertulang maka bentang teoritis dapat ditentukan dengan bantuan pada SKSNI pasal 3.1.7. Dalam pasal tersebut dicantumkan ketentuan untuk bentang $l=L+h$. Dengan L adalah bentang bersih dan h adalah tebal total pelat. Apabila ($L+h$) lebih besar dari jarak pusat ke pusat tersebut (lihat gambar $l=L + 2 \times \frac{1}{2} b$).



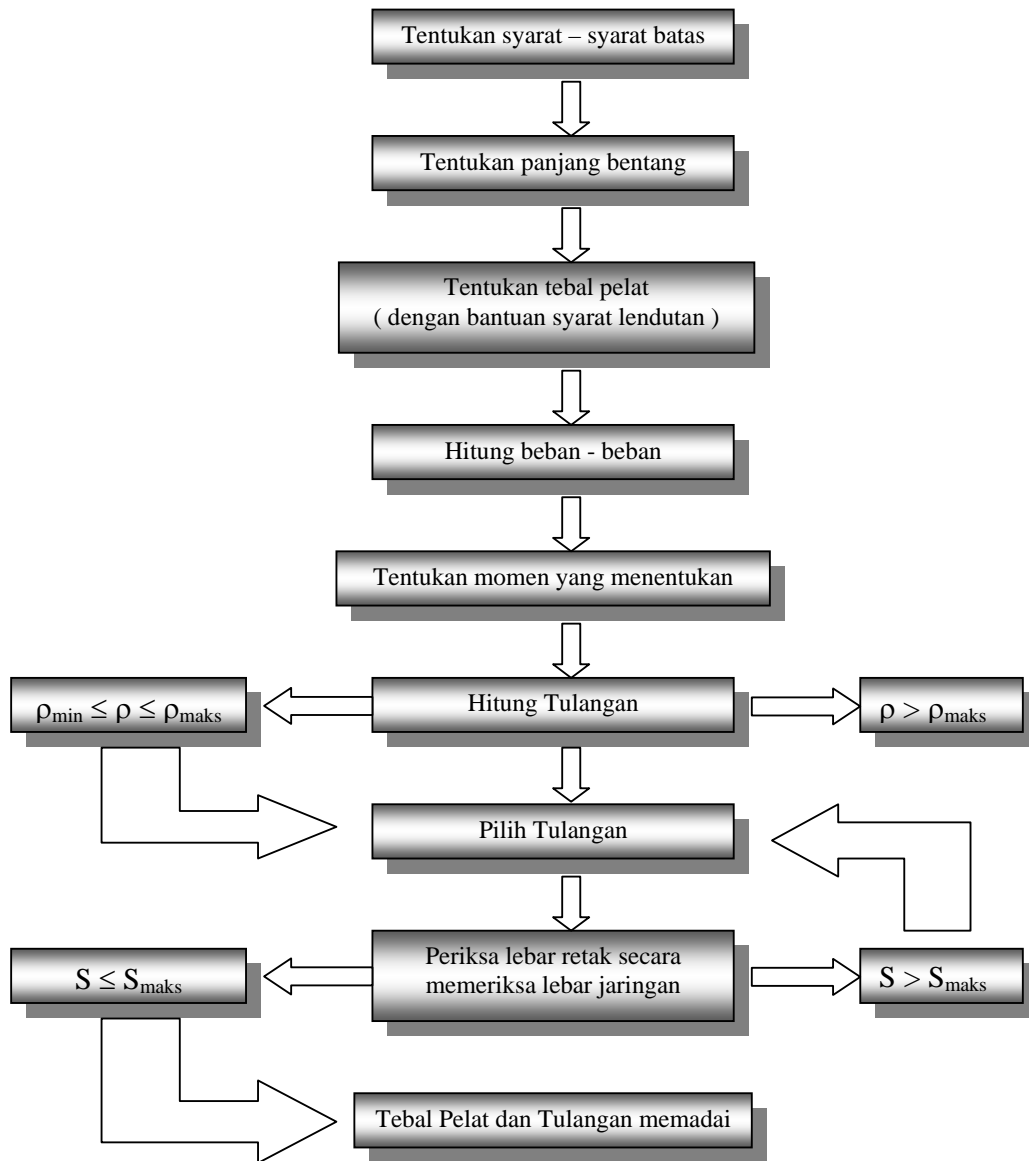
Berdasarkan teori elastisitas atau mekanika teknik, untuk struktur statis tertentu, distribusi gaya – gaya ditentukan dengan tiga buah persamaan kesetimbangan : $\Sigma H=0$: $\Sigma V=0$: $\Sigma M=0$

Untuk struktur statis tak tentu, misalnya gelagar di atas beberapa tumpuan, cara menentukannya menggunakan persamaan keseimbangan dengan satu persamaan perubahan bentuk.

Selain itu pada SKSNI T15-1991-03 3.6.6 mengizinkan untuk menentukan distribusi gaya – gaya dengan menggunakan koefisien momen yang dapat dilakukan dengan mudah. Penggunaannya akan dikaitkan dengan beberapa syarat – syarat di bawah ini :

- a) Jumlah bentang paling sedikit harus dua
- b) Panjang bentang bersebelahan yang paling besar di bagian sebelah kiri dan kanan tumpuan, tidak boleh 1,2 kali lipat lebih besar dari panjang bentang bersebelahan yang paling pendek.
- c) Beban harus merupakan beban terbagi rata (distribusi).
- d) Beban hidup harus tiga kali lebih kecil dari beban mati.
- e) Penggunaan koefisien momen, untuk bentang dapat berdasarkan :
 - 1) Untuk momen lapangan : bentang bersih l_a diantara tumpuan.
 - 2) Untuk momen tumpuan : bentang bersih rata – rata l_a pada sebelah kiri dan kanan tumpuan.

Diagram Alir Untuk Menghitung Pelat – pelat



Cara perhitungan penulangan pada pelat :

1. Menentukan syarat – syarat batas dan bentangnya
2. Menentukan tebal pelat.
Untuk menentukan tebal pelat minimum bisa dilihat dari tabel 10 (CUR 1)
hal 61.
3. Menghitung beban – beban

$$W_u = 1,2 W_D + 1,6 W_L$$

W_u = Buat perhitungan untuk menahan beban yang telah diabaikan dengan faktor beban, momen dan gaya – gaya dalam yang berhubungan dengannya.

W_D = Beban mati atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban tersebut

W_L = Beban hidup atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban tersebut.

4. Menentukan momen – momen yang menentukan

Momen – momen ditentukan sesuai dengan tabel 14 hal 89 – 90.

5. Menghitung tulangan

Dengan tebal pelat h , yang telah ditentukan, hingga diperoleh tebal pelat penutup beban menurut tabel 3 hal 44.

Tinggi efektif d dalam arah x adalah

$$d_x = h - p - \frac{1}{2} * \phi D$$

Tinggi efektif d dalam arah y adalah

$$d_y = h - p - \phi D_x + \frac{1}{2} * \phi D_y$$

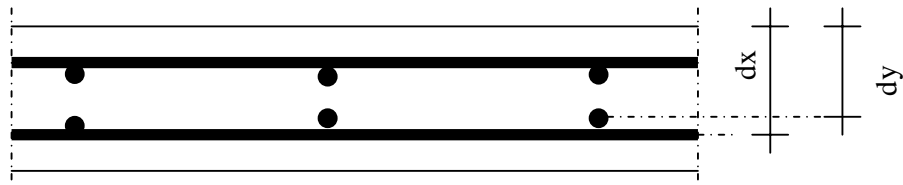
dimana : h = tebal pelat

p = tebal selimut beton

ϕD_x = diameter tulangan arah x

ϕD_y = diameter tulangan arah y

Letak dari tulangan :



Rumus Momen

$$M_n = \frac{M_u}{b.d^2}$$

Sesuai dengan tabel 5.2a pada buku grafik dan tabel perencanaan beton

bertulang bisa didapat nilai ρ

ρ_{\min} dilihat dari tabel 7 hal 51

ρ_{\max} lihat tabel 8 hal 52

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

$$A_s = \rho_{\min} \times b \times d$$

6. Bisa dilakukan pemilihan tulangan sesuai dengan tabel 13a hal 82

7. Pemeriksaan lebar retak

Sesuai dengan tabel 11 dengan nilai f_y dan ϕD bisa dihitung nilai – nilai S_{\max}

8. Gambarkan tulangan

Bila tulangan dalam pelat dihitung dengan menggunakan tabel 14, maka terdapat beberapa syarat yang harus dipenuhi :

- Pelat lantai harus dibagi – bagi dalam jalur – jalur, sesuai dengan yang telah dilakukan.
- Jalur tengah dalam arah y mempunyai lebar $0,50 l_x$ dan kedua jalur tepi masing – masing mempunyai lebar $0,25 l_x$
- Kedua jalur tepi dalam arah x mempunyai lebar $0,25 l_y$ atau $0,50 l_x$ tergantung dari mana yang lebih kecil (untuk $l_y/l_x \geq 2$) ; sisanya terdapat pada jalur tengah $0,50 l_y$ atau $l_y - l_x$.

2.4.3.1.2. Perencanaan Pelat Lantai

Secara garis besar, perencanaan pelat lantai di sini sama dengan perencanaan pelat atap, perbedaannya hanya terletak pada beban – beban yang diderita oleh struktur tersebut.

♣ Perencanaan Balok Sekunder terhadap geser

1. Geser Dengan Tekan Aksial

Kombinasi antara geser dengan tekan aksial dapat dihitung dengan langkah sebagai berikut :

1. Tentukan f_c' , f_y , V_u , M_u , N_u , dimensi balok

2. Tentukan gaya geser nominal $(V_n) = \frac{V_u}{\phi}$

3. Tentukan nilai V_c

$$=0,17 \left[1 + 0,073 * \frac{Nu}{Ag} \right] b * d \dots\dots\dots(2.21)$$

4. Jika $V_u/\phi V_c$, maka perlu tulangan geser

5. Hitung luas tulangan (A_v) = $\left(\frac{(V_n - V_c) * s}{(d * f_y)} \right)$, dimana $s \leq d/2 \dots\dots(2.22)$

2. Geser dengan gaya tarik aksial

Kombinasi geser dengan gaya tarik aksial dapat dihitung dengan langkah sebagai berikut :

1. Tentukan f_c' , f_y , V_u , M_u , N_u , dimensi balok

2. Tentukan gaya geser nominal (V_n) = $\frac{V_u}{\phi}$

3. Tentukan nilai $V_c = \left(1 - \frac{0,3 * Nu}{Ag} \right) * \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) b * d \dots\dots\dots(2.23)$

4. Jika $V_u/\phi V_c$, maka perlu tulangan geser

5. Hitung luas tulangan (A_v) = $\left(\frac{(V_n - V_c) * s}{(d * f_y)} \right)$, dimana $s \leq d/2 \dots\dots(2.24)$

3. Geser tanpa gaya normal

Geser tanpa gaya normal dapat dihitung dengan langkah sebagai berikut :

1. Tentukan f_c' , f_y , V_u , M_u , N_u , dimensi balok

2. Tentukan gaya geser nominal (V_n) = $\frac{V_u}{\phi}$

3. Tentukan nilai $V_c = \left[\left(\sqrt{f_c'} + \frac{120 * \rho_w * V_u * d}{M_u} \right) * d \right] * b * d \dots\dots(2.25)$

4. Jika $V_u/\phi V_c$, maka perlu tulangan geser.

5. Hitung luas tulangan (A_v) = $\left(\frac{(V_n - V_c) * s}{(d * f_y)} \right)$, dimana $s \leq d/2 \dots\dots(2.26)$

keterangan : V_c = tegangan geser pada beton yang utuh

ρ_w = rasio tulangan tarik

2.4.3.1.3. Perencanaan Tangga dan Lift

➤ Perencanaan Tangga

Semua tangga direncanakan menggunakan balok miring sebagai ibu tangga. Perencanaan tangga dengan acuan Data Arsitek didapat :

Jadi rencana dimensi tangga adalah sebagai berikut :

Sudut tangen maksimum = 33^0

Lebar Antrede (langkah datar) = 30 cm

Jumlah langkah datar = Panjang tangga/Lebar Antrede

Tinggi Optrede = Tinggi Bordes/Jumlah Optrede

Jumlah langkah naik = Jumlah Antrede + 1

Analisa gaya-gaya yang bekerja pada tangga menggunakan program SAP 2000 sedangkan disain strukturnya sama dengan disain balok.

➤ Perencanaan Lift

□ Kapasitas dan Jumlah Lift

Kapasitas dan jumlah lift disesuaikan dengan jumlah perkiraan jumlah pemakai lift.

Jumlah lift direncanakan 2 buah dengan mempertimbangkan hal berikut :

1. Jumlah tersebut merupakan jumlah yang ideal dengan jumlah pemakai.
2. Terdapat tangga yang dapat digunakan ,dengan kapasitas yang lebih besar bila lift rusak.

□ Perencanaan Konstruksi Lift

a. Mekanikal

Tidak direncanakan disini karena sudah direncanakan pabrik dengan spesifikasi tertentu seperti pada tabel sebagai dasar perencanaan konstruksi dimana lift 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) Trache/traksi/kereta penumpang yang digunakan untuk mengangkut penumpang dengan pengimbangnya.
- 3) Ruang dan landasan serta konstruksi penumpu untuk mesin, kereta, beban dan pengimbangnya.

Ruang dan landasan lift direncanakan berdasarkan kriteria sebagai berikut :

- Ruang dan tempat mesin lift diletakkan pada lantai teratas bangunan, perlu dibuat dinding penutup mesin yang memenuhi syarat yang dibutuhkan mesin dan kenyamanan pemakai gedung.
- Mesin lift dengan beban-beban berat sendiri, berat traksi dan berat pengimbangannya ditumpukan pada balok-balok portal.
- Ruang terbawah diberi kelonggaran untuk menghindari tumbukan antara lift dan lantai basement, juga direncanakan tumpuan yang menahan lift pada saat maintenance.

2.4.3.1.4. Perencanaan Ramp

Ramp merupakan struktur penghubung antara dua level atau tingkat yang berbeda pada suatu bangunan gedung. Pada struktur gedung hotel ini ramp digunakan kendaraan untuk turun ke basement yang berfungsi sebagai tempat parkir. Selisih / beda tinggi antara permukaan tanah dan lantai basement yang mencapai 5 meter menyebabkan kedua level ini harus dihubungkan dengan ramp.

Gaya – gaya dalam yang bekerja pada struktur ramp diperhitungkan dengan menggunakan program komputer SAP 2000. Hanya saja jenis beban hidup yang bekerja berbeda dengan pelat lantai dan tangga, mengingat ramp direncanakan akan dilalui kendaraan (mobil & motor) yang beban hidupnya lebih besar dibandingkan dengan beban hidup biasa. Untuk perhitungan penulangan pelat ramp dapat mengikuti prosedur yang sama dengan penulangan pelat lantai setelah didapat gaya – gaya dalam yang terjadi dari output SAP 2000.

Pembebanan direncanakan berdasarkan Peraturan Muatan Untuk Jalan Raya SKBI 1.3.28.1987 Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum.

2.4.3.1.5. Perencanaan Struktur Utama Portal

Perencanaan portal mengacu kepada **SKSNI T-15-1991-03** dimana struktur dirancang sebagai portal daktail penuh penempatan sendi-sendi plastis pada balok (*strong column weak beam*).

A. Perencanaan Balok Portal Terhadap Beban Momen Lentur

Kuat lentur balok portal dinyatakan dengan $M_{u,b}$ ditentukan berdasarkan kombinasi pembebanan sebagai berikut :

$$M_{u,b} = 1,2 M_{D,b} + 1,6 M_{I,b} \dots \dots \dots (2.27)$$

$$M_{u,b} = 1,05 (M_{D,b} + M_{E,b} R \mid M_{E,b}) \dots \dots \dots (2.28)$$

$$M_{u,b} = 0,9 M_{D,b} \mid M_{D,b} \dots \dots \dots (2.29)$$

dengan :

$M_{u,b}$ = momen lentur perlu balok pada perencanaan.

$M_{I,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban mati tak berfaktor.

$M_{D,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban hidup tak berfaktor dengan memperhitungkan reduksinya sehubungan dengan peluang terjadinya pada lantai tingkat ditinjau,

$M_{E,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban gempa tak berfaktor.

Dalam perencanaan kapasitas balok portal, momen tumpuan negatif akibat kombinasi beban grafitasi dan beban gempa balok boleh diretribusi dengan menambah atau mengurangi dengan prosentase yang tidak melebihi

$$q = 30 * \left(1 - \frac{4 * (\rho - \rho')}{\rho b} \right) \% \dots \dots \dots (2.3)$$

0)

dengan syarat apabila tulangan lentur balok telah direncanakan sehingga $(\rho - \rho')$

tidak melebihi $0,5 \rho'$ (persyaratan gempa). Momen lapangan dan momen tumpuan pada bidang muka kolom yang diperoleh dari hasil redistribusi selanjutnya digunakan untuk menghitung penulangan lentur yang diperlukan.

B. Perencanaan Balok Portal Terhadap baban Geser

Gaya geser rencana balok portal daktilitas terbatas dihitung dengan persamaan berikut :

$$V_{u,b} = 1,05 (V_{D,b} + V_{L,b} \pm \frac{4,0}{K} V_{E,b}) \dots\dots\dots(2.31)$$

dengan :

- $V_{D,b}$ = Gaya geser balok akibat beban mati takterfaktor
- $V_{L,b}$ = Gaya geser balok akibat beban hidup takterfaktor
- $V_{E,b}$ = Gaya geser balok akibat beban gempa takterfaktor
- K = Faktor jenis struktur (K / I)

C. Perencanaan Kolom Terhadap Beban Lentur Dan Aksial

Kuat lentur kolom portal dengan daktilitas terbatas harus memenuhi :

$$M_{u,k} = 1,05 (M_{D,k} + M_{I,k} \pm \phi_d M_{E,k}) \dots\dots\dots(2.32)$$

dengan :

- $M_{D,k}$ = momen kolom akibat beban mati takterfaktor
- $M_{I,k}$ = momen kolom akibat beban hidup taktektorfaktor
- $M_{E,k}$ = momen kolom akibat beban gempa takterfaktor
- ϕ_d = faktor pembesar dinamis = 1,3

Gaya akibat rencana $N_{u,k}$ yang bekerja pada kolom portar dengan daktalias terbatas dihitung dari

$$N_{u,k} = (N_{D,k} + N_{L,k} \pm \phi_d N_{E,k}) \dots\dots\dots(2.33)$$

dengan :

- $N_{D,k}$ = gaya aksial kolom akibat beban mati takterfaktor
- $N_{L,k}$ = gaya aksial kolom akibat beban hidup takterfaktor
- $N_{E,k}$ = gaya aksial kolom akibat beban gempa takterfaktor
- ϕ_d = faktor pembesar dinamis = 1,3

Dalam segala hal, kuat lentur dan aksial rancang kolom portal harus memperhitungkan kombinasi beban gravitasi dan beban gempa dalam dua arah peninjauan yang saling tegak lurus.

D. Perencanaan Kolom Terhadap Beban Geser

Kuat geser rencana kolom portal dengan daktilitas terbatas, $V_{u,k}$ harus dihitung dari

$$V_{u,k} = 1,05 (V_{D,k} + V_{L,k} \pm \phi_d V_{E,k}) \dots \dots \dots (2.34)$$

dengan :

$V_{D,k}$ = gaya geser kolom akibat beban mati takterfaktor

$V_{L,k}$ = gaya geser kolom akibat beban hidup takterfaktor

$V_{E,k}$ = gaya geser kolom akibat beban gempa takterfaktor

ϕ_d = faktor pembesar dinamis = 1,3

2.4.3.6. Perencanaan Basement

Pada struktur gedung kantor ini terdapat satu buah lantai basement. Secara struktural lantai basement ini harus mampu menahan semua kemungkinan gaya yang terjadi. Di samping itu juga harus direncanakan sedemikian rupa sehingga berat sendiri seluruh element basement lebih besar dari beban up lift.

2.4.3.1.6. Perencanaan Pelat Lantai Basement

Pelat lantai basement direncanakan menurut kondisi di mana pelat lantai basement hanya di bebani oleh up lift pressure akibat reaksi tanah dan tekanan air.

2.4.3.2. Perencanaan Struktur Bawah

Pemilihan jenis pondasi didasarkan atas pertimbangan :

☞ Keadaan tanah pondasi

Keadaan tanah pondasi kaitannya dalam pemilihan jenis pondasi meliputi jenis tanah, daya dukung tanah, kedalaman tanah keras, dll.

☞ Batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya.

Keadaan konstruksi atas sangat mempengaruhi pemilihan jenis pondasi. Hal ini meliputi kondisi beban (besar beban, arah beban, penyebaran

beban), sifat dinamis bangunan atas (statis tertentu atau tak tertentu, kekakuan dll).

☞ Batasan-batasan yang ada di sekelilingnya.

Hal ini menyangkut kondisi lokasi proyek, pekerjaan pondasi tidak boleh mengganggu/ membahayakan bangunan dan lingkungan sekitarnya.

☞ Waktu dan biaya pelaksanaan pekerjaan.

Dalam perencanaan pondasi untuk **Bangunan Gedung Kantor BNI 46 Cabang 05 Jl.Dr Cipto Semarang** ini digunakan pondasi tiang pancang mengingat jenis tanah tergolong jelek .

Untuk pembangunan gedung kantor BNI, penyelidikan dilakukan meliputi untuk pekerjaan Sondir test.

2.4.3.2.1. Daya Dukung Tanah

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

Daya dukung batas (*Ultimate Bearing Capacity*) adalah daya dukung terbesar dari tanah dan biasanya diberi simbol q_{ult} . Daya dukung ini merupakan tanah 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 :

$$q_a = q_{ult} / FK$$

Bila bari hasil data penyelidikan tanah sampai dengan kedalaman lebih dari 20 m belum ditemui indikasi tanah keras harus di gunakan tiang pancang grup agar diperoleh daya dukung yang besar.

2.4.3.2.2. Metode Analitis Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang

a. Daya Dukung Vertikal Yang Diijinkan

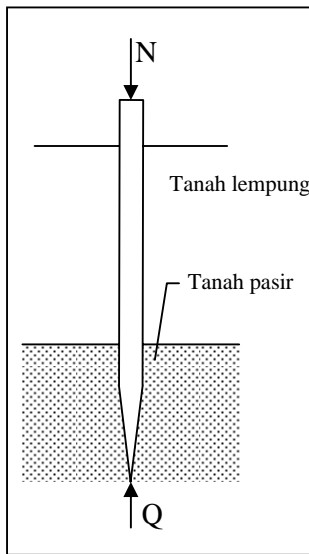
➤ Berdasarkan hasil sondir

Test 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 :

□ End Bearing Pile

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



$$Q_{tiang} = \frac{A_{tiang} * P}{3} \dots\dots\dots(2.35)$$

Q_{tiang} = Daya dukung keseimbangan tiang (kN)

A_{tiang} = Luas permukaan tiang (m²)

P = Nilai conus hasil sondir (kN/m²)

3 = Faktor keamanan

Gambar 2.4.4. End Bearing Pile

Friction Pile

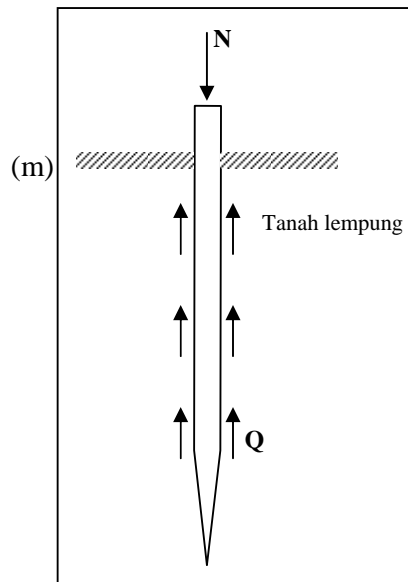
Jika pemancangan tiang sampai lapisan tanah keras sulit dilaksanakan karena letaknya sangat dalam, dapat dipergunakan tiang pancang yang daya dukung nya berdasarkan perletakan antara tiang dengan tanah (*cleef*).

Persamaan daya dukung yang diijinkan terhadap tiang adalah :

$$Q_{tiang} = \frac{O * L * C}{5} \dots\dots\dots(2.36)$$

dimana :

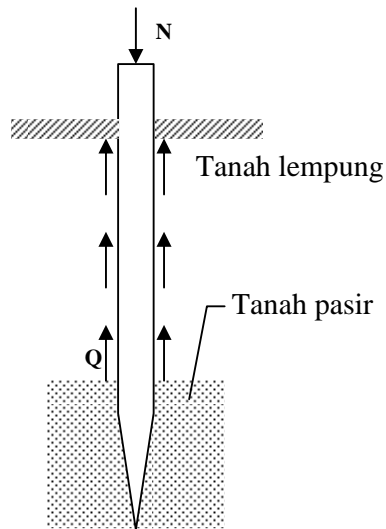
Q_{tiang} = Daya dukung tiang (kN)



- O = Keliling tiang pancang (m)
- L = Panjang tiang yang masuk kedalam tanah
- C = Harga cleef rata – rata (kN/m²)
- 5 = Faktor keamanan

Gambar 2.4.5. Frition Pile

□ End Bearing and Friction Pile



Gambar 2.4.6. End Bearing & Friction Pile

Jika perhitungan tiang pancang berdasarkan terhadap tahanan ujung dan hambatan pelekat, persamaan daya dukung yang diijinkan adalah:

$$Q_{tiang} = \frac{A_{tiang} * P}{3} + \frac{O * L * C}{5}$$

.....(2.37)

b. Tiang Pancang Kelompok (Pile 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 geser tidak sama dengan daya dukung tiang secara individu dikalikan jumlah tiang dalam kelompok, melainkan akan lebih kecil karena adanya faktor efisiensi.

◆ **Kelompok Tiang End Bearing Piles**

Perhitungan daya dukung tiang berdasarkan pada tekanan ujung, sehingga kemampuan tiang dalam kelompok sama dengan kemampuan tiang tunggal dikalikan banyaknya tiang.

$$Q_{pq} = n * Q_s \dots \dots \dots (2.38)$$

dengan :

Q_{pq} = daya dukung kelompok tiang

n = banyaknya tiang pancang

Q_s = daya dukung tiang tunggal

◆ ***Kelompok Tiang Friction Pile***

Daya dukung kelompok tiang dihitung berdasarkan *cleef* dan *conus*.

Persamaan – persamaan yang digunakan dirumuskan berdasarkan efisiensi kelompok tiang pancang (*Pile Group*).

Q_f = Eff * Q tiang (daya dukung tiang tunggal)

$$Eff = 1 - \frac{\theta}{90} \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{(m+n)} \right] \dots \dots \dots (2.38)$$

dengan :

m = Jumlah baris

n = Jumlah tiang 1 baris

θ = $Tan^{-1}(d/s)$

d = diameter tiang (cm)

s = Jarak antar tiang (cm)

$$Q_{sp} = \frac{q_c * A_b}{F_b} + \frac{c * U}{F_s} \dots \dots \dots (2.39)$$

dengan :

Q_{sp} = daya dukung vertikal yang diijinkan untuk sebuah tiang tunggal (kN)

q_c = tahanan konus pada ujung tiang (kN/m²)

A_b = luas penampang ujung tiang (m²)

U = Keliling tiang (m)

C = tahanan geser (cleef) total sepanjang tiang (kN/m)

F_b = Faktor keamanan = 3,0

F_s = Faktor keamanan = 5,0

2.5. PEMILIHAN BAHAN

Bahan struktur yang digunakan adalah beton konvensional dan kaca. Beton merupakan material yang relatif tahan terhadap api (panas) dibanding dengan baja dan kayu. Sedangkan kaca akan mendukung segi arsitektural.

2.5.1. Beton Konvensional

Beton konvensional ini digunakan pada struktur portal (balok-kolom), plat lantai, plat atap dan dinding geser.

2.5.2. Kaca

Kaca digunakan pada dinding luar bangunan sedangkan bagian dalam digunakan partisi.

Standard / peraturan dan daftar pusaka yang dipakai dalam proses desain dan perhitungan adalah sebagai berikut :

- ♣ Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung SKBI – 1.3.53. 1987
- ♣ Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983
- ♣ Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SKSNI T-15-1991-03.
- ♣ Dasar – dasar Perencanaan Beton Bertulang Bertulang Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03, Gideon Kusuma.
- ♣ Dasar – dasar Perencanaan Struktur, Daniel Schodek.
- ♣ Diktat kuliah Dinamika Struktur UNDIP, Himawan Indarto, Ir, MS.
- ♣ Diktat kuliah Mekanika Getaran UNDIP, Himawan Indarto, Ir, MS.
- ♣ Teknik Pondasi bagian II, K Basah Suyyolelono.
- ♣ Mekanika Tanah, Laurie D Wesley.