

BAB VII

PERENCANAAN STRUKTUR PEMBUATAN KOLAM RENANG LOMBA

7.1. PENGERTIAN

Kolam renang lomba adalah suatu konstruksi yang dibangun untuk keperluan olah raga renang yang sesuai dengan standar minimum yang terdapat pada peraturan fasilitas kolam renang. Menurut Gunar Werney (1998 : 1) toleransi dimensional yang diberlakukan adalah :

➤ Panjang

Untuk panjang nominal 50 meter, suatu toleransi plus 0,03 meter minus 0,00 meter pada kedua ujung tembok/ dinding pada semua titik dari 0,3 meter diatas sampai 0,8 meter dibawah permukaan air diperbolehkan.

➤ Lebar

Untuk lebar nominal 25 meter, suatu toleransi plus 0,02 meter minus 0,00 meter pada kedua ujung tembok/ dinding pada semua titik dari 0,3 meter diatas sampai 0,8 meter dibawah permukaan air diperbolehkan.

➤ Kedalaman

Kedalaman minimal 1,00 meter.

➤ Dinding

Untuk dinding, ujung dinding sebaiknya parallel (sejajar) dan membentuk sudut-sudut yang tepat ke lintasan renang dan permukaan air, dan sebaiknya dibangun dari bahan yang padat, dengan permukaan tidak licin seluas 0,8 meter dibawah permukaan air, supaya memungkinkan peserta lomba menyentuh dan bertolak (mendorong diri) waktu membalikkan badan atau berputar tanpa bahaya.

➤ Langkan

Langkan untuk istirahat disepanjang dinding kolam yang diijinkan, langkan-langkan tersebut harus tidak kurang dari 1,2 meter dibawah permukaan air dan lebarnya boleh 0,1 meter sampai 0,15 meter.

➤ Selokan

Selokan boleh ditempatkan di keempat dinding kolam, jika selokan-selokan ujung dinding dipasang, selokan-selokan tersebut harus memperhitungkan tambahan papan-papan sentuh yang membutuhkan ukuran 0,3 meter di atas permukaan air, selokan-selokan tersebut harus ditutup dengan kisi-kisi atau sekat yang cocok. Semua selokan harus dilengkapi dengan katup-katup alat penyetop yang dapat disetel atau disesuaikan, sehingga air dapat dijaga pada level yang tetap.

➤ Lebar Jalur

Lebar jalur-jalur sebaiknya sekurang-kurangnya 2,00 meter dengan dua ruang yang sekurang-kurangnya 0,20 meter diluar jalur yang pertama dan yang terakhir.

➤ Panggung-panggung Start

Panggung-panggung start hendaknya kokoh dan tidak meberikan pengaruh melenting. Tingginya panggung dipermukaan air sebaiknya dari 0,50 meter sampai 0,75 meter. Daerah permukaan sebaiknya sekurang-kurangnya 0,50 meter x 0,50 meter dan ditutup dengan bahan yang tidak licin. Landai maksimal sebaiknya tidak lebih dari 10° . Panggung sebaiknya dibangun sedemikian rupa supaya perenang bisa mendapatkan pegangan cengkeraman pada panggung di depan dan disamping pada waktu start kedepan, dianjurkan jika ketebalan panggung start melebihi 0,04 meter, pegangan-pegangan yang lebarnya sekurang-kurangnya 0,10 meter pada tiap sisi dan lebar 0,40 meter di depan dikurangi menjadi 0,03 meter dari permukaan panggung. Pegangan tangan (Handgrips) untuk start gaya punggung sebaiknya ditempatkan antara 0,30 meter sampai 0,60 meter di atas permukaan air baik secara horizontal maupun vertical. Pegangan-pegangan tersebut hendaknya sejajar dengan permukaan dinding ujung kedalaman air untuk jarak 1,00 meter sampai 5,00 meter dari dinding ujung sekurang-kurangnya harus 1,20 meter dimana panggung-panggung start dipasang.

7.2. PERATURAN-PERATURAN YANG DIGUNAKAN

Peraturan desain bangunan kolam renang lomba ini didasarkan pada peraturan-peraturan teknis yang berlaku di Indonesia, antara lain :

- Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG – 1983).
- Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Untuk Gedung 1983 (PPTGUG-1983).
- Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (TCCPSB-1991).
- Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang berdasarkan SKSNI T-15-1991-03.
- Peraturan Fasilitas Kolam Renang 1998 (PFKR 1998).

7.3. MUTU BETON DAN BAJA TULANGAN

Mutu beton dan baja sangat mempengaruhi dalam merencanakan suatu bangunan struktur, untuk dapat menghasilkan bangunan struktur yang kuat, maka diperlukan kualitas bahan yang baik.

• Mutu Beton

Mutu beton yang disyaratkan adalah mutu beton yang kedap air yaitu lebih dari 20 MPa, maka beton yang dipergunakan untuk seluruh struktur bangunan kolam renang lomba mempunyai mutu karakteristik minimal sebagai berikut :

- Pondasi Bored Pile dengan mutu beton $f'c = 25$ MPa.
- Poer dan Balok Sloof dengan mutu beton $f'c = 25$ MPa.
- Dinding dan Pelat Lantai kolam renang lomba dengan mutu beton $f'c = 25$ MPa.

• Mutu Baja Tulangan

Mutu baja tulangan yang dipergunakan untuk seluruh struktur bangunan kolam renang lomba ini adalah sebagai berikut :

- Besi Beton B_j TD 320-U-32 Untuk $\emptyset > 13$ mm ----- $F_y' = 320$ MPa.
- Besi Beton B_j TP 240-U-24 Untuk $\emptyset < 13$ mm ----- $F_y' = 240$ MPa.

7.4. ANALISA PEMBEBANAN

Menurut peraturan pembebanan Indonesia tahun 1983, struktur harus direncanakan kekuatannya terhadap pembebanan yang diakibatkan oleh beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa dan beban khusus.

1. Beban Mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung atau bangunan yang bersifat tetap, termasuk segala unsure tambahan.
2. Beban Hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung atau bangunan dan kedalamannya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, beban hidup termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energy kinetic) butiran air. Kedalaman beban hidup tidak termasuk beban angin, beban gempa dan beban khusus.
3. Beban Angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara, pada pembangunan kolam renang lomba ini untuk beban angin tidak diperhitungkan.
4. Beban Khusus adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang terjadi akibat selisih suhu, pengangkatan dan pemasangan, penurunan pondasi, surut, gaya-gaya tambahan yang berasal dari beban hidup seperti gaya rem yang berasal dari keran, gaya sentriugal dan gaya dinamis yang berasal dari mesin-mesin, serta pengaruh-pengaruh khusus lainnya.
5. Beban Gempa adalah semua beban static ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisis dinamik, maka yang diartikan beban gempa adalah gaya-gaya didalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa.

7.5. KUAT PERLU

Berdasarkan SK-SNI T15-1991-03 Pasal 3.2.2, kuat perlu diperhitungkan dengan maksud agar struktur memenuhi syarat kekuatan dan layak pakai terhadap macam-macam kombinasi beban, maka harus dipenuhi ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

1. Kuat perlu U yang menahan beban mati D dan beban hidup L paling tidak harus sama dengan :

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

2. Bila ketahanan struktur terhadap beban angin W harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka pengaruh kombinasi D, L, dan W berikut harus dipelajari untuk menentukan nilai U yang terbesar.

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

Dimana kombinasi pembebanan harus memperhitungkan kemungkinan beban hidup L yang penuh dan kosong untuk mendapatkan kondisi yang paling berbahaya, dan $U=0,9D + 1,3W$

Dengan catatan bahwa untuk setiap kombinasi beban D,L, dan W akan diperoleh kekuatan U.

3. Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa (beban E) harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka nilai U harus diambil sebagai :

$$U=1,05 (D + LR \pm E) \quad \text{atau} \quad U=0,9(D \pm E)$$

4. Bila ketahanan terhadap tekana tanah H diperhitungkan dalam perencanaan, maka kekuatan yang diperlukan U minimum harus sama dengan :

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

Kecuali pada keadaan dimana D atau L mengurangi pengaruh dari H. Dalam hal ini nilai maksimum dari U ditentukan dengan mengganti 1,2D dengan 0,9D dan nilai L diambil nol . Untuk setiap kombinasi dari D,L dan H nilai untuk U tidak boleh lebih kecil dari persamaan sebelumnya.

5. Bila ketahanan terhadap pembebanan akibat berat dan tekanan fluida,yang berat jenisnya dapat ditentukan dengan baik, dan maksimum ketinggian F yang terkontrol yang diperhitungan dalam perencanaan, maka beban tersebut harus dikalikan dengan faktor beban 1,2 dan

ditambahkan pada semua kombinasi beban yang diperhitungkan beban hidup.

6. Bila ketahanan terhadap pengaruh kejut diperhitungkan dalam perencanaan maka pengaruh tersebut harus disertakan pada perhitungan beban hidup L.
7. Bila pengaruh struktural T dari perbedaan penurunan, rangkai, susut, atau perubahan suhu menentukan dalam perencanaan, maka kekuatan yang diperlukan U minimum harus sama dengan :

$$U = 0,75 (1,2D + 1,2 T + 1,6 L)$$

Tetapi nilai U tidak boleh kurang dari

$$U = 1,2 (D + T)$$

Perkiraan atas perbedaan penurunan, rangkai, susut, atau perubahan suhu harus didasarkan pada pengkajian yang realistic dari pengaruh tersebut selama masa pakai.

7.6. KUAT RENCANA

Berdasarkan SKSNI T15-1991-03 Pasal 3.2.3, kuat rencana diperhitungkan dengan maksud agar struktur memenuhi syarat kekuatan rencana dan layak pakai terhadap macam-macam kombinasi beban. Dalam menentukan kuat rencana suatu komponen struktur, maka kuat minimalnya harus direduksikan dengan factor reduksi kekuatan yang sesuai dengan sifat beban, seperti ketentuan dalam butir berikut :

1. Kuat rencana yang tersedia pada suatu komponen struktur, sambungan dengan komponen struktur lain, dan penampangnya. Dalam kriteria lentur, beban normal, geser dan torsi, harus diambil sebagai kekuatan nominal yang dihitung berdasarkan ketentuan asumsi dari tata cara ini, dikalikan dengan suatu faktor reduksi kekuatan.
2. Faktor reduksi kekuatan ϕ ditentukan sebagai berikut :
 - (1) Lentur, tanpa beban axial = 0,80
 - (2) Beban axial dan beban axial dengan lentur. (untuk beban axial dengan lentur, kedua nilai kekuatan nominal dari beban axial dan momen harus dikalikan dengan satu nilai ϕ yang sesuai) :

- a. Aksial tarik, dan aksial tarik dengan lentur = 0,80
- b. Aksial tekan, dan aksial tekan dengan lentur :
 - Komponen struktur dengan tulangan spiral maupun sengkang ikat = 0,70
 - Komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa = 0,65

Kecuali untuk nilai aksial tekan yang rendah ϕ boleh ditingkatkan berdasarkan aturan berikut :

- Untuk komponen struktur dimana f_y tidak melampaui 400 Mpa, dengan tulangan simetris, dan dengan $(h-d-d_u)/h$ tidak kurang dari 0,65 ϕ boleh ditingkatkan secara linear menjadi 0,80 untuk nilai ϕP_n yang kurang dari 0,10 $f_c A_g$.
- Untuk komponen struktur beton bertulang yang lain, ϕ boleh ditingkatkan secara linear menjadi 0,80 untuk keadaan dimana ϕP_n berkurang dari nilai terkecil antara $(0.10 F_c' A_g$ dan $\phi P_b)$ ke nol.

(3) Geser dan torsi = 0,60

(4) Tumpuan pada beton = 0,70

3. Pada daerah yang masuk daerah gempa, faktor reduksi kekuatan ϕ harus diambil sesuai dengan ketentuan diatas, kecuali untuk keadaan berikut :

- (1) Bila kuat geser nominal yang ada pada setiap komponen struktur kurang dari geser yang berhubungan dengan pengembangan kuat lentur nominal untuk kombinasi beban terfaktor termasuk pengaruh gempa, maka faktor reduksi kuat geser harus diambil sebesar 0,5, kecuali untuk menentukan kekuatan join dimana faktor reduksi kekuatan harus diambil sebesar 0,6.
- (2) Faktor kekuatan geser untuk nilai tekan aksial dan lentur harus diambil sebesar 0,5 untuk semua komponen rangka dengan gaya tekan aksial terfaktor yang melebihi $0.10 f_c' A_g$.

7.7. ANALISA PERENCANAAN STRUKTUR

Dalam analisa struktur dibagi menjadi 2 bagian yaitu struktur atas dan struktur bawah, struktur atas adalah system struktur diatas pondasi, pada bangunan kolam lomba ini struktur atas terdiri dari pelat lantai dan dinding kolam

lomba, sedangkan struktur bawah didesain berdasarkan beban yang disalurkan dari struktur atas dan besarnya daya dukung tanah yang akan ditahan oleh pondasi yang sesuai untuk digunakan pada kolam lomba ini.

1). Dinding

Struktur bangunan umumnya tersusun atas komponen pelat lantai, balok anak, balok induk, dan kolom yang umumnya dapat merupakan satu kesatuan monolit pada system cetak ditempat atau terangkai seperti pada system pracetak. Pelat juga dipakai untuk lantai, dinding, lantai tangga, jembatan dan pelabuhan. Dinding kolam lomba dianggap sebagai dinding yang menahan gaya geser dari samping. Elemen dinding direncanakan terhadap variasi dan kombinasi sifat beban yang bekerja padanya, serta diberi penguat jangkar pada perpotongan dengan komponen struktur lain, seperti ketentuan berikut :

- A. Dinding harus direncanakan terhadap beban eksentris dan terhadap setiap beban lateral atau beban lain yang bekerja padanya.
- B. Dinding harus dijangkarkan pada komponen struktur yang berpotongan dengan misalnya lantai, atap atau pada kolom, pilaster, atau sirip penyangga dan dinding lain yang berpotongan dan pondasi.
- C. Besarnya jumlah tulangan arah vertikal dan horizontal serta jarak pemasangannya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :
 1. Rasio minimum dari luas tulangan vertikal terhadap luas bruto beton harus :
 - a. 0,0012 untuk batang deform yang tidak lebih besar dari D-16 dengan tegangan leleh yang diisyaratkan tidak kurang dari 400 Mpa atau
 - b. 0,0015 untuk batang deform lainnya, atau
 - c. 0,0012 untuk jaringan kawat baja las (polos dan deform) tidak lebih besar dari W31 atau D31.
 2. Rasio minimum dari luas tulangan horizontal terhadap luas bruto beton harus :
 - a. 0,0020 untuk batang deform yang lebih besar dari D-16 dengan tegangan leleh tidak kurang 400 Mpa, atau

- b. 0,0025 untuk batang deorm lainnya, atau
- c. 0,0020 untuk jaringan kawat baja las (polos atau deform) yang tidak lebih besar dari W31 atau D31.

Dinding kolam lomba ini direncanakan sebagai dinding yang menahan gaya geser. Diameter minimum tulangan vertikal dan horizontal > 10 mm. Di beberapa negara direkomendasikan tulangan minimum untuk dinding baik arah vertikal maupun horizontal adalah 0,125 % pada setiap sisi ada juga yang merekomendasikan sebesar 0,2 %.

2). Pelat Lantai

Pelat lantai merupakan panel-panel beton bertulang yang mungkin berupa pelat dua arah natau satu arah, tergantung sistem strukturnya sebagai berikut :

1. Sistem Pelat Satu Arah

Sistem pelat satu arah dipakai apabila perbandingan sisi panjang terhadap sisi pendek lebih dari 2, dengan lenturan utama pada arah sisi yang lebih pendek. Struktur pelat satu arah dapat didefinisikan sebagai pelat yang didukung pada kedua tepi yang berhadapan sedemikian, sehingga lenturan yang timbul hanya dalam satu arah saja, yaitu pada arah yang tegak lurus terhadap arah dukungan tepi.

Semua beban yang bekerja pada pelat satu arah dilimpahkan menurut arah sisi pendek, maka suatu pelat satu arah yang menerus diatas beberapa tumpuan dapat diperlukan sebagai sebuah balok persegi dengan tingginya setebal pelat, dan lebarnya adalah satu satuan panjang.

Apabila pelat tersebut diberikan beban merata pelat akan melendut terhadap satu arah, sehingga menimbulkan momen lentur pada arah tersebut. Beban merata untuk pelat biasanya menggunakan satuan KN/m^2 . Karena diperhitungkan untuk setiap satu satuan lebar maka dalam perencanaan satuannya diubah menjadi KN/m . tulangan pokok lentur pelat satu arah tegak lurus terhadap dukungan.

2. Sistem Pelat Dua Arah

Sistem pelat dua arah dipakai apabila sisi panjang terhadap sisi pendek tidak lebih dari dua, dimana pelat didukung sepanjang keempat sisinya sehingga lenturan akan timbul dalam dua arah yang saling tegak lurus. Beban lantai dipikul pada kedua arah oleh keempat balok pendukung sekeliling pelat, dengandemikian pelat melentur pada dua arah.

Apabila panjang pelat sama dengan lebar pelat, maka perilaku dinding sekeliling pelat akan memikul beban pelat sama besar. Sedangkan bila panjang pelat tidak sama dengan lebar, maka dinding yang lebih panjang akan memikul beban yang lebih besar dari pada balok yang pendek.

Dalam merencanakan pelat beton bertulang yang perlu dipertimbangkan tidak hanya pembebanan, tetapi juga ukuran dan syarat-syarat tumpuan pada tepi, syarat-syarat tumpuan menentukan jenis perletakan dan jenis penghubung di tempat tumpuan. Bila pelat dapat berotasi bebas pada tumpuan, maka pelat itu dikatakan 'ditumpu bebas'. Dalam perencanaan pelat lantai kolam lomba ini digunakan sistem pelat dua arah.

3). Gaya Akibat Gempa

Gaya yang bekerja pada suatu konstruksi akan menimbulkan suatu gaya yang besarnya adalah berat sendiri konstruksi tersebut dikalikan dengan koefisien gempa itu sendiri atau ditulis :

$$FG = k \cdot \sum G, \text{ dimana :}$$

FG = gaya akibat gempa

$\sum G$ = berat sendiri konstruksi

K = koefisien gempa

Gaya gempa bekerja kesemua arah, tetapi yang paling berbahaya dalam perhitungan kolam renang lomba ini adalah arah horizontal, karena akan mengakibatkan terjadinya pergeseran, keretakan dan guling. Gaya gempa ini bekerja melewati titik berat konstruksi.

Ada dua metode analisa pengaruh beban gempa, yaitu :

1. Analisa Statik Ekuivalen

Adalah cara analisa beban gempa, dimana pengaruh beban gempa pada struktur dianggap sebagai beban-beban statik horizontal untuk menirukan pengaruh gempa yang sesungguhnya akibat gerakan tanah. Pengaruh gempa dianalisa dengan metode ini bila struktur-struktur bangunan sederhana dan beraturan serta tingginya tidak lebih dari 40 meter yang memenuhi syarat-syarat menurut pasal 3.2 PPTGIUG 1983.

2. Analisa Dinamik

Analisa ini dipakai untuk struktur bangunan yang tidak mudah diperkirakan perilakunya terhadap gempa tingginya lebih dari 40 meter dan semua struktur bangunan yang sesuai dengan pasal 3.2 PPTGIUG 1983. Perubahan-perubahan dalam bentuk struktur menyebabkan simpangan-simpangan dari lantai-lantainya yang tidak beraturan sehingga gaya-gaya inersia yang ditimbulkan menjadi tidak beraturan.

4). Pondasi

Pondasi adalah suatu stuktur bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menempatkan bangunan dan meneruskan beban yang disalurkan dari struktur atas ke tanah dasar pondasi yang cukup kuat menahannya tanpa terjadinya settlement pada sistem strukturnya.

Untuk memilih tipe pondasi yang memadai, perlu diperhatikan apakah pondasi itu cocok untuk berbagai keadaan dilapangan dan apakah pondasi itu memungkinkan untuk diselesaikan secara ekonomis sesuai dengan jadwal kerjanya.

Hal-hal berikut perlu dipertimbangkan dalam pemilihan tipe pondasi, diantaranya:

1. Keadaan tanah pondasi.
2. Batasan-batasan akibat dari daerah di atasnya (*uppersturcture*).
3. Batasan-batasan dari derah sekelilingnya.
4. Waktu dan biaya pekerjaan.

Umumnya kondisi tanah dasar pondasi mempunyai karakteristik yang bervariasi, berbagai parameter yang mempengaruhi karakteristik tanah antara lain pengaruh muka air tanah yang mengakibatkan berat volume tanah terendam air berbeda dengan tanah yang tidak terendam air meskipun jenis tanah sama. Jenis tanah dengan karakteristik fisik dan mekanis masing-masing memberikan nilai kuat dukung tanah yang berbeda-beda dengan demikian pemilihan tipe pondasi yang akan digunakan harus disesuaikan dengan berbagai aspek dari tanah dilokasi tempat akan dibangunnya bangunan yang kita desain.

Suatu pondasi harus direncanakan dengan baik, karena jika pondasi tidak direncanakan dengan benar akan ada bagian yang mengalami penurunan yang lebih besar dari bagian sekitarnya.

Tiga kriteria yang harus dipenuhi dalam perencanaan suatu pondasi, yaitu :

1. Pondasi harus ditempatkan dengan tepat, sehingga tidak longsor akibat pengaruh luar.
2. Pondasi harus aman dari kelongsoran daya dukung.
3. Pondasi harus aman dari penurunan yang berlebihan.

Berdasarkan ketentuan umum yang ada, rasio kedalaman tanah yang mampu mendukung beban yang bekerja (D) dengan lebar pondasi (B) dimana $D/B < 4$, maka tipe pondasi yang digunakan jenis-jenis pondasi dangkal, sedangkan bila $D/B > 10$, maka digunakan pondasi dalam.

7.8. ANALISIS PERHITUNGAN

1). Dasar Perencanaan dan Perhitungan Struktur Kolam Renang Lomba

Dalam perencanaan dan perhitungan struktur kolam renang lomba ini, dibagi dalam beberapa tahapan perhitungan, yaitu :

- Perencanaan dan perhitungan dinding kolam renang lomba.
- Perencanaan dan perhitungan pelat lantai kolam renang lomba.
- Perencanaan dan perhitungan pondasi bored pile.
- Perencanaan dan perhitungan sloof.
- Perencanaan dan perhitungan poer.

Selain perhitungan konvensional diatas, dilakukan pula perhitungan dengan bantuan program SAP2000 V.742, dengan bantuan program SAP2000 V.742 untuk menghitung gaya-gaya dalam, diantaranya Momen (M), Gaya Lintang (D), Gaya Normal (N) dari struktur dan dipakai untuk penulangan struktur di ambil nilai yang maksimum, Berikut ini langkah-langkah perhitungan dengan bantuan program SAP2000 V.742 :

1. Menentukan geometri model struktur.
2. Mendefinisikan data.
 - Jenis dan kekuatan bahan.
 - Dimensi penampang elemen struktur.
 - Macam-macam beban yang terjadi
 - Kombinasi pembebanan.
3. Frame dan load pada struktur.
 - Data penampang dan data beban
4. Memeriksa input data
5. Running program
6. Cek hasil gaya-gaya dalam Momen (M), Lintang (D) dan Normal (N).

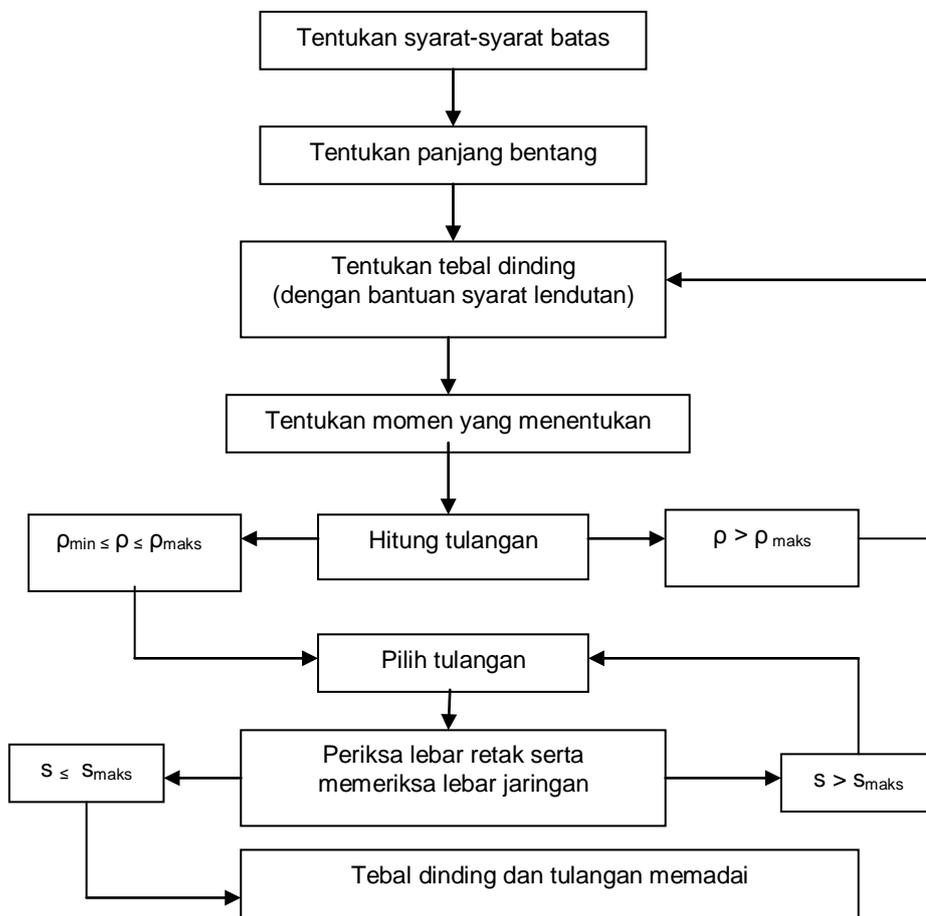
• Dasar Perencanaan Dinding Kolam Renang Lomba

Desain perencanaan struktur kolam renang lomba ini dinding dirancang sebagai pelat satu arah yaitu pelat yang didukung sepanjang kedua sisinya dimana lenturan akan timbul dalam dua arah yang saling tegak lurus.

Dalam perencanaan dinding kolam renang lomba dibagi menjadi dua bagian, yaitu kondisi kolam terisi air penuh atau tanah belum ditimbun dengan asumsi akan kuat menahan gaya yang disebabkan oleh tekanan air maksimum dan kondisi kolam dalam keadaan kosong dengan tanah sudah ditimbun dengan asumsi bahwa dinding kolam tersebut kuat menahan gaya yang disebabkan oleh tekanan tanah maksimum. Oleh sebab itu dinding kolam lomba dianggap sebagai dinding yang menahan gaya geser.

- **Dasar Perhitungan Dinding Kolam Renang Lomba**

Berikut diagram alir perhitungan dinding kolam renang lomba :



Gambar 1. Diagram alir untuk menghitung dinding kolam renang lomba

1. Syarat-syarat Batas

Syarat-syarat tumpuan tepi menentukan jenis perletakan dan jenis penghubung di tempat tumpuan. jenis-jenis perletakan berdasarkan syarat-syarat tumpuan adalah sebagai berikut :

- Bila pelat dapat berotasi bebas pada tumpuan, maka pelat itu dikatakan 'ditumpu bebas' misalnya sebuah pelat tertumpu oleh tembok bata.
- Bila tumpuan mencegah pelat berotasi dan relatif sangat kaku terhadap momen puntir maka pelat itu terjepit penuh. Dimana pelat itu merupakan satu kesatuan monolit dengan balok penumpunya.
- Bila balok tepi tidak cukup kuat untuk mencegah rotasi sama sekali, maka pelat tersebut terjepit sebagian (terjepit elastis).

2. Bentang Teoritis

Dalam perencanaan pelat beton bertulang yang digunakan dalam perhitungan adalah bentang teoritis, yaitu bentang bersih L antara kedua bidang permukaan tumpuan ditambah dengan setengah perletakan disetiap ujungnya.

Panjang bentng teoritis tergantung pada lebar balok atau dinding pendukung. Bila lebar perletakan hampir mendekati atau kurang dari dua kali tebal keseluruhan pelat maka bentang teoritis dianggap sama dengan jarak antara pusat ke pusat balok-balok atau dinding. Sedangkan bila balok atau dinding lebih dari dua kali tebal pelat, maka bentang teoritis dianggap $l = L + 100 \text{ mm}$.

3. Tebal Pelat Dinding

Tebal pelat dihitung berdasarkan SK-SNI-T15-1991-03 Pasal 3.2.5 Poin 3.3, yaitu pada konstruksi dua arah non pratekan tebal pelat dengan balok (dinding) yang menumpu pada keempat sisinya. Ketebalan dinding diperhitungkan agar dapat menahan deformasi akibat lendutan (nilai kelangsingan)/ keretakan, dengan tebal minimum $(h) = 1/16 \times L$; L adalah

bentang pendek atau tinggi dinding, dengan tinggi efektif (d) = $h - p - 1/2 \cdot \phi_{tul}$, dimana

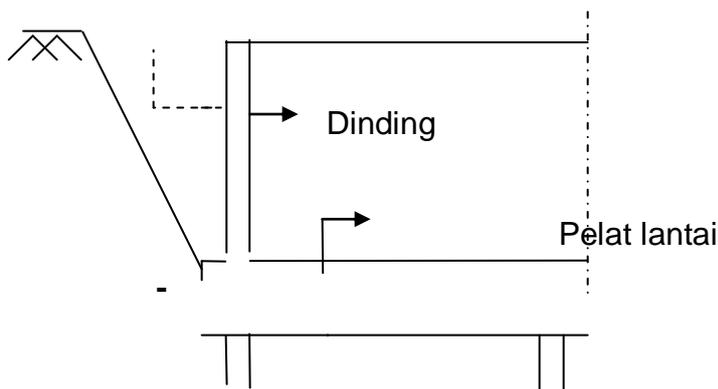
h = tebal pelat dan p = selimut beton.

4. Momen yang menentukan

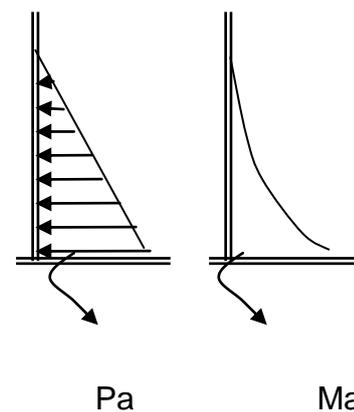
➤ Perhitungan momen lapangan dan momen tumpuan pada sistem pelat satu arah berdasarkan ketentuan SK-SNI-T-15-1991-03 pasal 3.1.3 (3). Koefisien-koefisien momen tersebut dikalikan dengan kuat perlu (WD) dan bentang bersih dikuadratkan, $M_u = C \cdot WD \cdot L_n^2$.

➤ Dalam perhitungan tekanan dan momen-momen Menurut John F. Seidensticker (1998: 78) sebagai berikut :

a. Kondisi kolam terisi air penuh (tanah belum ditimbun)



Gambar 2. Kondisi kolam terisi air penuh



Gambar 3. Tekanan air dan Momen Maksimum

$$Pa = Wa \times h$$

$$Ma = 1/6 \cdot Pa \cdot h^2$$

Dimana :

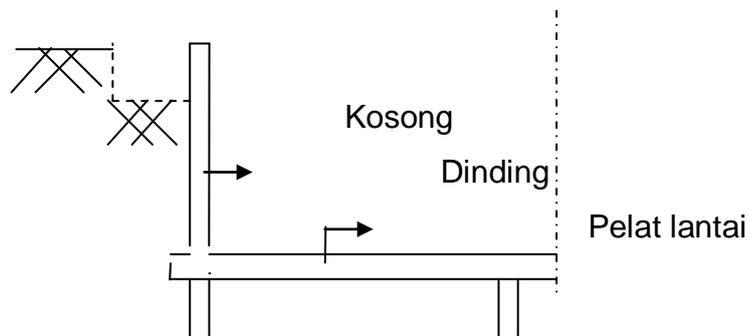
Pa = Tekanan air maksimum

Wa = Berat volume air

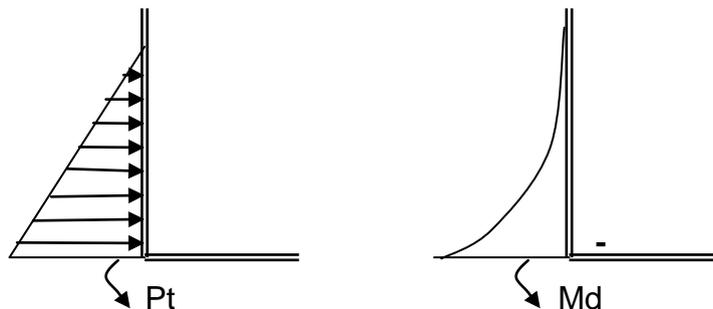
h = Tinggi dinding

Ma = Momen pada dasar air

b. Kondisi kolom dalam keadaan kosong (tanah sudah ditimbun)



Gambar 4. Kondisi kolom kosong



Gambar 5. Tekanan tanah dan Momen Maksimum

$$P_t = W_t \times h \times \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}$$

$$M_d = 1/6 \cdot P_t \cdot h^2$$

Dimana :

P_t = Tekanan tanah maksimum W_t = Berat volume tanah

h = Tinggi dinding φ = Sudut geser tanah dan dinding

M_d = Momen pada dasar dinding

5. Tulangan yang diperlukan

Beton bertulang direncanakan mengalami keruntuhan secara perlahan dan bertahap. Hal tersebut dimungkinkan apabila tulangan beton terlebih dahulu meleleh sebelum regangan beton mencapai maksimum (*Under-reinforced*). Dengan dasar perencanaan tersebut, SK-SNI-T-15-1991-3 pasal 3.3.3 membatasi jumlah tulangan tersebut berkaitan dengan ratio penulangan (ρ).

Sedangkan arti ratio penulangan adalah perbandingan antara jumlah luas penampang tulangan baja tarik terhadap luas efektif Penampang $\rho = \frac{A_s}{b.d}$.

Pembatasan dimaksud dalam SK-SNI-T-15-1991-03 pasal 3.3.3 adalah rasio penulangan maksimum yang diijinkan, dibatas sebesar 0,75 kali dari rasio penulangan keadaan seimbang (ρ_b), $\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b$, sedangkan rasio tulangan seimbang (ρ_b). Menurut SK-SNI-T-15-1991-03

pasal 3.1.4 (3) adalah sebesar $\rho_b = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \left(\frac{f_c' \cdot 600}{f_y \cdot (600 + f_y)} \right)$ dan rasio

penulangan minimum menurut SK-SNI-T-15-1991-03 pasal 3.3.5 (1) adalah sebesar $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$. Syarat rasio penulangan beton bertulang

harus memenuhi ketentuan sebagai berikut : $\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{maks}$, jika $\rho < \rho_{min}$, maka ρ yang diambil adalah ρ_{min} . Struktur harus direncanakan sampai semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu, yang dihitung berdasarkan kombinasi beban gaya terfaktor.

Persyaratan tersebut disederhanakan menjadi sebagai berikut : $M_u = \phi \cdot M_n$, Dimana $M_n = A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2)$, sedangkan $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$. Untuk

mencari rasio penulangan (ρ) yang akan menentukan luas tulangan dari satu penampang beton bertulang dapat digunakan rumus $\rho_{perlu} =$

$\frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2M_n}{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot d^2}} \right)$. Luas tulangan yang diperlukan adalah $A_s = \rho \cdot$

$b \cdot d$, dan jarak tulangan yang diperlukan sebesar $S_{perlu} = \frac{\pi / 4 \cdot D_{tul}^2 \cdot b}{A_s}$ dan

jarak tulangan maksimum adalah $S_{max} = 3 \cdot h$ (SK-SNI-T-15- 1991-03 pasal 3.16.6)

Kontrol kekuatan plat :

Kekuatan plat harus memenuhi syarat : $\phi \cdot M_n > M_u$ dan $A_s > A_{smin}$

dimana :

$$M_n = A_s \cdot f_y (d - a/2)$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \quad A_{s_{\min}} = 0,002 \cdot b \cdot h$$

6. Memilih Tulangan

Setelah diperoleh luas tulangan yang diperlukan, maka selanjutnya adalah menentukan diameter tulangan dan jarak tulangan yang dipakai yang memenuhi luas tulangan perlu. Untuk membantu penetapan tulangan pokok dapat menggunakan tabel 2.2 buku seri Beton 4 (Grafik dan tabel Perhitungan beton bertulang SK-SNI-T-15-1991-03).

7. Perhitungan Tulangan Geser

Menurut C.K. Wang dan C.S. Salmon(1993: 67), tulangan geser mempunyai tiga fungsi utama, yaitu :

- Memikul beban sebagian besar gaya geser yang bekerja.
- Melawan retak miring dan ikut menjaga terpeliharanya lekatan agregat
- Mengikat batang tulangan memanjang agar tetap berada pada tempatnya.

Perhitungan gaya geser horisontal pada suatu bidang dinding, ternyata dibutuhkan untuk dinding-dinding dengan perbandingan tinggi terhadap panjang. Pada dinding yang tinggi, umumnya lenturan yang lebih menentukan. Untuk perhitungan tulangan geser berlaku pula sebagai berikut :

Kuat geser V_c dihitung menurut ketentuan SKSNI T-15-1991 Ayat 3.4.3 butir 2 sebagai berikut :

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot w \cdot d$$

$$V_s = V_u / \phi \cdot V_c$$

Dengan mengambil jarak tulangan sebesar $S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$

Spasi maksimum tulangan geser tidak boleh melebihi nilai dibawah ini (SKSNI 3.4.5-4)

$$\begin{aligned}\text{Kontrol } S_{\max} &= \frac{d}{2} \\ &= 8. \phi_{tul. utama} \\ &= 24. \phi_{tul. sengkang} \\ &= \frac{1600. f_y. A_{s1}}{((A_{s1a} + A_{s1b}). f_y)}\end{aligned}$$

$$S_{\text{terpakai}} > S_{\max}$$

$$A_{V_{\min}} = \frac{bw.s}{3.f_y}$$

Kontrol Kapasitas Geser :

$$V_{SR} = \phi (V_s + V_c) > V_u$$

8. Kontrol Retak

Gejala retak pada komponen struktur dengan penulangan dapat mengakibatkan korosi terhadap baja tulangan, karena volume karat lebih besar dari volume baja semula, maka pembentukan karat memungkinkan beton disekitar tulangan akan pecah dan lepas. Pengaratan atau korosi tidak hanya mengakibatkan pengecilan penampang tulangan, tetapi penampang beton pun dapat rusak.

Karena itu suatu hal yang wajar bila meninjau lebar retak, harus memperhitungkan kemungkinan korosi. kemungkinan korosi dilingkungan basah jelas lebih besar dari pada dilingkungan kering. dalam pembahasan penutup beton dengan persyaratan untuk lingkungan basah, penutup beton lebih tebal diperhitungkan. Faktor terpenting yang mengakibatkan retak adalah regangan dalam baja, yaitu tegangan baja. Pembatasan retak dicapai dengan membatasi tegangan baja. lebar retak dapat ditentukan secara eksperimen dengan rumus tertentu :

$$w = 11 \beta f_s \sqrt[3]{d_c.A},$$

dimana :

W : lebar retak dalam mm x 10⁻⁶

β : Perbandingan lebar retak pada penampang tak bertulang terhadap lebar retak pada penampang bertulang, mulai dari lubang retak menuju ke garis netral. Ini sama dengan perbandingan antara jarak serat tarik terluar terhadap netral dan jarak dari titik berat tulangan utama terhadap garis netral :

$$\beta = \frac{(h - c)}{(d - c)}$$

Umumnya berlaku untuk balok nilai $\beta = 1,20$ dan untuk lantai $\beta = 1,35$ SKSNI menetapkan nilai $\beta = 1,20$

f_s : Tegangan pada tulangan boleh diambil sebesar $f_s = 0,6 f_y$

d_c : Jarak antar titik berat tulangan utama sampai ke serat tarik terluar

A : Penampang potongan tarik efektif berada disekeliling tulangan, dimana letak dari tulangan sentris terhadap penampang tersebut.

Untuk pelat berlaku "

$A = 2 d_c \cdot s$; dengan s adalah jarak antara batang tulangan

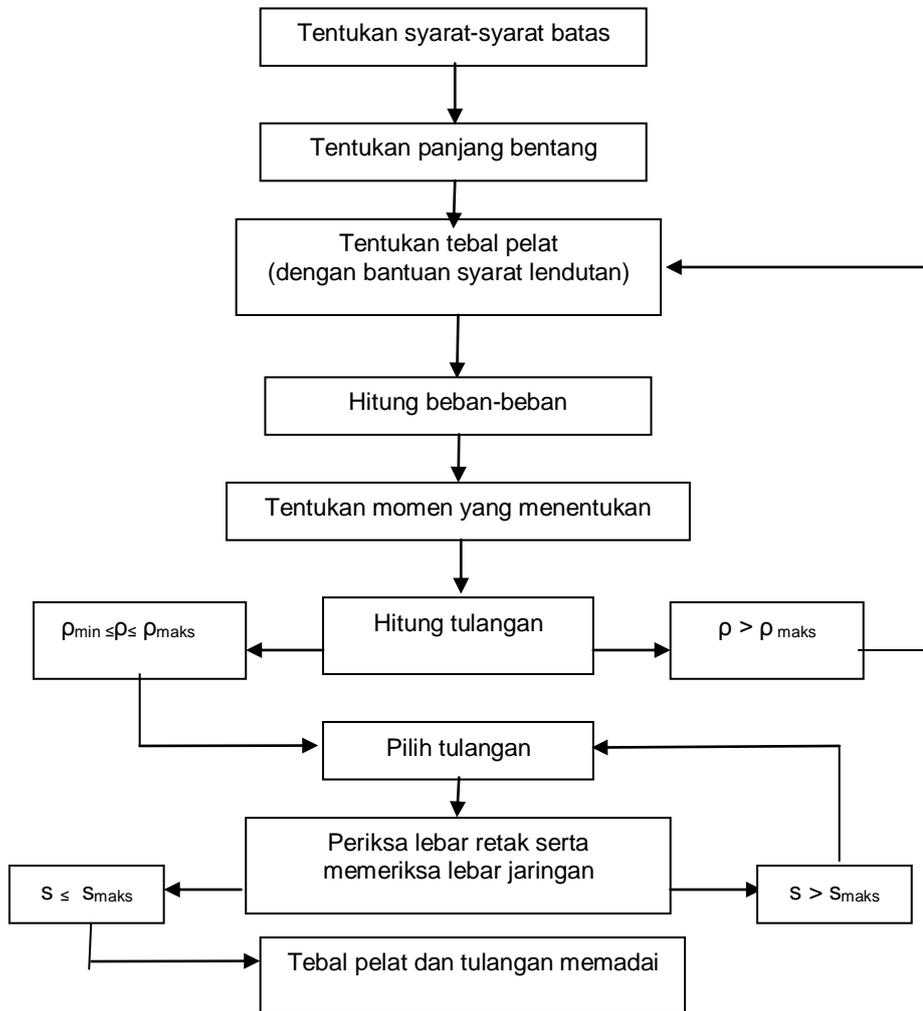
2). Dasar Perencanaan dan Perhitungan Pelat Lantai Kolam Renang Lomba

- **Dasar Perencanaan Pelat Lantai Kolam Renang Lomba**

Pada desain perencanaan struktur kolam renang lomba ini pelat lantai dirancang sebagai pelat dua arah yaitu pelat yang didukung sepanjang keempat sisinya dimana lenturan akan timbul dalam dua arah yang saling tegak lurus dan direncanakan dengan asumsi kondisi kolam dalam keadaan kosong, dimana akan timbul reaksi keatas (*Upward*) dan kondisi kolam dalam keadaan isi.

- **Dasar Perhitungan Pelat Lantai Kolam Renang Lomba**

Berikut diagram alir untuk menghitung plat :



Gambar 6. Diagram alir untuk menghitung pelat

Menurut Ir. WC. Vis. Dan Ir.Gideon H.Kusuma M.Eng (1994: 76)

1. Syarat-syarat Batas

Syarat-syarat tumpuan tepi menentukan jenis perletakan dan jenis penghubung di tempat tumpuan. jenis-jenis perletakan berdasarkan syarat-syarat tumpuan adalah sebagai berikut :

- Bila pelat dapat berotasi bebas pada tumpuan, maka pelat itu dikatakan 'ditumpu bebas' misalnya sebuah pelat tertumpu oleh tembok bata.

- Bila tumpuan mencegah pelat berotasi dan relatif sangat kaku terhadap momen puntir maka pelat itu terjepit penuh. Dimana pelat itu merupakan satu kesatuan monolit dengan balok penumpunya.
- Bila balok tepi tidak cukup kuat untuk mencegah rotasi sama sekali, maka pelat tersebut terjepit sebagian (terjepit elastis).

2. Bentang Teoritis

Dalam perencanaan pelat beton bertulang yang digunakan dalam perhitungan adalah bentang teoritis, yaitu bentang bersih L antara kedua bidang permukaan tumpuan ditambah dengan setengah perletakan disetiap ujungnya.

Panjang bentang teoritis tergantung pada lebar balok atau dinding pendukung. Bila lebar perletakan hampir mendekati atau kurang dari dua kali tebal keseluruhan pelat maka bentang teoritis dianggap sama dengan jarak antara pusat ke pusat balok-balok atau dinding. Sedangkan bila balok atau dinding lebih dari dua kali tebal pelat, maka bentang teoritis dianggap $L = L + 100 \text{ mm}$.

3. Tebal Pelat Lantai

Tebal pelat dihitung berdasarkan SK-SNI-T15-1991-03 Pasal 3.2.5 Point 3.3, yaitu pada konstruksi dua arah non pratekan tebal pelat dengan balok (dinding) yang menumpu pada keempat sisinya. Dengan tebal minimum (d) = $1/24 \times$ Bentang terpendek atau tinggi dinding.

4. Pembebanan

Beban-beban yang diperhitungkan pada pembebanan pelat terdiri dari beban mati (DL) dan beban hidup (LL). Beban mati terdiri dari berat sendiri pelat, berat dinding, berat saluran air, beban air kolam sedangkan beban hidup pada lantai disesuaikan dengan fungsi bangunan tersebut.

Dalam SK-SNI-T-15-1991-03 pasal 3.2.2, besar kuat perlu untk menahan beban mati dan beban hidup yang dipikul oleh struktur adalah :

$$WD = 1,2 WDL + 1,6 WLL.$$

Dalam perhitungan pelat lantai kolam renang lomba, beban-beban yang diperhitungkan adalah beban dinding, beban saluran air, beban air kolam beban sloof dan beban pelat lantai kolam selain itu juga diperhitungkan juga tekanan air keatas (*Upward*) untuk kolam dalam keadaan kosong adalah $U_p = \delta_w \times h$ dimana δ_w adalah berat jenis air dan h adalah tinggi beban air tanah.

5. Momen yang menentukan

➤ Perhitungan momen lapangan dan momen tumpuan pada sistem pelat satu arah berdasarkan ketentuan SK-SNI-T-15-1991-03 pasal 3.1.3 (3) atau yang dituangkan dalam tabel 4.1 Koefisien Momen Buku Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang Seri Beton Jilid 4 (Gideon&W.C. Vis). Koefisien-koefisien momen tersebut dikalikan dengan kuat perlu (WD) dan bentang bersih dikuadratkan, $M_u = C.WD.Ln^2$.

➤ Perhitungan momen lapangan dan momen tumpuan pada sistem pelat dua arah. Pelat dua arah yang ditumpu pada keempat tepinya adalah struktur statis tak tentu. Momen lentur yang bekerja pada jalur selebar 1 meter, masing-masing pada arah-x dan pada arah-y :

M_{lx} adalah momen lapangan maksimum per meter lebar di arah-x

M_{ly} adalah momen lapangan maksimum per meter lebar di arah-y

M_{tx} adalah momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah-x

M_{ty} adalah momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah-y

Dengan tinggi efektif masing-masing adalah sebagai berikut :

- Tinggi efektif d dalam arah x adalah :

$$d_x = h - p - 1/2 \cdot \phi_{tul}$$

dimana : h = Tebal pelat

P = Selimut beton

- Tinggi efektif d dalam arah y adalah : $d_y = h - p - \phi_{tul} - 1/2 \cdot \phi_{tul}$

6. Tulangan yang diperlukan

Beton bertulang direncanakan untuk gejala keruntuhan secara perlahan dan bertahap. Hal tersebut dimungkinkan apabila tulangan beton terlebih dahulu meleleh sebelum regangan beton mencapai maksimum (*Under-reinforced*).

Dengan dasar perencanaan tersebut, SK-SNI-T-15-1991-3 pasal 3.3.3 membatasi jumlah tulangan tersebut berkaitan dengan rasio penulangan (ρ), sedangkan arti rasio penulangan adalah perbandingan antara jumlah luas penampang tulangan baja tarik terhadap luas efektif Penampang $\rho = \frac{A_s}{b.d}$.

Pembatasan dimaksud dalam SK-SNI-T-15-1991-03 pasal 3.3.3 adalah rasio penulangan maksimum yang diijinkan, dibatas sebesar 0,75 kali dari rasio penulangan keadaan seimbang (ρ_b), $\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b$, sedangkan rasio tulangan seimbang (ρ_b), menurut SK-SNI-T-15-1991-03 pasal 3.1.4 (3)

adalah sebesar $\rho_b = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_c' \cdot 600}{f_y \cdot (600 + f_y)}$, dan rasio penulangan minimum

menurut SK-SNI-T-15-1991-03 pasal 3.3.5 (1) adalah sebesar $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$.

Syarat rasio penulangan beton bertulang harus memenuhi ketentuan sebagai berikut : $\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{maks}$, jika $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ yang diambil adalah ρ_{min} .

Struktur harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu, yang dihitung berdasarkan kombinasi beban gaya terfaktor. persyaratan tersebut disederhanakan menjadi sebagai berikut : $M_u = \phi \cdot M_n$, Dimana $M_n = A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2)$, sedangkan

$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$. Untuk mencari rasio penulangan (ρ) yang akan menentukan

luas tulangan dari satu penampang beton bertulang dapat digunakan

rumus $\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2M_n}{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot d^2}} \right)$. Luas tulangan yang diperlukan

adalah $A_s = \rho \cdot b \cdot d$, dan jarak tulangan yang diperlukan sebesar

$S_{perlu} = \frac{\pi / 4 \cdot D_{tul}^2 \cdot b}{A_{sl}}$ dan jarak tulangan maksimum adalah $S_{max} = 3 \cdot h$ (SK-SNI-

T-15-1991-03 pasal 3.16.6)

Kontrol kekuatan plat :

Kekuatan plat harus memenuhi syarat : $\phi \cdot M_n > M_u$ dan $A_s > A_{s_{min}}$

dimana :

$$M_n = A_s \cdot f_y (d - a/2)$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$A_{s_{min}} = 0,002 b \cdot h$$

7. Memilih Tulangan

Setelah diperoleh luas tulangan yang diperlukan, maka selanjutnya adalah menentukan diameter tulangan dan jarak tulangan yang dipakai yang memenuhi luas tulangan perlu. Untuk membantu penetapan tulangan pokok dapat menggunakan tabel 2.2 buku seri Beton 4 (Grafik dan tabel Perhitungan beton bertulang SK-SNI-T-15-1991-03).

3). Dasar Perencanaan dan Perhitungan Joint Dinding dan Pelat Lantai Kolam Renang Lomba

Dalam perencanaan dan perhitungan pada joint dinding dan pelat lantai kolam renang lomba dianggap sebagai *beam coloum joint* dengan mengambil gaya geser yang terbesar yang terjadi pada joint dari hasil analisa SAP2000 V7.42 dan setelah itu di kontrol tegangan geser horizontal minimal menurut SKSNI 3.14.5-1.2 adalah

$$V_h = \frac{V_{maks}}{b \cdot h} < 1,5 \sqrt{f_c'}$$

Untuk Penulangan geser horizontal juga diambil dari hasil analisa SAP2000

V7.42 dan $\frac{N_{maks}}{b \cdot h} > 0,1 f_c'$, sedangkan V_{renc} dihitung menurut SKSNI 3.14.6-1.4

$V_{renc} = 2/3 \sqrt{\{(N/b \cdot h) - 0,1 \cdot f_c'\} b \cdot h}$ dan $V_{sh} + V_{renc} = V_{maks}$, maka didapat luas

tulangan yang diperlukan $A_s = \frac{V_s}{f_y}$, untuk penulangan geser vertikal dihitung

menurut SKSNI 3.14.6-1.6, yaitu $V_v = V_{maks}/A_s (0,6 + N/b \cdot h \cdot f_c')$ dan

$V_{sv} = V_{maks} - V_v$, maka didapat luas tulangan yang diperlukan $A_v = \frac{V_{sv}}{f_y}$.

4). Dasar Perencanaan dan Perhitungan Pondasi

- **Tinjauan Sifat-Sifat Mekanis dan Daya Dukung Tanah**

Dalam rangka pengembangan fasilitas olah raga renang khususnya pembangunan kolam renang lomba, maka haruslah dilakukan penyelidikan geoteknik baik dilapangan maupun di laboratorium.

Maksud dan tujuan dari penyelidikan geoteknik ini adalah untuk memperoleh profil lapisan tanah dan parameternya, sedangkan tujuannya adalah agar dapat direncanakan pondasi dari struktur bangunan kolam renang lomba yang efektif dan efisien. Penyelidikan geoteknik ini terdiri dari penyelidikan lapangan dan pengujian di laboratorium, dimana masing-masing terdiri dari kegiatan-kegiatan sebagai berikut :

1. Pekerjaan lapangan

- Penyondiran sampai kedalaman tanah keras, yaitu q_c lebih besar 200 kg/cm^2 .
- Bor mesin sebanyak 1 (satu) titik yang disertai dengan *Standard Penetration Test* (SPT) pada setiap interval kedalaman 2 meter, kedalaman maksimum pemboran sampai -25.25 meter.
- Pengambilan contoh tanah tak terganggu (UDS).

2. Pengujian laboratorium

- Pengujian pada satu contoh tanah undisturbed.
- Index Property Test yang terdiri dari kadar air, berat jenis, berat isi, Atteberg Limit Test dan Grain Size Anlisis.
- Mechanical Property Test yang terdiri dari pengujian Consolidation test, Triaxial UU Compression test.

1. Tata cara pelaksanaan

- Sondir

Pemeriksaan dilakukan dengan memakai *Dutch Cone Penetration Test* (DCPT) menengah (2 ton) yang dilengkapi dengan *biconus* tipe Begemann. Pembacaan manometer dilakukan setiap interval 20 cm, dimana dibaca sebesar-besarnya tekanan konus dan tekanan konus pelekat. Kecepatan penetrasi adalah sebesar 1-2 cm/detik, sesuai dengan manual pemeriksaan tanah yang dimulai dari muka tanah setempat dan dihentikan pada saat tekanan konus telah mencapai nilai lebih besar dari 200 kg/cm².

- Bor Mesin

Pemboran dilakukan menggunakan alat bor mesin semi automatic dari tipe Acker dan pompa sirkulasi dari tipe Dopleng 3 Piston. Pada setiap interval kedalaman –2.00 m dilakukan pengukuran nilai N-SPT, dan deskripsi pelapisan tanah yang diamati melalui hasil *cutting* pemboran.

- Pengujian

Terhadap contoh *undisturbed* yang diambil dari pemboran, dilakukan pemeriksaan laboratorium untuk menentukan karakteristik fisik dan mekanika tanah. Pemeriksaan dilakukan sesuai dengan prosedur ASTM atau AASHTO yang meliputi test-test sebagai berikut:

- Specific Gravity
- Berat Volume
- Kadar Air Asli
- Derajat kejenuhan
- Angka Pori
- Batas Atteberg
- Analisa Pembagian Butir
- Unconfined
- Geser Langsung
- Konsolidasi

Pengklarifikasian tanah berdasarkan *Unified Soil Clasification*.

2. Alternatif Pemilihan Pondasi

A. Dasar-Dasar Penentuan

➤ Pondasi Dangkal

Cohesioniess Soil

Grafik Meyerhof untuk settlement < 25 m dengan perkiraan $q_c = 4N$

Cohesive Soil

Nilai *Cohesion* (C_u)

- *Normally Consolidated Clay* ($q_c < 20 \text{ kg/cm}^2$)

$$\frac{q_c}{18} < C_u < \frac{q_c}{15}$$

- *Over Consolidated Clays* ($q_c > 20 \text{ kg/cm}^2$)

$$\frac{q_c}{22} \ll C_u < \frac{q_c}{26}$$

Nilai q_{ult} dan q_{alv} (diper permukaan tanah)

$q_{ult} = 5.7 C_u \longrightarrow$ Pondasi menerus

$q_{ult} = 6.8 C_u \longrightarrow$ Pondasi setempat persegi/lingkaran

$$q_{ult} = \frac{q_{ult}}{FK}, \text{ dengan } FK = 3$$

Catatan : Nilai q_{ult} harus di periksa terhadap besarnya settlement yang diizinkan

Settlement

$$\Delta h = h \times \Delta \alpha \times M_v, \text{ Dimana } M_v = \frac{1}{\alpha \times q_c}$$

➤ **Pondasi Dalam**

a. Pondasi Sumuran

$$Q_{alv} = \alpha \text{ ijin} \times A$$

Dimana :

Q_{alv} = Data dukung ijin sumuran (ton)

A = Luas penampang sumuran (m^2)

α = Tegangan ijin tanah batuan (ton/m^2)

Batuan lembek 40-80 t/m^2

Batuan sedang 80-160 t/m^2

Batuan keras 160-500 t/m^2

b. Pondasi Tiang

$$Q_{alv} = \frac{q_c \times A}{FK_1} + \frac{JHP \times O}{FK_2}$$

Dimana :

- Q alv = Daya dukung ijin tiang (ton)
A = Luas penampang sumuran (m^2)
Qc = Tekanan ujung konus (ton/ m^2)
JHP = Jumlah hambatan pelekot (ton/m)
O = Keliling penampang tiang (m)
FK₁&FK₂ = Faktor-faktor keamanan

Untuk Tiang Strauss FK₁ = 5 & FK₂ = 9

Untuk Yiang Pancang FK₁ = 3 & FK₂ = 5

3. Hasil-hasil Penentuan Daya Dukung

Untuk mendukung beban-beban yang cukup kuat berat (>50 ton), dapat dipergunakan pondasi dalam yang merupakan pondasi tiang bor atau pondasi tiang pancang. Kedalaman tiang sebaiknya sampai lapisan tanah yang benar-benar keras yaitu sekitar -16.00 m s/d -19.60 m (di S₁, S₂, S₃, S₄ dan S₆) atau sekitar -7.60 m s/d -8.40 m (di S₅, S₇ dan BM-1).

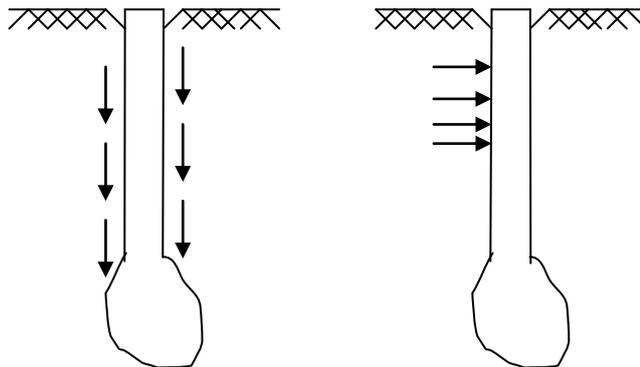
4. Rekomendasi

Untuk perencanaan Kolam Renang Lomba dapat diambil parameter-parameter lapisan tanah sampai sekitar kedalaman-6.00 m sebagai berikut :

- Jenis tanah : Lempung kelanauan
- Konsistensi : Lunak hingga sedang, Parameter-parameter tanah (dapat dilihat hasil laboratorium) dan evaluasi daya dukung pondasi dihitung dari muka tanah setempat pada masing-masing titik penyelidikan.

5). Dasar Perencanaan Pondasi

Pondasi tiang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan jalan menyerap lenturan. Pada pondasi tiang, umumnya gaya longitudinal dan gaya orthogonal terhadap batang dan momen lentur yang bekerja pada ujung tiang, seperti gaya luar yang bekerja pada keliling tiang selain dari kepala tiang seperti seperti yang diperlihatkan dalam gambar di bawah ini :



Gambar 7. Gaya yang bekerja pada tubuh tiang

Pondasi tiang harus direncanakan sedemikian rupa sehingga daya dukung tanah pondasi, tegangan pada tiang dan pergeseran kepala tiang akan lebih kecil dari batas-batas yang diizinkan. Gaya luar yang bekerja pada kepala tiang adalah berat sendiri bangunan di atasnya, beban hidup, tekanan tanah, dan tekanan air dan gaya luar yang bekerja langsung pada tubuh tiang seperti yang diperlihatkan gambar III.7 adalah berat sendiri tiang dan gaya gesekan negatif pada tubuh tiang dalam arah vertikal dan gaya mendatar akibat getaran ketika tiang tersebut melentur dalam arah mendatar. Sebaliknya, bagi beban yang disalurkan dari tiang pondasi ke tanah pondasi, sama sekali tidak menimbulkan masalah, bila beban untuk kedua arah, yaitu vertikal dan horizontal diperhitungkan. Dalam hal ini umumnya perencanaan dibuat berdasarkan anggapan bahwa beban-beban tersebut semuanya didukung oleh tiang.

Pada waktu melakukan perencanaan, umumnya diperkirakan pengaturan tiangnya terlebih dahulu. Dalam hal ini, jarak minimum untuk tiang biasanya diambil 2,5 kali dari diameter tiang. Waktu menentukan susunan tiang ini dibuat seperti yang telah disebutkan diatas, agar mampu menahan beban tetap selama mungkin, hal ini juga berguna untuk mencegah perbedaan penurunan yang tidak terduga.

Perencanaan pondasi tiang biasanya dilaksanakan sesuai dengan prosedur seperti berikut :

1. Setelah dilakukan pemeriksaan tanah dibawah permukaan, penyelidikan di sekelilingnya dan penyelidikan terhadap bangunan disekitar letak pondasi tiang, maka diameter, jenis dan panjang tiang dapat diperkirakan.

Dalam hal ini, kondisi konstruksi tiang merupakan faktor terpenting dalam menentukan jenis tiang. Panjang tiang dengan mudah dapat diperkirakan dari hasil penyelidikan tanah dari log bor.

2. Kemudian dihitung daya dukung tanah (*bearing capacity*) yang diizinkan untuk satu tiang. Bagi kondisi pembebanan, daya dukung seyogyanya diperiksa untuk peristiwa biasa maupun pada waktu gempa, tetapi bagi daerah yang bebas gempa, pemeriksaan pada waktu gempa ini tidak diperlukan. Perlu ditambahkan bahwa daya dukung yang diizinkan bisa didapat dengan memperhatikan ketiga macam arah gaya tekan atau gaya tarik tiang pada arah tegak dan arah mendatar.
3. Bila daya dukung yang diizinkan untuk satu tiang sudah diperkirakan, maka daya dukung yang diizinkan untuk seluruh tiang harus diperiksa. Nilai akhir akibat gabungan tiang ini atau gaya gesekan dinding tiang merupakan daya dukung yang diizinkan untuk pondasi tiang.
4. Berikutnya, dihitung reaksi yang didistribusikan kesetiap kepala tiang. Juga ditetapkan banyaknya tiang secara tepat. Berdasarkan pada susunan dan jumlah tiang yang diperkirakan semula, beban-beban yang bekerja pada masing-masing tiang dapat dihitung dan kemudian dapat diperiksa apakah beban ini masuk dalam batas daya dukung yang diperkenankan. Bila hasilnya melampaui daya dukung yang diizinkan, perkiraan tentang diameter, jumlah tiang dan susunan tiang harus diganti, juga mengenai tumpuan yang diperkirakan.
5. Setelah beban pada kepala tiang dihitung, pembagian momen lentur atau gaya geser pada tiang dalam arah vertikal dapat dicari, lalu pengecekan yang lebih mendetail pada bagian-bagian tiang dapat dilakukan. Karena jenis dan diameter tiang telah ditentukan sebelumnya, bagi tiang yang terbuat dari beton, yang perlu dihitung adalah banyaknya beton dan tulangan yang diperlukan. Dalam hal ini, bila diameter atau jenis tiang yang diperkirakan ternyata tidak memenuhi harga yang diperkenankan, anggapan tentang jenis dan diameter tiang yang diperkirakan harus diubah dan dihitung kembali.

6. Jika detail perencanaan tubuh tiang telah selesai, tumpuan harus diperiksa berdasarkan reaksi pada kepala tiang.
7. Hal-hal yang berkenaan dengan bangunan yang khusus, misalnya pengerjaan kepala tiang atau pemakaian alat penghubung dapat ditentukan selanjutnya.

6). Dasar perencanaan dan Perhitungan Pondasi Bored Pile

- **Dasar–dasar teori yang menjadi landasan penggunaan konstruksi bored pile adalah sebagai berikut :**

Apabila lapisan tanah keras yang mempunyai daya dukung besar kepadatan sangat dalam dari permukaan tanah dan keadaan disekitar tanah bangunan sudah banyak berdiri bangunan-bangunan hingga dikhawatirkan dapat menimbulkan retak-retak pada bangunan yang sudah ada, akibat getaran-getaran yang ditimbulkan oleh pekerjaan pemancangan pada pondasi tiang pancang, maka untuk mengatasi kemungkinan-kemungkinan seperti tersebut diatas dapat dipakai macam pondasi bored pile.

Pada prinsipnya konstruksi pondasi bored pile adalah sama dengan konstruksi pondasi tiang straus. Perbedaan pokok adalah pondasi tiang straus tanah dasar yang kokoh terdapat tidak begitu dalam (kurang lebih 3,50 m), sedang pada pondasi bored pile, tanah dasar yang kokoh yang mempunyai daya dukung besar kepadatan sangat dalam (kurang lebih 15 m), hingga pipa besi yang dipakai sebagai pembantu pelaksanaan pekerjaan tiang straus, untuk pondasi bored pile tetap tertanam dalam tanah sebagai bekisting (cetakan) beton cor. Mengingat dalam pondasi maka pipa besi harus disambung-sambung satu dengan yang lain hingga kalau akan diambil keluar dari dalam tanah seperti pada pondasi tiang straus, kecuali berat juga sukar, karenanya pipa besi pada pondasi bored pile tidak diangkat ke luar, tetapi biar tetap tertanam dalam tanah ini berarti juga menambah kemampuan daya dukung pada tiang beton dari macam pondasi bored pile.

Biasanya garis tengah dalam pipa besi pada pondasi bored pile diambil 30 cm dan telapak kaki pada ujung bawah tiang yang berdiri dari campuran beton kering yang ditumbuk hingga membentuk bulatan seperti pada pondasi tiang straus dapat diharapkan mencapai garis tengah 50 cm, ini berarti bahwa apabila σ tanah 10 kg/cm^2 tiap tiang dapat mendukung beban sebesar : $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 50^2 \text{ cm}^2 \times 10 \text{ kg/cm}^2 = 20000 \text{ kg}$.

- **Dasar-dasar perhitungan**

Pondasi bored pile adalah pondasi tiang beton yang di cor ditempat. Besarnya irisan keliling \emptyset 20-25-30 cm, penulanganya terdiri dari tulangan pokok dan tulangan spiral.

1. Perhitungan Tekanan Ujung Konus

Perhitungan daya dukung ujung pondasi tiang dilakukan menurut cara Beegeman, yaitu perlawanan ujung sondir diambil $8d$ diatas ujung tiang, dan $0,7d-4d$ dibawah ujung tiang (d =diameter tiang).

Perlawanan ujung konus menurut cara *Beegeman* :

$$q_c = \frac{q_{c1} + q_{c2}}{2}$$

dimana :

q_{c1} : Nilai rata-rata perlawanan ujung konus pada kedalaman $8 D$ tiang dari

ujung tiang keatas.

q_{c2} : Nilai rata-rata perlawanan ujung konus pada kedalaman $4 D$ tiang dari ujung tiang kebawah.

2. Jumlah hambatan pelekak

Dihitung berdasarkan grafik data sondir tanah. Nilai jumlah hambatan pelekak pada kedalaman (L), adalah :

$q_f = C_u \cdot L$ Dimana : C_u = Hambatan total dan L = Kedalaman

3. Kapasitas daya dukung tiang

Dalam perhitungan kapasitas daya dukung tiang digunakan metoda sederhana, metoda ini dipakai untuk kondisi dimana tiang sampai lapisan tanah keras melalui tanah lempung.

Ketentuan perencanaan :

- Berdasarkan data sondir kedalaman perencanaan pondasi bored pile di pakai pada kedalaman 12 meter dengan jenis tanah lempung kelanauan.
- Penampang tiang direncanakan bulat pada dengan diameter 30 cm.
- Mutu beton digunakan $f_c' = 25$ Mpa
- Mutu baja yang digunakan $f_y = 320$ Mpa

Daya dukung tiang yang diperhitungkan berdasarkan pada tahanan ujung (*End bearing pile*), maupun berdasarkan friksi (*Friction pile*). karena menggunakan korelasi langsung dari hasil pengukuran uji sondir dengan faktor keamanan 3 untuk daya dukung ujung dan 5 untuk daya dukung selimut.

$$Q_{alv} = \frac{q_c \times A}{FK_1} + \frac{JHP \times O}{FK_2}$$

dimana :

Q_{alv} = Daya dukung ijin tiang (ton)

A = Luas penampang sumuran (m^2)

q_c = Tekanan ujung konus hasil data sondir tanah (ton/ m^2)

JHP = Jumlah hambatan pelekat (ton/m)

O = Keliling penampang tiang (m)

FK_1 & FK_2 = Faktor-faktor keamanan

Untuk Tiang Strauss $FK_1 = 5$ & $FK_2 = 9$

Untuk Yiang Pancang $FK_1 = 3$ & $FK_2 = 5$

Maka jumlah tiang yang diperlukan = $\frac{W_t}{Q_{alv}}$

4. Pembebanan

Beban-beban yang diperhitungkan pada perhitungan pondasi terdiri dari beban dinding, beban saluran air, beban air kolam, beban sloof, beban poer dan berat sendiri pondasi atau diambil dari hasil output program SAP2000 berupa reaksi perletakan yaitu gaya horizontal ataupun momen.

5. Tulangan yang diperlukan

Menurut Pr. Soedibyo dan Drs. Soeratman (1981: 31) penulangan pada Bored Pile, diambil $A_{s_{min}} = 1,25\%.A$ dengan luas tulangan pondasi minimum ($A = 1,25\%.1/4.\pi.d^2$) dan luas tulangan (AS) = $1/4.\pi.d^2$ serta luas tulangan yang diperlukan (Sperlu) = $\frac{AS_{min}}{AS}$, sedangkan untuk

tulangan geser direncanakan menurut Ir.Suyono (2000: 125) $A_s = \frac{H}{2\sigma_{sa}}$ dan

$$A_{str} = A_s - A_{st}$$

6. Memilih tulangan

Setelah diperoleh luas tulangan yang diperlukan, maka selanjutnya adalah menentukan diameter tulangan dan jarak tulangan yang dipakai yang memenuhi luas tulangan perlu. Untuk membantu penetapan tulangan pokok dapat menggunakan tabel 2.2 buku seri Beton 4 (Grafk dan tabel Perhitungan beton bertulang SK-SNI-T-15-1991-03).

7. Kontrol tiang yang dicor ditempat

Kontrol terhadap beban maksimum yang diterima tiang

Jarak pusat berat tiang ke tepi poer = b

$$P_{maks} = \frac{\sum Vu}{n} + \left(\frac{Mu}{\sum x^2} \right) \cdot X < Pa$$

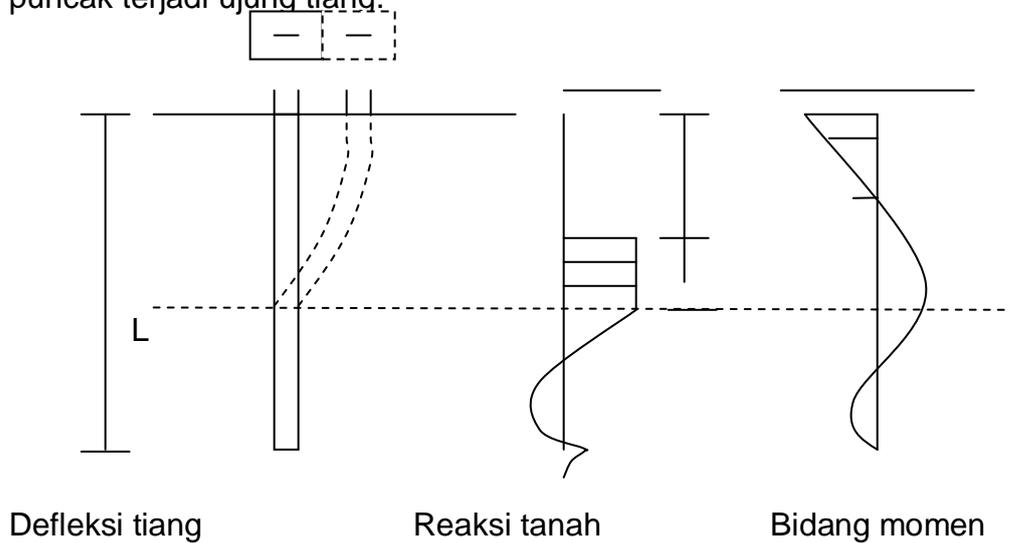
Kontrol tiang terhadap gaya horizontal

Panjang tiang (L)

Diameter tiang (d)

$L/d > 12$, Termasuk tiang panjang diujung terjepit karena tiang tertanam poer.

Pada konstruksi ini diseluruh panjang tiang tidak mengalami defleksi seperti pada tiang pendek, defleksi terjadi sepanjang $f+1,5d$ dan M_y sehingga momen puncak terjadi ujung tiang.



Gambar 8.

Dari hasil perhitungan sebelumnya diperoleh C_u

$$F = HA / (9 \cdot C_u \cdot d)$$

Dimana : F = luas bidang dasar pondasi

C_u = Jumlah hambatan total

d = diameter tiang

Mencari letak posisi garis netral (x)

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

Dimana : n = angka ekuivalen

E_s = modulus elastisitas baja

E_c = modulus elastisitas beton

$$d_x = D - p$$

d_x = jarak penempatan tulangan

$$X = \frac{2n}{D} Fe + \frac{2n}{D} \sqrt{Fe^2 + \frac{D}{2n} \cdot Fe \cdot d_x}$$

Dimana :

X = letak posisi garis netral

D = diameter pondasi

P = Selimut beton

Fe = luas tulangan

Maka besarnya eksentrisitas pada tiang :

$$e = \frac{1}{2} d_x - X$$

Gaya normal yang diterima oleh satu tiang adalah : $N = \frac{\sum W_t}{n}$

Sehingga momen yang terjadi pada tiang adalah : $M_u = e.N$

Gaya horizontal yang diijinkan, $H_A = 2.M_u / (1,5d + 0,5f)$

Maka nilai kapasitas dukung tiang terhadap gaya horizontal adalah :

$Ph_a = H_A / S_f$ Diambil S_f (*safety factor*) = 5 (untuk Bored Pile)

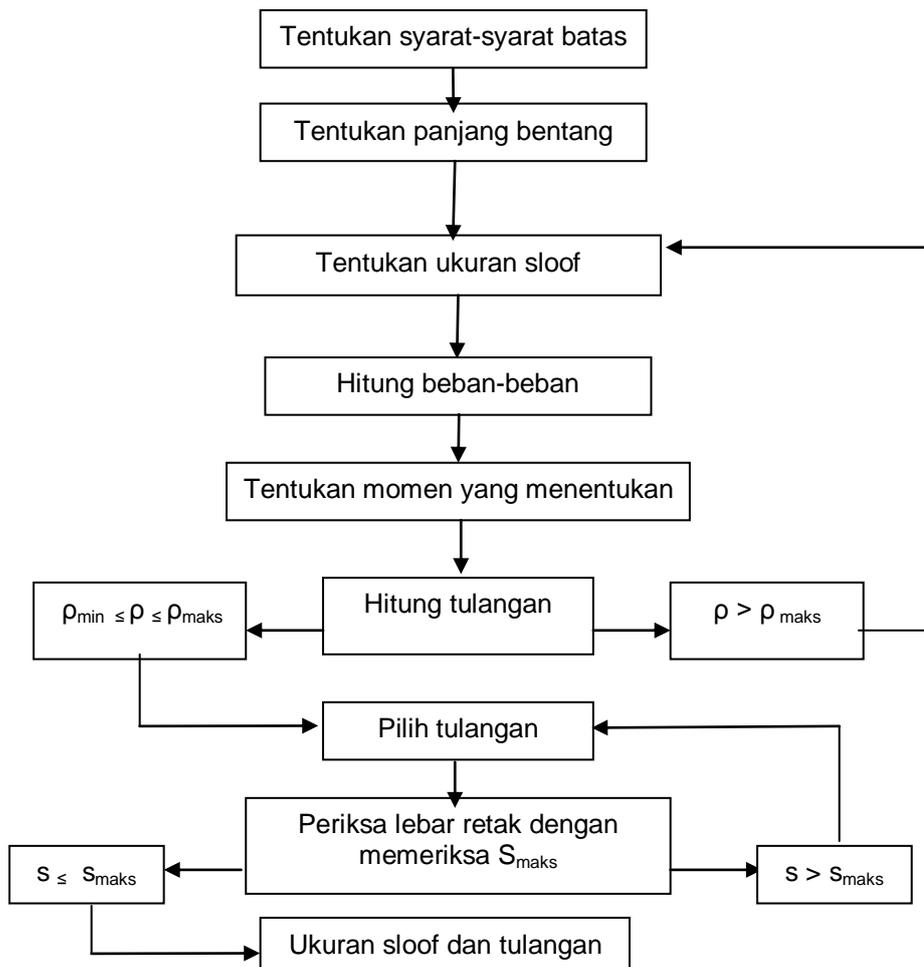
Gaya horizontal yang dipikul oleh satu tiang adalah : $H_t = H_A / n$

Kontrol : $H_t < Ph_a$OK

6). Dasar Perencanaan dan Perhitungan Sloof

Dalam perencanaan kolam lomba ini beban yang di perhitungkan adalah beban dinding, beban saluran air, beban air kolam, berat sendiri sloof dan beban pelat lantai kolam.

Berikut diagram alir untuk menghitung tulangan sloof



Gambar 9. Diagram alir untuk menghitung balok sloof

1. Syarat-Syarat Batas

Pada perencanaan tulangan sloof diambil disamping beban-beban pada sloof ternyata ukuran dan syarat-syarat tumpuan pun perlu diketahui juga. Tumpuan akan dianggap kaku, yaitu tidak dapat berdeformasi, sehingga hanya tiga syarat-syarat tumpuan yang dipertimbangkan yaitu tumpuan bebas, tumpuan terjepit penuh dan tumpuan terjepit sebagian. Sloof sederhana yang ditumpu bebas dapat mengalami perputaran sudut pada perletakan. Sloof dikatakan terjepit penuh bila terdapat jepitan penuh, sehingga rotasi tidak mungkin terjadi.

Tumpuan terjepit sebagian adalah suatu keadaan diantara dua situasi tersebut yang memungkinkan tumpuan ini sedikit berotasi. Bila sebuah sloof secara teoritis dianggap tertumpu bebas, tetapi jenis ini memungkinkan terjadinya jepitan tak terduga, maka harus dipertimbangkan adanya momen jepit tak terduga. Momen jepit tak terduga membutuhkan tulangan dan besar momen tersebut selalu dianggap sepertiga dari momen lentur yang bekerja pada bentang batasan.

2. Bentang Teoritis

Seperti halnya konstruksi pelat, pada sloof berlaku pula panjang bentang teoritis l harus dianggap sama bentang bersih L ditambah dengan setengah bentang panjang perletakan yang telah ditetapkan. Andaikan sloof menyatu dengan pendukung, maka sesuai dengan SKSNI T15-1991-03 Pasal 3.1.7.2 untuk bentang teoritis ditentukan sesuai jarak pusat ke pusat antara pendukung. Bila sloof tidak menyatu dengan pendukung yang ada, maka menurut SKSNI T15-1991-03 Pasal 3.1.7.1 untuk bentang teoritis harus ditentukan sebagai bentang bersih L ditambah dengan tinggi sloof. Untuk menentukan atau memperkirakan dimensi sloof mengacu pada dimensi pondasi yang dipakai dalam perencanaan, selain itu pula beban-beban yang bekerja pada sloof serta momen yang terjadi baik momen lapangan maupun momen tumpuan dan gaya geser yang terjadi.

3. Pembebanan

Beban-beban yang diperhitungkan pada pembebanan sloof terdiri dari berat sendiri sloof, berat dinding, berat saluran air, berat air kolam, berat pelat lantai kolam.

4. Momen yang menentukan

Distribusi gaya-gaya dalam sloof yang ditumpu pada beberapa perletakan dapat dihitung dengan teori elastisitas linier. Momen yang menentukan dapat ditentukan menurut SKSNI T15-1991-03 Pasal 3.1.3 yaitu momen ultimate

negatif (lapangan) $M_u = -\frac{W.l^2}{12}$ dan momen ultimate positif (tumpuan)

$$M_u = \frac{W.l^2}{24}$$

5. Tulangan yang diperlukan

Beton bertulang direncanakan untuk runtuh secara perlahan dan bertahap. Hal tersebut dimungkinkan apabila tulangan beton terlebih dahulu meleleh sebelum regangan beton mencapai maksimum (*Under-reinforced*). Dengan dasar perencanaan tersebut, SK-SNI-T-15-1991-3 pasal 3.3.3 membatasi jumlah tulangan tersebut berkaitan dengan ratio penulangan (ρ), sedangkan arti rasio penulangan adalah perbandingan antara jumlah luas penampang

tulangan baja tarik terhadap luas efektif Penampang $\rho = \frac{A_s}{b.d}$. Pembatasan

dimaksud dalam SK-SNI-T-15-1991-03 pasal 3.3.3 adalah rasio penulangan maksimum yang diijinkan, dibatas sebesar 0,75 kali dari rasio penulangan keadaan seimbang (ρ_b), $\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b$, sedangkan rasio tulangan seimbang (ρ_b). Menurut SK-SNI-T-15-1991-03 pasal 3.1.4 (3) adalah

sebesar $\rho_b = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \left(\frac{f_c' \cdot 600}{f_y \cdot (600 + f_y)} \right)$ dan rasio penulangan minimum menurut

SK-SNI-T-15-1991-03 pasal 3.3.5 (1) adalah sebesar $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$. Syarat rasio

penulangan beton bertulang harus memenuhi ketentuan sebagai berikut : ρ_{min}

$< \rho_{perlu} < \rho_{maks}$, jika $\rho < \rho_{min}$, maka ρ yang diambil adalah ρ_{min} . Struktur harus

direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu, yang dihitung berdasarkan kombinasi beban gaya terfaktor.

Persyaratan tersebut disederhanakan menjadi sebagai berikut : $M_u = \phi \cdot M_n$,

Dimana $M_n = A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2)$, sedangkan $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$. Untuk mencari rasio

penulangan (ρ) yang akan menentukan luas tulangan dari satu penampang

beton bertulang dapat digunakan rumus $\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2M_n}{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot d^2}} \right)$.

Luas tulangan yang diperlukan adalah $A_s = \rho \cdot b \cdot d$, dan jarak tulangan yang

diperlukan sebesar $S_{perlu} = \frac{\pi / 4 \cdot D_{tul}^2 \cdot b}{A_s}$ dan jarak tulangan maksimum adalah

$S_{max} = 3 \cdot h$ (SK-SNI-T-15- 1991-03 pasal 3.16.6)

Kontrol kekuatan plat :

Kekuatan plat harus memenuhi syarat : $\phi \cdot M_n > M_u$ dan $A_s > A_{smin}$

Dimana :

$M_n = A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2)$

$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$ $A_{smin} = 0,002 \cdot b \cdot h$

6. Memilih Tulangan

Setelah diperoleh luas tulangan yang diperlukan, maka selanjutnya adalah menentukan diameter tulangan dan jarak tulangan yang dipakai yang memenuhi luas tulangan perlu. Untuk membantu penetapan tulangan pokok dapat menggunakan tabel 2.2 buku seri Beton 4 (Grafik dan tabel Perhitungan beton bertulang SKSNI-T-15-1991-03).

7. Perencanaan Tulangan Geser

Dalam merencanakan tulangan geser, ditentukan terlebih dahulu gaya geser ultimate, untuk mencari gaya geser ultimate adalah $V_u = \frac{W \cdot l}{2}$.

Dalam perencanaan tulangan geser, gaya geser rencana pada Penulangan geser didaerah sendi plastis adalah $V_u / \phi \leq V_c + V_s$, dimana untuk daerah

sendi plastis $V_c = 0$ dan $V_u/\phi = 0 + V_s$ maka didapat V_s dan untuk menentukan jarak tulangan yang diperlukan adalah $S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$.

Pada lokasi yang berpotensi sendi plastis, spasi maksimum tulangan geser tidak boleh melebihi nilai di halaman berikut (SKSNI 3.14.3-3.2)

$$\begin{aligned}
 & - \frac{d}{4} \\
 & - 8 \cdot \phi \cdot \text{tul. utama} \\
 & - 24 \cdot \phi \cdot \text{tul. sengkang} \\
 & - \frac{1600 \cdot f_y \cdot A_{s1}}{(A_{s1a} + A_{s1b}) \cdot f_y}
 \end{aligned}$$

Untuk Kontrol Kapasitas Geser :

$$\phi V_n > V_u, \phi = \phi \cdot V_s$$

$$\phi V_s > V_u$$

$$\phi V_s = \left(\phi \cdot A_v \cdot f_y \cdot \frac{d}{s} \right)$$

$$\phi V_s > V_u \dots \text{OK!}$$

Sedangkan Penulangan yang diluar sendi plastis gaya geser rencana direncanakan Pada jarak $2 \cdot h$ dari tumpuan ke tengah bentang

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$V_s = V_u/\phi \cdot V_c$ dan untuk menentukan jarak tulangan yang diperlukan

$$\text{adalah } S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

Pada daerah diluar sendi plastis, spasi maksimum tulangan geser tidak boleh melebihi nilai dibawah ini (SKSNI 3.4.5-4)

$$\begin{aligned}
 & - \frac{d}{2} \\
 & - 8 \cdot \phi \cdot \text{tul. utama} \\
 & - 24 \cdot \phi \cdot \text{tul. sengkang} \\
 & - \frac{1600 \cdot f_y \cdot A_{s1}}{(A_{s1a} + A_{s1b}) \cdot f_y}
 \end{aligned}$$

$$A_{v_{\min}} = \frac{bw.s}{3.f_y} < A_v \dots \text{OK!}$$

Kontrol Kapasitas Geser :

$$V_{SR} = \phi (V_s + V_c) > V_u \dots \text{OK!}$$

7). Dasar Perencanaan dan Perhitungan Poer

Perencanaan poer didasarkan pada beberapa pertimbangan diantaranya mutu beton, mutu baja yang digunakan, selimut beton yang dipakai, diameter tulangan yang digunakan dan dimensi pondasi serta sloof, yang merupakan penentu dimensi poer itu sendiri.

1. Pembebanan

Beban-beban yang diperhitungkan pada pembebanan poer terdiri dari beban dinding, beban saluran air, beban air kolam, beban sloof, beban sendiri poer dan beban pelat lantai.

2. Momen yang menentukan

Distribusi gaya-gaya dalam poer yang ditumpu pada perletakan jepit dan beban merata dihitung dengan teori elastisitas linier. Momen yang menentukan dapat ditentukan menurut SKSNI T15-1991-03 Pasal 3.1.3 yaitu momen ultimate

$$M_u = \frac{W.l^2}{2}$$

3. Tulangan yang diperlukan

Beton bertulang direncanakan untuk runtuh secara perlahan dan bertahap. Hal tersebut dimungkinkan apabila tulangan beton terlebih dahulu meleleh sebelum regangan beton mencapai maksimum (*Under-reinforced*). Dengan dasar perencanaan tersebut, SK-SNI-T-15-1991-3 pasal 3.3.3 membatasi jumlah tulangan tersebut berkaitan dengan ratio penulangan (ρ), sedangkan arti rasio penulangan adalah perbandingan antara jumlah luas penampang tulangan baja tarik terhadap luas efektif Penampang $\rho = \frac{A_s}{b.d}$. Pembatasan dimaksud dalam SK-SNI-T-15-1991-03 pasal 3.3.3 adalah rasio penulangan maksimum yang diijinkan, dibatas sebesar 0,75 kali dari rasio penulangan keadaan seimbang (ρ_b), $\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$, sedangkan rasio tulangan

seimbang (ρ_b). Menurut SK-SNI-T-15-1991-03 pasal 3.1.4 (3) adalah

sebesar $\rho_b = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f'_c \cdot 600}{f_y \cdot (600 + f_y)}$ dan rasio penulangan minimum menurut SK-

SNI-T-15-1991-03 pasal 3.3.5 (1) adalah sebesar $\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$. Syarat rasio

penulangan beton bertulang harus memenuhi ketentuan sebagai berikut : ρ_{\min}

$< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$, jika $\rho < \rho_{\min}$, maka ρ yang diambil adalah ρ_{\min} . Struktur harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu, yang dihitung berdasarkan kombinasi beban gaya terfaktor.

Persyaratan tersebut disederhanakan menjadi sebagai berikut : $M_u = \phi \cdot M_n$,

Dimana $M_n = A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2)$, sedangkan $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b}$. Untuk mencari rasio

penulangan (ρ) yang akan menentukan luas tulangan dari satu penampang

beton bertulang dapat digunakan rumus $\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2M_n}{0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot d^2}} \right)$.

Luas tulangan yang diperlukan adalah $A_s = \rho \cdot b \cdot d$, dan jarak tulangan yang

diperlukan sebesar $S_{\text{perlu}} = \frac{\pi / 4 \cdot D_{\text{tul}}^2 \cdot b}{A_{sl}}$ dan jarak tulangan maksimum adalah

$S_{\max} = 3 \cdot h$ (SK-SNI-T-15- 1991-03 pasal 3.16.6)

Kontrol kekuatan plat :

Kekuatan plat harus memenuhi syarat : $\phi \cdot M_n > M_u$ dan $A_s > A_{s\min}$

Dimana :

$M_n = A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2)$

$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b}$ $A_{s\min} = 0,002 \cdot b \cdot h$

4. Memilih Tulangan

Setelah diperoleh luas tulangan yang diperlukan, maka selanjutnya adalah menentukan diameter tulangan dan jarak tulangan yang dipakai yang memenuhi luas tulangan perlu. Untuk membantu penetapan tulangan pokok

dapat menggunakan tabel 2.2 buku seri Beton 4 (Grafik dan tabel Perhitungan beton bertulang SKSNI-T-15-1991-03).

8). Dasar Perencanaan Akibat Gaya Gempa

Dasar perencanaan akibat gaya gempa ini di hitung berdasarkan perencanaan bangunan air tahan gempa. Berdasarkan hasil laboratorium jenis tanah untuk perencanaan kolam lomba adalah lempung kelanauan dengan konsistensi lunak hingga sedang (aluvial), maka berdasarkan peta percepatan gempa, peta zona seismik dan kriteria perencanaan bangunan air tahan gempa, maka nilai percepatan gempa dapat dihitung dengan persamaan :

$$ad = b_1 \times (a_c + z)^{b_2}, \text{ Dimana:}$$

ad = Percepatan gempa desain (cm/det)

b_1 dan b_2 = Koefisien tanah batuan

a_c = Percepatan gempa dasar

Sedangkan untuk menghitung koefisien gempa (k) dihitung dengan memakai rumus sebagai berikut:

$$k = \frac{ad}{g}, \text{ Dimana:}$$

ad = percepatan gempa desain (cm/det)

g = gravitasi (980)

Maka gaya akibat gempa adalah Gaya yang bekerja pada suatu konstruksi akan menimbulkan suatu gaya yang besarnya adalah berat sendiri konstruksi tersebut di kalikan dengan koefisien gempa itu sendiri Atau ditulis :

$$FG = k \cdot \Sigma G$$

Dimana :

FG = gaya akibat gempa

k = koefisien gempa

ΣG = berat sendiri konstruksi

7.1. Gaya gempa bekerja kesemua arah, tetapi yang paling berbahaya dalam perhitungan kolam renang lomba ini adalah arah horizontal, karena akan mengakibatkan terjadinya pergeseran, keretakan, guling. Perhitungan

gaya akibat gempa ini berpengaruh pada dinding kolam renang lomba karena dinding merupakan struktur yang paling kritis bila terkena gaya akibat gempa, maka perhitungan gaya pada dinding kolam lomba di pengaruhi juga oleh gaya gempa