

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Uraian Umum

Perencanaan adalah bagian yang terpenting dari pembangunan suatu gedung atau bangunan yang lainnya. Perencanaan dapat diartikan sebagai suatu usaha untuk menyusun, mengatur atau mengorganisasikan suatu hal atau topik sehingga menghasilkan *output* (hasil) yang sesuai dengan keinginan. Perencanaan suatu gedung atau bangunan dapat diartikan sebagai suatu usaha untuk menyusun dan mengorganisasikan suatu proyek konstruksi baik itu berupa perhitungan-perhitungan maupun tulisan-tulisan sehingga bangunan yang dihasilkan nantinya sesuai dengan yang diinginkan dengan tetap memperhatikan standar ekonomis, aman, kuat dan nyaman. Survei dan penyelidikan tanah merupakan tahap awal dari perencanaan. Perencanaan dari suatu konstruksi bangunan harus memenuhi berbagai persyaratan konstruksi yang telah ditentukan yaitu kuat, kaku, bentuk yang serasi dan dapat dilaksanakan dengan biaya yang ekonomis tetapi tidak mengurangi mutu dari konstruksi tersebut sehingga dapat dipergunakan sesuai dengan fungsi utama yang diinginkan perencana.

2.2 Tahapan Perencanaan (*Design*) Konstruksi

Perencanaan sebuah konstruksi merupakan sebuah sistem yang sebaiknya dilakukan dengan tahapan-tahapan tertentu agar konstruksi yang dihasilkan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Adapun tahapan-tahapan yang dimaksud adalah:

1. Tahap Pra-perencanaan (*Preliminary Design*)

Pada tahap ini ahli struktur harus mampu membantu arsitek memilih komponen-komponen struktur penting, baik dimensi maupun posisinya.

2. Tahap Perencanaan

Meliputi :

a. Perencanaan bentuk arsitektur bangunan

Dalam perencanaan arsitektur bangunan ini, seorang perencana belum memperhitungkan kekuatan bangunan sepenuhnya. Dalam perencanaan arsitektur ini perencana merealisasikan keinginan-keinginan dari pemilik bangunan sesuai dengan desain yang diinginkannya.

b. Perencanaan strktur (konstruksi) bangunan

Dalam perencanaan struktur ini, perencana mulai menghitung komponen-komponen struktur berdasarkan dari bentuk arsitektural yang telah didapat. Perencana mulai mendimensi serta menyesuaikan komponen-komponen struktur tersebut agar memenuhi syarat-syarat konstruksi yang aman, kuat dan nyaman untuk ditempati namun masih berdasarkan prinsip-prinsip yang ekonomis.

Struktur adalah suatu kesatuan dan rangkaian dari beberapa elemen yang direncanakan agar mampu menerima beban luar maupun berat sendiri tanpa mengalami batas persyaratan. Ada dua struktur pendukung bangunan, yaitu :

1. Struktur bangunan atas (*Upper Structure*)

Struktur bangunan atas harus sanggup mewujudkan perencanaan dari segi arsitektur dan harus mampu menjamin mutu baik dari segi keamanan maupun kenyamanan bagi penggunanya. Untuk itu, bahan bangunan yang nantinya akan digunakan sebagai bahan dasar dari konstruksi hendaknya memenuhi kriteria sebagai berikut :

- a. Tahan api
- b. Kuat
- c. Mudah diperoleh, dalam arti tidak memerlukan biaya mobilisasi bahan yang demikian tinggi
- d. Awet untuk jangka pemakaian yang lama
- e. Ekonomis dengan perawatan yang relatif mudah

Dari kriteria-kriteria tersebut, maka sebagai komposisi struktur utama dari bangunan Rusunawa Pondok Pesantren Assalafi Al Fitrah Surabaya ini menggunakan struktur beton bertulang.

Adapun perhitungan perencanaan untuk struktur atas bangunan tersebut adalah :

- Perhitungan atap
- Perhitungan pelat
- Perhitungan tangga
- Perhitungan portal
- Perhitungan balok
- Perhitungan Kolom

2. Struktur bangunan bawah (*Sub Structure*)

Struktur bangunan bawah merupakan sistem pendukung bangunan yang menerima beban struktur atas, untuk diteruskan ke tanah di bawahnya. Perhitungan perencanaan struktur bagian bawah (*Sub Structure*) ini meliputi :

- a. Perhitungan sloof
- b. Perhitungan pondasi

2.3 Dasar-dasar Perencanaan

Dalam perencanaan bangunan, penulis berpedoman peraturan-peraturan yang telah ditetapkan dan berlaku di Indonesia. Peraturan-peraturan yang dijadikan pedoman tersebut antara lain :

1. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung, (SKBI-1.3.53.1987). Oleh Departemen Pekerjaan Umum. Pedoman ini digunakan untuk menentukan beban yang diizinkan untuk merencanakan bangunan rumah serta gedung. Ketentuan ini memuat beban-beban yang harus diperhitungkan dalam perencanaan bangunan.
2. Tata cara perhitungan struktur beton bertulang gedung, (SNI 03-2847-2002). Oleh Badan Standardisasi Nasional. Sebagai acuan dalam melakukan perencanaan dan pelaksanaan struktur beton dengan ketentuan minimum agar hasil aman dan ekonomis.

3. Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, (SNI 03-1729-2002). Oleh Badan Standardisasi Nasional. Buku yang memuat seluruh peraturan-peraturan konstruksi baja yang digunakan secara ekonomis dan aman.
4. Struktur Beton Bertulang, berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI. Oleh Istimawan Dipohusodo. Buku ini menyajikan dasar-dasar pengertian sistem struktur beton sederhana pada umumnya, dan perilaku serta kekuatan komponen struktur beton bertulang pada khususnya.
5. Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, berdasarkan SK SNI T-15-1991-03. Oleh W.C. Vis dan Gideon Kusuma. Buku ini membahas pengertian-pengertian umum dan perhitungan penampang, perhitungan penulangan, dan perhitungan gaya yang terjadi pada konstruksi beton.
6. Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang, berdasarkan SK SNI T-15-1991-03. Oleh W.C. Vis dan Gideon Kusuma. Buku ini berisi penjelasan mengenai grafik dan tabel yang digunakan dalam perhitungan struktur beton bertulang.
7. Konstruksi Baja I jilid 1, 1992. Oleh Ir. Gunawan Theodosius. Buku ini memuat soal dan penyelesaian serta tabel dimensi profil-profil baja yang digunakan dalam konstruksi baja.
8. Pondasi Tiang Pancang Jilid I, 1988. Oleh Sardjono, HS. Buku ini memuat pengertian dan penjelasan mengenai perencanaan pondasi tiang pancang.

Untuk menyelesaikan perhitungan struktur gedung dalam pembahasan ini penulis menggunakan beberapa cara yaitu antara lain :

- Untuk perhitungan pelat menggunakan cara koefisien momen.
- Untuk perhitungan portal akibat beban mati dan beban hidup menggunakan metode SAP 2000 14.
- Untuk perhitungan tangga menggunakan metode *cross*.
- Untuk perhitungan penulangan beton (kolom, balok, sloof, pelat dan tangga) menggunakan metode USD (*Ultimate Stress Design*).
- Untuk perhitungan pondasi menggunakan prinsip-prinsip mekanika tanah.

- Dalam perhitungan penulangannya menggunakan metode USD (*Ultimate Stress Design*, SK SNI-03-2847-2002).

2.4 Baja

Baja adalah salah satu dari bahan konstruksi yang paling penting yang mempunyai sifat utama dalam penggunaan konstruksi yang berkekuatan tinggi dibandingkan terhadap setiap bahan lainnya dan juga memiliki sifat keliatan (*ductility*) yang mempunyai kemampuan untuk berdeformasi secara nyata baik dalam tegangan maupun dalam kompresi.

Karakteristik dari baja struktur :

Tabel 2.1 Sifat mekanis baja struktural

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, f_u (Mpa)	Tegangan leleh minimum, f_y (Mpa)	Peregangan minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

(Sumber: Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03- 1729-2002, 11)

Tegangan putus dan leleh untuk perencanaan tidak boleh diambil melebihi nilai yang ada ditabel tersebut. Sifat-sifat mekanis baja lainnya yang ditetapkan sebagai berikut (Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 halaman 9) :

E (Modulus Elastisitas)	= 200.000 MPa
G (Modulus Geser)	= 80.000 MPa
μ (Nisbah Poisson)	= 0,3
α (Koefisien Pemuaian)	= $12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Untuk penampang yang mempunyai perbandingan lebar terhadap tebalnya lebih kecil daripada nilai λ_c , daya dukung nominal komponen struktur tekan dihitung sebagai berikut (Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 halaman 27) :

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \frac{f_y}{w} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$f_{cr} = \frac{f_y}{w} \dots \dots \dots (2.2)$$

Untuk $\lambda_c \leq 0,25$ maka $w = 1$

Untuk $0,25 < \lambda_c < 1,2$ maka $w = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$

Untuk $\lambda_c \geq 1,2$ maka $w = 1,25 \lambda_c^2$

Konstruksi pendukung bangunan mempunyai suatu susunan batang-batang baja, yang terdiri dari :

Rangka atap/Kuda-kuda

- a) Pembebanan
- b) Gording
- c) Kuda-kuda

2.5 Perencanaan Struktur

2.5.1 Rangka atap/kuda-kuda

Rangka atap adalah suatu bagian dari struktur gedung yang berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan penutup atap sehingga dalam perencanaan, pembebanan tergantung dari jenis penutup atap yang digunakan.

A. Pembebanan

Pembebanan yang bekerja pada rangka atap adalah :

1. Beban Mati

Beban mati adalah beban dari semua bagian atap yang tidak bergerak, beban tersebut adalah :

- Beban sendiri kuda-kuda

- Beban penutup atap
- Beban gording
- Beban plafond dan penggantung

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang terjadi akibat pengerjaan maupun akibat penggunaan gedung itu sendiri, termasuk di dalamnya adalah :

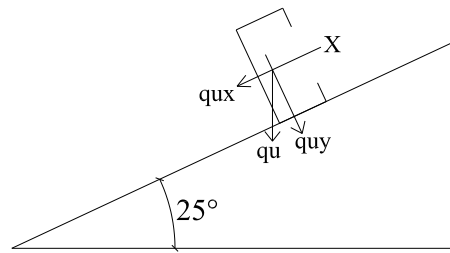
- Beban pekerja
- Beban air hujan
- Beban angin

B. Gording

Gording adalah balok atap sebagai pengikat yang menghubungkan antar kuda-kuda. Gording juga menjadi dudukan untuk kasau dan balok jurai dalam. Dalam perencanaan struktur bangunan gedung ini khususnya pada perencanaan gording, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia. Dasar perhitungan yang digunakan adalah :

1. Peraturan Pembebanan Bangunan untuk Rumah dan Gedung (SKBI-1.3.53.1987). Memuat dan menjelaskan mengenai ketetapan beban-beban yang harus diperhitungkan dalam perencanaan suatu bangunan.
2. Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung SNI 03-1729-2002. memuat dan menjelaskan mengenai syarat-syarat serta ketentuan atau standarisasi yang harus dipakai dalam perencanaan, khususnya perencanaan baja di Indonesia.

Struktur gording direncanakan kekuatannya berdasarkan pembebanan beban mati dan beban hidup. Kombinasi pembebanan yang ditinjau adalah beban pada saat pemakaian yaitu beban mati ditambah beban air hujan, sedangkan beban sementara yaitu beban-beban mati ditambah beban pekerja pada saat pelaksanaan. Apabila gording ditempatkan dibawah penutup atap, maka komponen beban atap dipindahkan tegak lurus ke gording, maka terjadi pembebanan sumbu ganda terjadi momen pada sumbu x dan y adalah M_x dan M_y .



Gambar 2.1 Gording Kanal

dimana :

$$q_{uy} = q_u \cdot \cos 25^\circ$$

$$q_{ux} = q_u \cdot \sin 25^\circ$$

Perencanaan untuk lentur

a) Metode elastis

- Suatu komponen struktur yang memikul lentur terhadap sumbu x harus memenuhi $M_{ux} \leq \phi M_n$
- Suatu komponen struktur yang memikul lentur terhadap sumbu y harus memenuhi $M_{uy} \leq \phi M_n$

b) Metode plastis

Suatu komponen struktur yang dibebani momen lentur harus memenuhi, $M_u \leq \phi M_n$ Momen nominal untuk penampang kompak yang memenuhi $\lambda \leq \lambda_p$, kuat lentur nominal penampang adalah $M_n = M_p$ Untuk penampang tak kompak yang memenuhi $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$, kuat lentur nominal penampang ditentukan sebagai berikut :

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \dots\dots\dots (2.3)$$

Untuk penampang langsing yang memenuhi $\lambda_r < \lambda$, kuat lentur nominal penampang adalah (Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal. 34–40) :

$$M_n = M_r \left(\frac{\lambda_r}{\lambda} \right)^2 \dots\dots\dots (2.4)$$

Setelah semua momen dihitung maksimum, maka diperiksa kekuatan penampang berdasarkan kombinasi pembebanan berdasarkan pembebanan yang terjadi dengan menggunakan rumus (Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal. 76) :

$$\left[\frac{c_{mx} \cdot M_{ux}}{\phi M_{nx}} \right]^{\eta} + \left[\frac{c_{my} \cdot M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right]^{\eta} \leq 1 \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana :

- Mux = Momen Ultimate arah x
- ϕ = faktor reduksi = 0,9
- Muy = Momen Ultimate arah y
- Mnx dan Mny = Momen nominal arah x dan arah y
- c_{mx} = c_{my} diambil = 1

Komponen struktur berpenampang I

Untuk $bf/d < 0,3$: $\eta = 1,0$

Untuk $0,3 \leq bf/d \leq 1,0$: $\eta = 0,4 + \frac{Nu}{Ny} + \frac{bf}{d} \geq 1,0$

C. Kuda-kuda

Kuda-kuda diperhitungkan terhadap pembebanan :

1. Beban mati

- a. Beban kuda-kuda
- b. Beban gording
- c. Beban penutup atap

Beban diatas kemudian dikombinasikan yang menjadi beban mati.

2. Beban hidup

- a. Beban air hujan
- b. Beban angin dari sebelah kiri
- c. Beban angin dari sebelah kanan

Pada masing-masing beban diatas (1 dan 2) kemudian dapat dicari gaya-gaya batangnya. Perhitungan konstruksi rangka dapat dihitung :

1) Cara grafis, terdiri dari :

- a. Keseimbangan titik simpul
- b. *Cremona*

Dimana kedua cara ini harus menggunakan skala gaya dan skala jarak.

2) Cara analisis, terdiri dari :

- a. Keseimbangan titik simpul

Keseimbangan titik simpul ini harus memenuhi persyaratan :

1. Batang-batang harus kaku dan simpul.
2. Sambungan pada titik buhul/simpul engsel tidak terjadi geseran.
3. Penyambungan batang adalah sentris yakni sumbu-sumbu batang bertemu pada satu titik.
4. Pembebanan yang menyebar dapat dipindahkan pada titik simpul yang bersangkutan.

- b. Ritter

Cara ini biasanya digunakan untuk mengontrol pekerjaan dari cara *cremona* dan langsung menghitung gaya batang yang lain. Cara memotong rangka konstruksi harus benar-benar lepas satu sama lain. Gaya-gaya terpotong yang belum diketahui arah besarnya maka dianggap gaya tarik

D. Kontrol dimensi batang kuda-kuda

Batang kuda-kuda, baik batang tarik maupun batang tekan harus dikontrol terhadap kombinasi gaya-gaya yang terjadi. Gaya batang yang terjadi tidak boleh melebihi kuat tarik atau tekan izin dari batang tersebut.

1) Menurut SNI 03-1729-2002 pasal 9.1 (2002:55), komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris akibat beban terfaktor (N_u) harus memenuhi :

$$N_u \leq \phi N_n$$

Dimana :

ϕ adalah faktor reduksi kekuatan = 0,9

N_n adalah kuat tekan nominal komponen struktur yang ditentukan pada pasal 7.6.2 :

$$N_n = \frac{A_g \cdot f_y}{\omega} \dots\dots\dots (2.6)$$

Faktor tekuk (ω) ditentukan dengan :

untuk $\lambda_c \leq 0,25$, maka $\omega = 1$

untuk $0,25 < \lambda_c < 1,2$, maka $\omega = 1,43 / (1,6 - 0,7 \lambda_c)$

untuk $\lambda_c \geq 1,2$, maka $\omega = 1,25 \lambda_c^2$

Parameter kelangsingan (λ_c) ditentukan dengan :

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{L_k}{r} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E_s}}$$

Panjang tekuk (L_k) ditentukan dengan :

$$L_k = L \cdot K_c \dots\dots\dots (2.7)$$

Nilai K_c adalah:

- a) 0,5 jika kedua ujung komponen terjepit.
- b) 0,7 jika satu ujung komponen terjepit dan ujung lainnya sendi.
- c) 1,0 jika kedua ujung komponen berupa sendi.
- d) 2,0 jika salah satu komponen terjepit dan ujung lainnya bebas.

2) Untuk komponen struktur tarik, nilai $L_k/r < 200$

Menurut SNI 03-1729-2002 pasal 10.1 (2002:70), komponen struktur yang mengalami gaya tarik aksial terfaktor (N_u) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

$$N_u < N_n$$

$$\phi = 0,9$$

$$N_n = A_g \cdot f_y \dots\dots\dots (2.8)$$

dan :

$$\phi = 0,75$$

$$N_n = A_e \cdot f_u$$

Ketentuan penampang efektif menurut SNI-03-1729-2002 pasal 10.2 (2002:70)

$$A_e = AU$$

Dimana :

$$A = A_{nt} = A_g - n d t$$

$$U = \text{faktor reduksi} = 1 - (\underline{x}/L) \leq 0,9$$

L = panjang sambungan dalam arah gaya tarik, yaitu jarak terjauh antara dua baut dalam sambungan

$\underline{x}$ = eksentrisitas, jarak antara titik berat bidang sambungan dengan titik berat penampang profil

n = banyaknya lubang pada potongan penampang

d = diameter lubang (mm)

t = tebal penampang (mm)

E. Sambungan Baut

1. Perencanaan baut

Suatu baut yang memikul gaya terfaktor, R_u , harus memenuhi (Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal. 99) :

$$R_u \leq \phi R_n$$

2. Baut dalam geser

Kuat geser rencana dari satu baut dihitung sebagai berikut (Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal. 100) :

$$V_d = \phi V_n = \phi r_1 f_u^b A_b \dots\dots\dots (2.9)$$

3. Baut yang memikul gaya tarik

Kuat tarik rencana satu baut dihitung sebagai berikut (Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal.100) :

$$T_d = \phi T_n = \phi_f 0,75 f_u^b A_b \dots\dots\dots (2.10)$$

4. Kuat Tumpu

Apabila jarak lubang tepi terdekat dengan sisi pelat dalam arah kerja gaya > 1,5 kali diameter lubang, jarak antar lubang > 3 kali diameter lubang,

dan ada lebih dari satu baut dalam arah kerja gaya, maka kuat rencana tumpu dapat dihitung sebagai berikut (Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal. 101) :

$$R_d = \phi_f R_n = 2,4 \phi_f d_b t_p f_u \dots\dots\dots (2.11)$$

5. Pelat pengisi pada sambungan yang tebal antara 6 mm–20mm, kuat geser nominal satu baut yang ditetapkan harus dikurangi 15 %.

6. Sambungan tanpa slip

Pada sambungan tipe friksi yang menggunakan baut mutu tinggi yang slipnya dibatasi, satu baut yang hanya memikul gaya geser terfaktor, V_u , dalam bidang permukaan friksi harus memenuhi (Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal.102) :

$$V_u = V_d (= \phi V_n) \dots\dots\dots (2.12)$$

7. Tata letak baut

Jarak antar pusat lubang pengencang tidak boleh kurang dari 3 kali diameter nominal pengencang. Jarak antara pusat pengencang tidak boleh melebihi $15t_p$. (Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal.102).

2.5.2 Perencanaan pelat

Pelat adalah suatu lantai beton yang sistem pendukungnya (berupa balok) Berada disisi kiri dan kanannya. Pelat beton bertulang dalam suatu struktur bangunan dipakai pada lantai dan atap. Pada pelat yang ditumpu oleh balok pada keempat sisinya, terbagi dua berdasarkan geometrinya, yaitu :

1. Pelat dua arah (*Two Way Slab*)
2. Pelat satu arah (*One Way Slab*)

Syarat-syarat dalam perencanaan pelat beton sebagai berikut :

1. Tebal minimum untuk pelat satu arah (SK SNI-03-2847-2002)

Tebal minimum untuk pelat satu arah ditentukan (dapat dilihat dalam tabel 2.2).

Tabel 2.2 Tebal minimum balok non pra tekan atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung.

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Dua tumpuan sederhana	Satu ujung menerus	Dua ujung menerus	Kantilever
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu arah	l/20	l/24	l/28	l/10
Balok atau pelat rusuk satu arah	l/16	l/18,5	l/21	l/8

(Sumber: SK SNI-03-2847-2002)

Catatan :

Panjang bentang dalam mm

Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal ($w_c = 2400 \text{ kg/m}^3$) dan tulangan BJTD 40. Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasi sebagai berikut :

- a. Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis diantara 1500 kg/m^3 sampai 2000 kg/m^3 , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003 w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09 dimana w_c adalah berat jenis dalam kg/m^3 .
- b. Untuk f_y selain 400 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$. (SNI-03-2847-2002 hal. 63)

2. Untuk pelat dua arah yaitu dalam segala hal tebal minimum pelat tidak boleh kurang dari harga berikut :

- Untuk $\alpha_m < 2,0$ yaitu 120mm
- Untuk $\alpha_m > 2,0$ yaitu 90mm

3. Spasi tulangan (SK SNI-03-2847-2002)

- a) Jarak bersih antara tulangan sejajar dalam lapis yang sama, tidak boleh kurang dari d_b ataupun 25 mm.

- b) Bila tulangan sejajar tersebut diletakkan dalam dua lapis atau lebih, tulangan pada lapis atas harus diletakkan tepat di atas tulangan di bawahnya dengan spasi bersih antar lapisan tidak boleh kurang dari 25 mm.
 - c) Pada komponen struktur tekan yang diberi tulangan spiral atau sengkang pengikat, jarak bersih antar tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari $1,5d_b$ ataupun 40 mm 40 dari 278.
 - d) Pembatasan jarak bersih antar batang tulangan ini juga berlaku untuk jarak bersih antara suatu sambungan lewatan dengan sambungan lewatan lainnya atau dengan batang tulangan yang berdekatan.
 - e) Pada dinding dan pelat lantai yang bukan berupa konstruksi pelat rusuk, tulangan lentur utama harus berjarak tidak lebih dari tiga kali tebal dinding atau pelat lantai, ataupun 500 mm.
 - f) Bundel tulangan:
 - Kumpulan dari tulangan sejajar yang diikat dalam satu bundel sehingga bekerja dalam satu kesatuan tidak boleh terdiri lebih dari empat tulangan per bundel.
 - Bundel tulangan harus dilingkupi oleh sengkang atau sengkang pengikat.
 - Pada balok, tulangan yang lebih besar dari D-36 tidak boleh dibundel.
 - Masing-masing batang tulangan yang terdapat dalam satu bundel tulangan yang berakhir dalam bentang komponen struktur lentur harus diakhiri pada titik-titik yang berlainan, paling sedikit dengan jarak 40 db secara berselang.
 - Jika pembatasan jarak dan selimut beton minimum didasarkan pada diameter tulangan db , maka satu unit bundel tulangan harus diperhitungkan sebagai tulangan tunggal dengan diameter yang didapat dari luas ekuivalen penampang gabungan.
4. Selimut beton pada tulangan harus memenuhi ketentuan dan standar (SK SNI-03-2847-2002)

Tabel 2.3 Tebal selimut beton minimum untuk beton bertulang

	Tebal selimut beton minimum (mm)
a) Beton yang dicor langsung diatas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca : Batang D-19 atau D-56..... Batang D-16 atau jaring kawat polos P16 atau kawat ulir D16 yang lebih kecil.....	50 40
c) Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton yang tidak langsung berhubungan dengan tanah : <u>Pelat, Dinding, Pelat rusuk</u> Batang D-44 dan D-56..... Batang D-36 dan batang yang lebih kecil..... <u>Balok, Kolom</u> Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral..... <u>Komponen struktur cangkang, pelat lipat :</u> Batang D-19 yang lebih besar..... Batang D-16, jarring kawat polos P16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil.....	 40 20 40 20 15

(Sumber: SNI-03-2847-2002, 41)

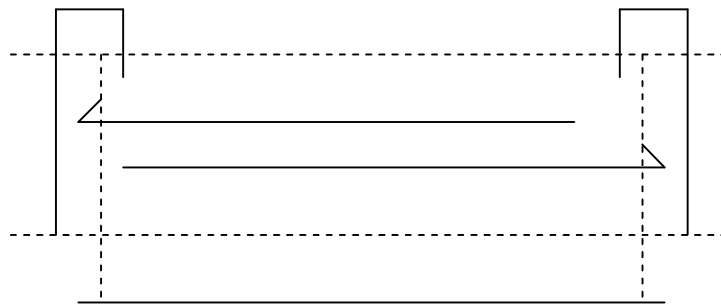
Langkah-langkah perencanaan pelat beton :

1. Pelat satu arah
 - a. Menentukan tebal pelat
 - b. Pembebanan pelat lantai dengan memakai metode beban terfaktor

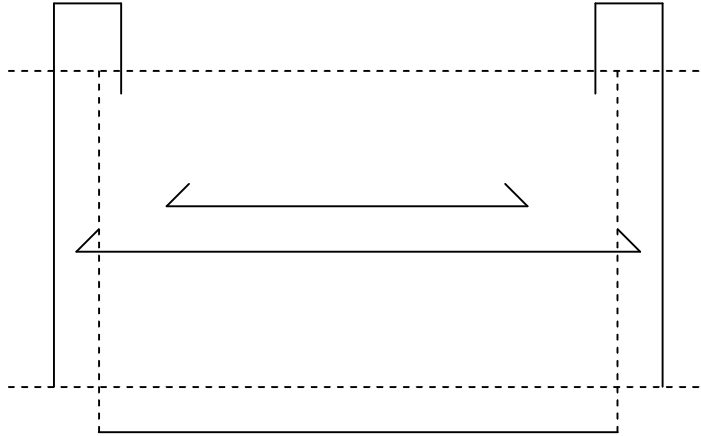
Beban mati :

- Berat beton bertulang 2400 Kg/m^3
 - Berat penutup lantai dari ubin tanpa adukan yaitu 24 Kg/m^2
 - Langit-langit (termasuk rusuk-rusuknya), tanpa penggantung langit-langit atau pengaku dengan tebal maksimum 4 mm yaitu 11 Kg/m^2
 - Penggantung langit-langit (dari kayu) dengan bentang maksimum 5m dan jarak minimum 0,80 m yaitu 7 Kg/m^2
- c. Distribusi momen pelat dilakukan dengan cara analisis atau rumus umum :
- $$M = 0,001 \times W_u \cdot l_n^2$$
- Untuk momen lapangan, l_n = panjang bersih dari bentang yang ditinjau
 - Untuk momen tumpuan, l_n = panjang bersih rata-rata dari dua bentang bersebelahan
- d. Perhitungan tulangan pelat dengan cara tabel atau dengan analitis
- e. Menggambar tulangan pelat

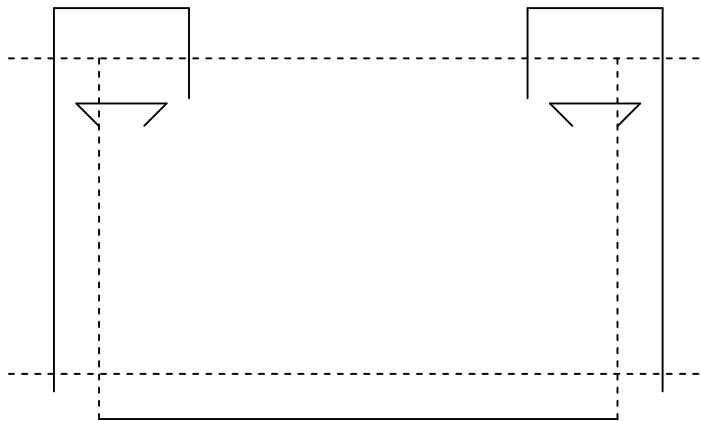
Ketentuan-ketentuan dalam penggambaran tulangan satu arah adalah :



Gambar 2.2 Tulangan lapangan desain 1



Gambar 2.3 Tulangan lapangan desain 2



Gambar 2.4 Tulangan tumpuan

2. Pelat dua arah (SK SNI 03-2847-2002 hal. 66)

a. Menentukan tebal pelat

$$h = \frac{\ln \left[0,8 + \frac{f_y}{1500} \right]}{36 + 5\beta[\alpha m - 0,2]} \dots\dots\dots (2.13)$$

tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln \left[0,8 + \frac{fy}{1500} \right]}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots (2-14)$$

- b. Mencari nilai α_m dari masing-masing panel untuk mengecek apakah pemakaian h_{coba} telah memenuhi persyaratan.

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \frac{I_{x-x} \text{ balok}}{I_{x-x} \text{ pelat}}$$

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

Untuk $\alpha_m < 2,0$ tebal pelat minimum adalah 120 mm

Untuk $\alpha_m > 2,0$ tebal pelat minimum adalah 90 mm

- c. Cek nilai h_{aktual} dari hasil nilai α_m yang telah didapat

$$h = \frac{\ln \left[0,8 + \frac{fy}{1500} \right]}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)}$$

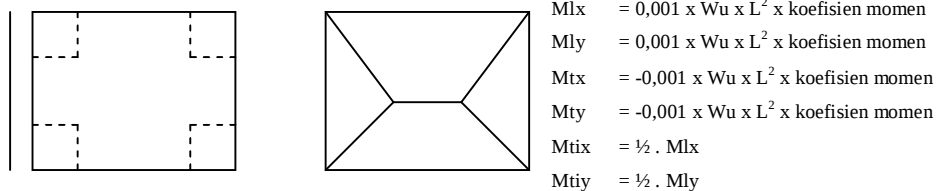
Nilai h boleh dipakai apabila lebih besar dari h_{aktual} . Apabila dalam perhitungan nilai h_{beton} lebih kecil, maka nilai tebal pelat yang dicoba direncanakan ulang (diperbesar) dan perhitungannya diulangi kembali.

- d. Menghitung beban yang bekerja pada pelat (beban mati dan beban hidup). Kemudian hasil perhitungan akibat beban mati dan beban hidup dikali dengan faktor beban untuk mendapatkan nilai beban terfaktor.

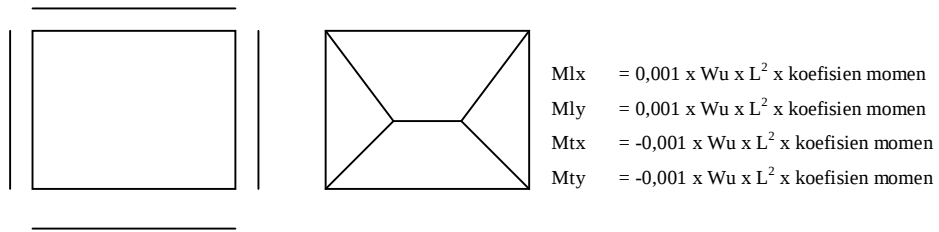
$$W_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \dots\dots\dots (2.15)$$

- e. Mencari momen

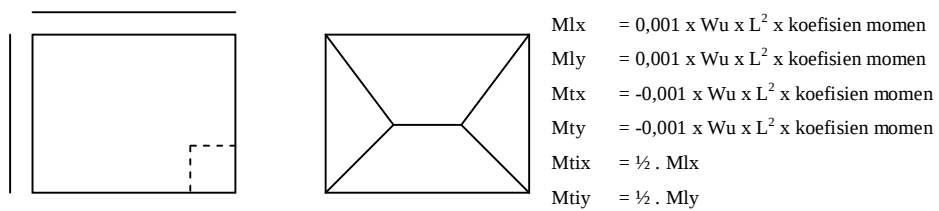
Mencari momen yang bekerja pada arah x dan y, dengan cara penyaluran “metode amplop” (Gideon Kusuma, 1996).



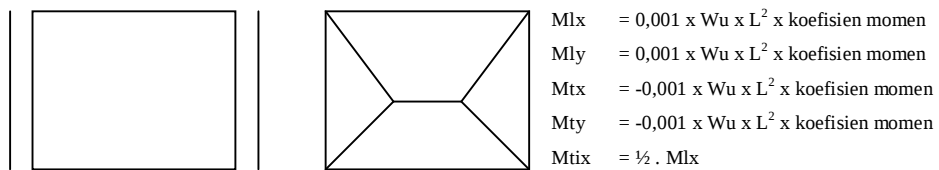
Gambar 2.5 Mencari momen arah x dan y cara 1



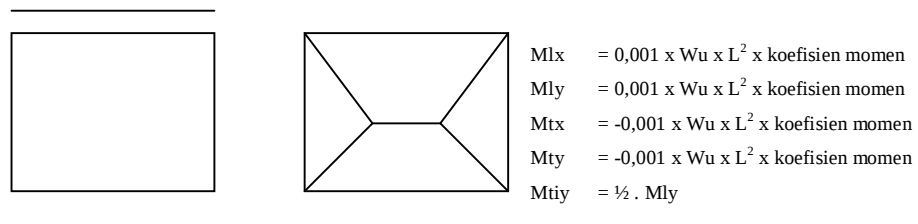
Gambar 2.6 Mencari momen arah x dan y cara 2



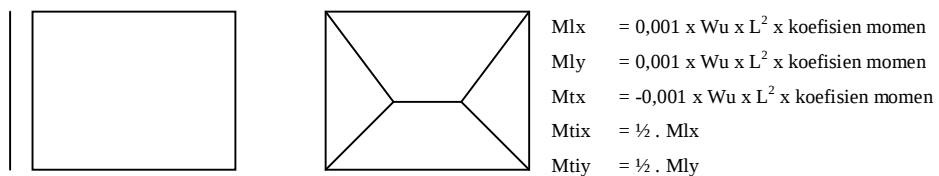
Gambar 2.7 Mencari momen arah x dan y cara 3



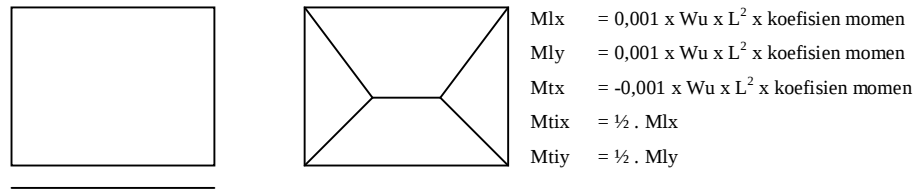
Gambar 2.8 Mencari momen arah x dan y cara 4



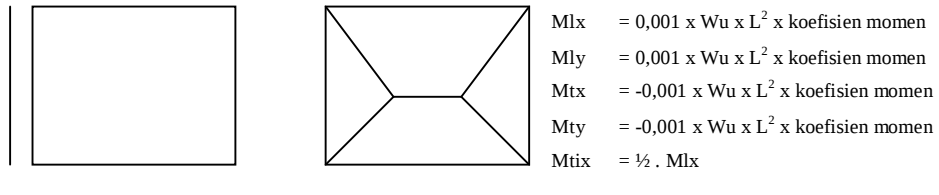
Gambar 2.9 Mencari momen arah x dan y cara 5



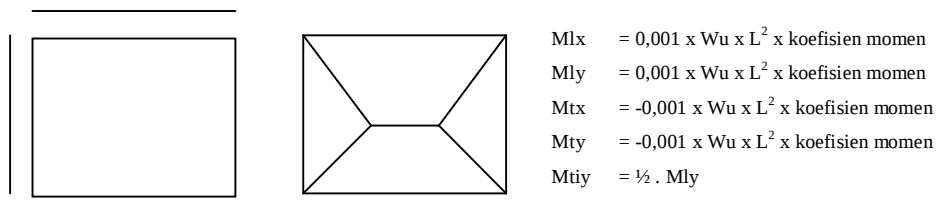
Gambar 2.10 Mencari momen arah x dan y cara 6



Gambar 2.11 Mencari momen arah x dan y cara 7



Gambar 2.12 Mencari momen arah x dan y cara 8



Gambar 2.13 Mencari momen arah x dan y cara 9

f. Mencari tebal efektif pelat (SK SNI-03-2847-2002)

Rasio tulangan dalam beton (ρ) dan memperkirakan besarnya diameter tulangan utama dan untuk menentukan tinggi efektif arah x (d_x) adalah :

$$D_x = h - p - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan arah x} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$D_y = h - p - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan arah y} - \varnothing x \dots\dots\dots (2.17)$$

g. Mencari nilai koefisien tahanan (k)

Faktor reduksi $\Theta = 0,80$

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \dots\dots\dots (2.18)$$

h. Mencari rasio penulangan (ρ)

Rasio penulangan ini didapat berdasarkan koefisien tahanan (k) yang telah didapat sebelumnya. Dengan menggunakan tabel A-11 (Dipohusodo I, Struktur Beton Bertulang, Penerbit Gramedia Pustaka Utama hal 446)

i. Mencari luas tulangan (A_s)

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.19)$$

j. Mencari jumlah tulangan (n)

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4}\pi\phi^2} \dots\dots\dots (2.20)$$

k. Mencari jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{1000mm}{n} \dots\dots\dots (2.21)$$

l. Mamasang tulangan

Untuk arah y sama dengan langkah-langkah pada arah x , hanya perlu diingat bahwa tinggi efektif arah y (d_y) tidak sama dengan yang digunakan dalam arah $x \rightarrow d_y = h - p - \phi_{\text{arah } x} - \phi_{\text{arah } y}$

2.5.3 Perencanaan tangga

Tangga adalah suatu konstruksi yang menghubungkan antara tempat yang satu dan tempat lainnya yang mempunyai ketinggian berbeda, dan dapat dibuat dari kayu, pasangan batu bata, baja, dan beton. Tangga terdiri dari anak tangga dan pelat tangga. Anak tangga terbagi menjadi 2 bagian, yaitu :

1. *Antrade*, yaitu bagian dari anak tangga pada bidang horizontal yang merupakan bidang tempat pijakan kaki.
2. *Optrade*, yaitu bagian dari anak tangga pada bidang vertikal yang merupakan selisih tinggi antara 2 buah anak tangga yang berurutan.

Syarat-syarat umum tangga :

1. Tangga harus mudah dijalani atau dinaiki
2. Tangga harus cukup kuat dan kaku
3. Ukuran tangga harus sesuai dengan sifat dan fungsinya

4. Material yang digunakan untuk pembuatan tangga terutama pada gedung-gedung umum harus berkualitas baik, tahan dan bebas dari bahaya kebakaran
5. Letak tangga harus strategis
6. Sudut kemiringan tidak lebih dari 45°

Syarat-syarat khusus tangga :

1. Untuk bangunan rumah tinggal

- a. *Antrade* = 25 cm (minimum)
- b. *Optrade* = 20 cm (maksimum)
- c. Lebar tangga = 80-100 cm

2. Untuk perkantoran dan lain-lain

- a. *Antrade* = 25 cm (minimum)
- b. *Optrade* = 17 cm (maksimum)
- c. Lebar tangga = 120-200 cm

3. Syarat langkah

$$2 \text{ optrade} + 1 \text{ antrade} = 57 - 65 \text{ cm}$$

4. Sudut kemiringan

$$\text{Maksimum} = 45^\circ$$

$$\text{Minimum} = 25^\circ$$

Langkah-langkah perencanaan tangga :

1. Perencanaan tangga

- a. Penentuan ukuran *antrade* dan *optrade*
- b. Penentuan jumlah *antrade* dan *optrade*
- c. Panjang tangga = jumlah *optrade* x lebar *antrade*
- d. Sudut kemiringan tangga = $\text{tg} (\text{tinggi tangga} : \text{panjang tangga})$
- e. Penentuan tebal pelat tangga

2. Penentuan pembebanan pada anak tangga

- a. Beban mati

- Berat sendiri bordes
- Berat sendiri anak tangga
- Berat 1 anak tangga (Q) per m'

$$Q = \text{antrade} \times \text{optrade} \times 1 \text{ m} \times \gamma_{\text{beton}} \times \text{jumlah anak tangga dalam 1 m}$$

- Berat spesi dan ubin
- b. Beban hidup
- 3. Perhitungan tangga dengan metode *cross* untuk mencari gaya-gaya yang bekerja
- 4. Perhitungan tulangan tangga
 - Perhitungan momen yang bekerja
 - Penentuan tulangan yang diperlukan
 - Menentukan jarak tulangan
 - Kontrol tulangan

2.5.4 Perencanaan portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang paling berhubungan dan berfungsi menahan beban sebagai satu kesatuan lengkap. Sebelum merencanakan portal terlebih dahulu kita harus mendimensi portal.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pendimensian portal adalah sebagai berikut :

1. Pendimensian balok

Tebal minimum balok ditentukan dalam SK SNI 03-2847-2002 halaman 63 adalah untuk balok dengan dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum $l/16$, untuk balok dengan satu ujung menerus memiliki tebal minimum $l/18,5$, untuk balok dengan kedua ujung menerus memiliki tebal minimum $l/21$, untuk balok kantilever $l/8$.
2. Pendimensian kolom
3. Analisa pembebanan
4. Menentukan gaya-gaya dalam

Dalam menghitung dan menentukan besarnya momen yang bekerja pada suatu struktur bangunan, kami menggunakan bantuan komputer yaitu menggunakan program SAP 2000. V14.

Portal ditinjau pada arah melintang dan arah memanjang. Perhitungan portal ini dapat menggunakan SAP 2000. V14. Dimana langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan metode SAP 2000. V14 yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

1. Buat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup
2. *Input* data perencanaan
 - Dimensi kolom
 - Dimensi balok induk
 - Dimensi balok anak
 - Dimensi ring balok
 - Mutu beton (f_c')
 - Mutu baja (f_y)
3. *Input* nilai beban mati dan beban hidup
 - Akibat beban merata
 - Akibat beban terpusat
4. *Input Load Combination* (beban kombinasi), yaitu
1,2 beban mati + 1,6 beban hidup
5. *Input* nilai reduksi kekuatan
 - Lentur = 0,8
 - Geser = 0,6
 - Lentur + aksial (sengkan) = 0,65
 - Lentur + aksial (spiral) = 0,70
6. Analisis struktur
7. Run analisis

2.5.5 Perencanaan balok

Balok merupakan batang horizontal dari rangka struktur yang memikul beban tegak lurus sepanjang batang tersebut biasanya terdiri dari dinding, pelat atau atap bangunan dan menyalurkannya pada tumpuan atau struktur dibawahnya.

Adapun urutan-urutan dalam menganalisis balok :

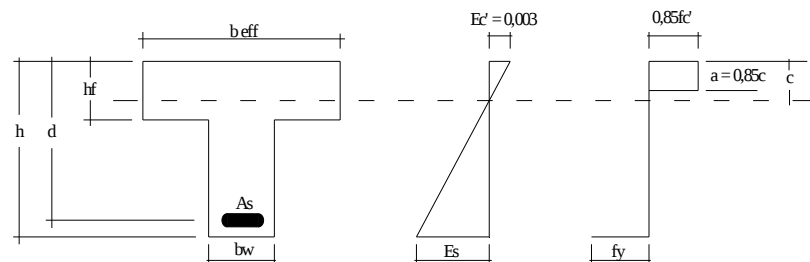
1. Gaya lintang desain balok maksimum, (Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo halaman 40) :

$$U = 1,2D + 1,6L \dots\dots\dots (2.22)$$

2. Momen desain balok maksimum, (Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo halaman 40) :

$$Mu = 1,2 M_{DL} + 1,6 M_{LL} \dots\dots\dots (2.23)$$

3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan



Gambar 2.14 Penampang balok

- a. Penulangan lentur lapangan (Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma hal. 54) :

- Tentukan $d_{eff} = h - p - \emptyset$ sengkang - $\frac{1}{2} \emptyset$ tulangan utama

$$K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \rightarrow \text{didapat nilai } \rho \text{ dari tabel} \dots\dots\dots (2.24)$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.25)$$

- Pilih tulangan dengan dasar As terpasang $\geq$ As direncanakan

- b. Penulangan lentur pada tumpuan (Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma hal.54)

$$K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \rightarrow \text{didapat nilai } \rho \text{ dari tabel}$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

- Pilih tulangan dengan dasar As terpasang $\geq$ As direncanakan

4. Tulangan geser rencana (Tata cara perhitungan struktur beton bertulang gedung, SNI 03–2847-2002 hal. 89) :

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \times b_w \times d \dots\dots\dots (2.26)$$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal. 113) :

- $V \leq \emptyset V_c$ (tidak perlu tulangan geser)

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal. 114) :

- $V_u \leq \emptyset V_n$
- $V_n = V_c + V_s$
- $V_u \leq \emptyset V_c + \emptyset V_s$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal. 122).

$$- S_{perlu} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \dots\dots\dots (2.27)$$

Balok anak adalah balok yang bertumpu pada balok induk atau tidak bertumpu langsung pada kolom. Untuk merencanakan balok anak yaitu :

1. Menentukan mutu beton dan baja yang digunakan
2. Menghitung pembebanan yang terjadi, seperti :
 - Beban Hidup
 - Beban Mati
 - Beban Sendiri Balok
 - Sumbangan Pelat
3. Menghitung beban *ultimate*

$$W_u = 1,2 W_d + 1,6 W_l$$
4. Menghitung momen dan gaya geser
5. Menghitung momen lentur maksimum dengan cara :
 - Menentukan momen maksimum
 - Menentukan d efektif = $h - p - \emptyset \cdot \text{sengkan} - \frac{1}{2} \cdot \emptyset \cdot \text{tulangan utama}$
 - Menentukan momen $K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$
 - Menentukan ρ
6. Perencanaan tulangan geser

2.5.6 Perencanaan kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok dan meneruskannya ke konstruksi pondasi. Adapun urutan-urutan dalam menganalisis kolom :

1. Tulangan untuk kolom dibuat penulangan simetris berdasarkan kombinasi P_u dan M_u . Untuk satu batang kolom dan dua kombinasi pembebanan yaitu pada ujung atas dan ujung bawah pada setiap *freebody*, masing-masing dihitung tulangannya dan diambil yang terbesar.
2. Beban desain kolom maksimum (Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal. 40) :

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

3. Momen desain kolom maksimum untuk ujung atas dan ujung bawah (Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal. 40) :

$$M_u = 1,2 M_{DL} + 1,6 M_{LL}$$

4. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi (Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma hal. 186) :

$$\beta.d = \frac{1,2.D}{(1,2.D + 1,6L)} \dots\dots\dots (2.28)$$

5. Modulus Elastisitas

$$E_c = 4700\sqrt{f'c} \dots\dots\dots (2.29)$$

$f'c$ = kuat tekan beton

6. Nilai kekakuan kolom dan balok (Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma hal.186)

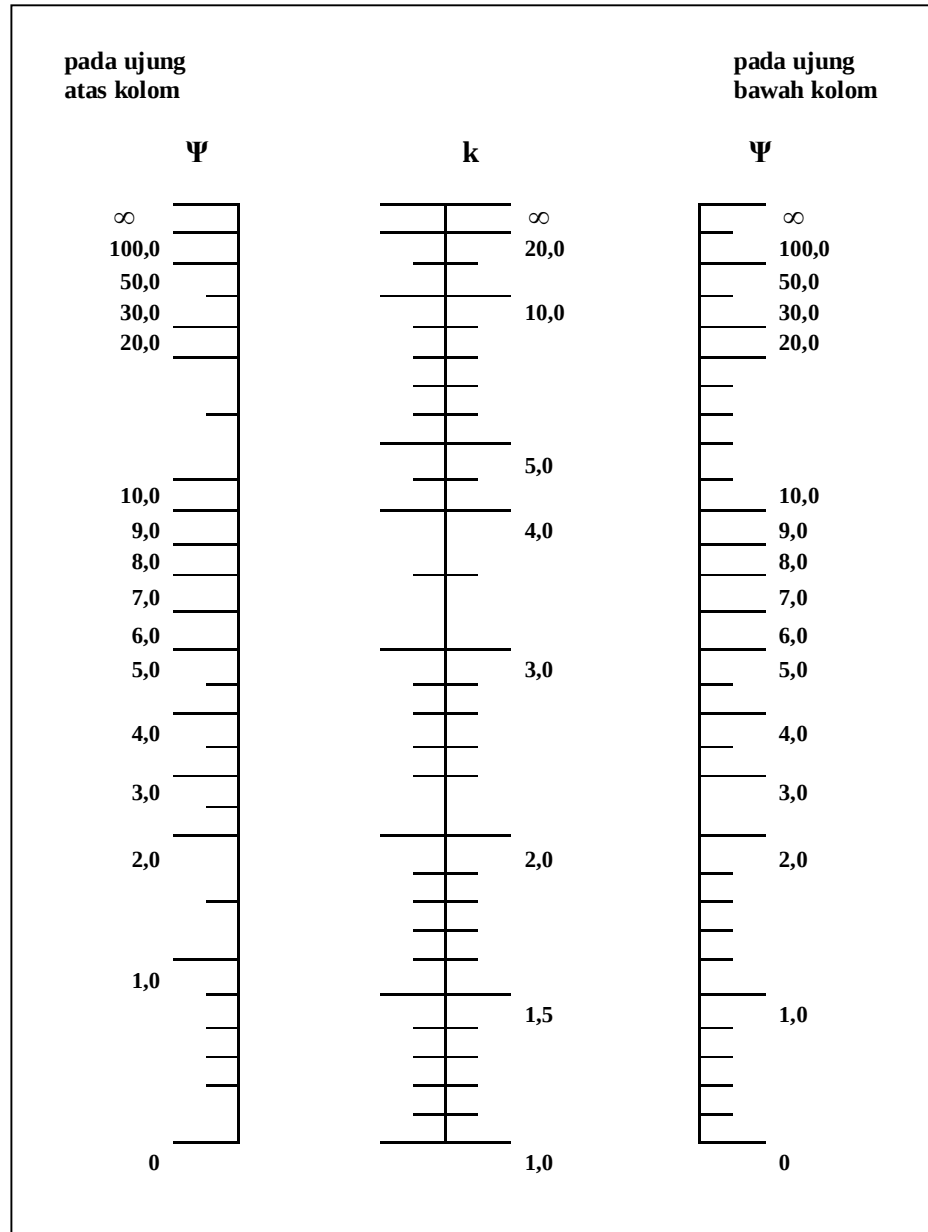
$$I_k = 1/12 b h^3$$

$$I_b = 1/12 b h^3$$

$$E.I_k = \frac{E_c.I_g}{2,5(1 + \beta.d)} \rightarrow \text{untuk kolom} \dots\dots\dots (2.30)$$

$$E.I_b = \frac{E_c.I_g}{5(1 + \beta.d)} \rightarrow \text{untuk balok} \dots\dots\dots (2.31)$$

7. Faktor panjang efektif kolom



Gambar 2.15 Diagram nomogram untuk menentukan tekuk dari kolom

8. Nilai eksentrisitas (Istimawan Dipohusodo, 302) :

$$e = \frac{M_U}{P_U} \dots\dots\dots (2.32)$$

9. Menentukan Ψ_a dan Ψ_b (W.C Vis dan Gideon Kusuma, 188) :

$$\varphi = \frac{\left(\frac{E.I_K}{I.K} \right)}{\left(\frac{E.I_b}{E.I_b} \right)} \dots\dots\dots (2.33)$$

10. Angka kelangsingan kolom (Istimawan Dipohusodo, 331) :

Kolom langsing dengan ketentuan :

- rangka tanpa pengaku lateral = $\frac{Klu}{r} < 22$
- rangka dengan pengaku lateral = $\frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M_{1-b}}{M_{2-b}} \right)$

Menurut SNI 03-2847-2002, 78 ayat 12.10.1 butir 5 :

- untuk semua komponen struktur tekan dengan $\frac{Klu}{r} > 100$ harus digunakan analisa pada Tata cara perhitungan struktur beton bertulang gedung
- apabila $\frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M_{1-b}}{M_{2-b}} \right)$ atau $\frac{Klu}{r} > 22$ maka perencanaan harus menggunakan metode pembesaran momen.

11. Perbesaran momen (Istimawan Dipohusodo, 335 dan 336) :

$$M_c = \delta_b \times M_{2b} + \delta_s \times M_{2s} \dots\dots\dots (2.34)$$

$$\delta_b = \frac{Cm}{1 - \frac{Pu}{\phi P_c}} \geq 1,0 \dots\dots\dots (2.35)$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum Pu}{\phi \sum P_c}} \geq 1,0 \dots\dots\dots (2.36)$$

$$Cm = 0,6 + 0,4 \times \frac{M_{1B}}{M_{2B}} \geq 0,4 \rightarrow \text{kolom dengan pengaku}$$

$$Cm = 1,0 \rightarrow \text{kolom tanpa pengaku}$$

12. Desain penulangan (Istimawan Dipohusodo, 325) :

Hitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 2% luas kolom

$$\rho = \rho' = \frac{As}{bxd} \rightarrow As = As' \dots\dots\dots (2.37)$$

13. Tentukan tulangan yang dipakai

$$\rho = \rho' = \frac{As_{pakai}}{bxd} \dots\dots\dots (2.38)$$

2.5.7 Perencanaan sloof

Sloof adalah balok yang menghubungkan pondasi sebagai tempat untuk menyalurkan beban dinding. Hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan dan perhitungan sloof :

1. Penentuan dimensi sloof
2. Penentuan pembebanan pada sloof
 - a. Berat sloof
 - b. Berat dinding
 - c. Berat plesteran
3. Perhitungan momen (menggunakan program SAP 2000 V14)
4. Penulangan
5. Cek penulangan

$V_u < V_c$, tidak perlu tulangan geser

$V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$, diperlukan tulangan praktis

2.5.8 Perencanaan pondasi

Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Hal yang dipertimbangkan dalam menentukan jenis pondasi :

- 1) Keadaan tanah pondasi
- 2) Jenis konstruksi bangunan
- 3) Kondisi bangunan disekitar pondasi
- 4) Waktu dan biaya pengerjaan

Secara umum dalam perencanaan pondasi harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a) Tegangan kontak pada tanah tak melebihi daya dukung tanah yang diizinkan.
- b) *Settlement* (penurunan) dari struktur masih termasuk dalam batas yang diijinkan, jika ada kemungkinan yang melebihi dari perhitungan awal, maka ukuran pondasi dapat dibuat berbeda dan dihitung secara sendiri-sendiri sehingga penurunan yang terjadi menjadi persamaan.

Pemilihan bentuk pondasi yang didasarkan pada daya dukung tanah, perlu diperhatikan beberapa hal sebagai berikut :

1. Bila tanah keras terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter di bawah permukaan tanah, maka pondasi yang dipilih sebaiknya jenis pondasi dangkal (pondasi jalur atau pondasi tapak).
2. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 10 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang *minipile* dan pondasi sumuran atau *borpile*.
3. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 20 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang pancang.

Adapun urutan-urutan dalam menganalisis pondasi (Sardjono HS, 55, 61 dan 65) :

1. Menentukan beban-beban yang bekerja pada pondasi
2. Menentukan diameter tiang yang digunakan
3. Menentukan jarak tiang yang digunakan
4. Menentukan efisiensi kelompok tiang (Persamaan dari *Uniform Building Code*)

$$Eff \eta = 1 - \frac{\theta}{90} \left\{ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{m.n} \right\} \dots\dots\dots (2.39)$$

5. Menentukan daya dukung ijin 1 tiang pancang

$$Q_{tiang} = \frac{A_{tiang} \times P}{3} + \frac{O_{xc}}{5} \dots\dots\dots (2.40)$$

6. Menentukan kemampuan tiang terhadap sumbu X dan sumbu Y

$$P_{\max} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{\max}}{n y \cdot \sum X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{\max}}{n x \cdot \sum Y^2} \dots\dots\dots (2.41)$$

Pondasi merupakan bagian dari struktur bangunan yang terletak di bawah bangunan yang berfungsi memikul beban dari struktur bangunan yang ada di atasnya dan mendistribusikannya ke lapisan tanah pendukung sehingga struktur bangunan dalam kondisi aman. Fungsi pondasi adalah sebagai berikut :

1. Untuk menyalurkan beban bangunan ke tanah
2. Mencegah terjadinya penurunan bangunan
3. Memberikan kestabilan pada bangunan di atasnya

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan jenis pondasi :

1. Keadaan tanah pondasi
2. Jenis konstruksi bangunan
3. Kondisi bangunan di sekitar lokasi
4. Waktu dan biaya pekerjaan

Berdasarkan letak lapisan tanah keras, pondasi ada 2 macam, yaitu :

1. Pondasi dangkal (*Shallow footing*)

Pondasi yang berada pada lapisan tanah keras yang letaknya dekat dengan permukaan tanah. Seperti pondasi telapak (setempat) dan pondasi menerus (*Continuous footing*)

2. Pondasi dalam (*Deep footing*)

Pondasi yang berada pada lapisan tanah keras yang letaknya jauh dengan permukaan tanah. Seperti pondasi sumuran, pondasi tiang pancang, dan pondasi tiang bor.

Dalam laporan akhir ini, pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang. Langkah-langkah untuk menghitung pondasi tiang pancang yaitu sebagai berikut :

1. Menentukan daya dukung ijin tiang pancang

$$P = \frac{Nk.A}{3} + \frac{JHP.keliling}{5} \dots\dots\dots (2.42)$$

2. Menentukan beban-beban yang bekerja pada pondasi
3. Perhitungan tiang pancang
4. Pola pengangkatan tiang pancang
5. Penulangan tiang pancang
6. Penulangan geser tiang pancang
7. Perhitungan *poer*

2.6 Pengelolaan Proyek

2.6.1 Rencana kerja dan syarat-syarat

Rencana kerja dan syarat syarat adalah segala ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh para kontraktor pada saat akan mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan nantinya.

2.6.2 Volume pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada, dan dihitung dalam setiap jenis pekerjaan. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek.

2.6.3 Analisa harga satuan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan biaya-biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Guna dari harga satuan ini agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat dalam analisa harga satuan ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari hasil perkalian

dengan volume pekerjaan. Analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

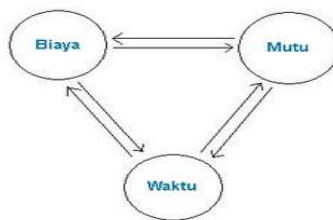
2.6.4 Rencana anggaran biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda di masing-masing daerah disebabkan karena perbedaan harga bahan upah tenaga kerja. Tujuan dari pembuatan RAB itu sendiri adalah untuk memberikan gambaran yang pasti tentang besarnya biaya.

2.6.5 *Network planning* (NWP)

Dalam menyelesaikan pekerjaan konstruksi dibutuhkan suatu perencanaan waktu yang akan diperlukan untuk menyelesaikan tiap pekerjaan yang akan dilaksanakan. NWP adalah suatu cara pengendalian pekerjaan lapangan yang ditandai dengan simbol tertentu berupa urutan kegiatan dalam suatu proyek yang berfungsi untuk memperlancar pekerjaan. Proyek konstruksi membutuhkan perencanaan, penjadwalan dan pengendalian proyek. Tujuannya adalah menyelaraskan antara biaya proyek yang optimal mutu pekerjaan yang baik/berkualitas, dan waktu pelaksanaan yang tepat. Karena ketiganya adalah 3 elemen yang saling mempengaruhi yaitu biaya, mutu dan waktu.



Gambar 2.16 Diagram NWP

Ilustrasi dari 3 *circles* diagram diatas adalah Jika biaya proyek berkurang (atau dikurangi) sementara waktu pelaksanaan direncanakan tetap, maka secara otomatis anggaran belanja material akan dikurangi dan mutu pekerjaan akan berkurang → secara umum proyek rugi. Jika waktu pelaksanaan mundur/terlambat, sementara tidak ada rencana penambahan anggaran, maka mutu pekerjaan juga akan berkurang → secara umum proyek rugi. Jika mutu ingin dijaga, sementara waktu pelaksanaan mundur/terlambat, maka akan terjadi peningkatan anggaran belanja → secara umum proyek juga rugi.

Inti dari 3 komponen proyek konstruksi tersebut adalah bagaimana menjadwal dan mengendalikan pelaksanaan proyek agar berjalan sesuai dengan *schedule* yang telah ditetapkan, selesai tepat pada waktunya, sehingga tidak terjadi pengurangan mutu pekerjaan atau penambahan anggaran belanja.

2.6.6 Barchart dan kurva S

Barchart menguraikan tentang uraian setiap pekerjaan mulai dari tahap awal sampai berakhirnya pekerjaan, bobot pekerjaan dan pelaksanaan pekerjaan. Sedangkan kurva “S” adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progres pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Kurva “S” dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dari awal sampai berakhirnya pekerjaan. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapatkan dari perbandingan harga pekerjaan dan harga total keseluruhan dari jumlah penawaran.