

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

Pada perencanaan suatu konstruksi bangunan gedung diperlukan beberapa landasan teori berupa analisa struktur, ilmu tentang kekuatan bahan serta hal lain yang berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia. Ilmu teoritis di atas tidaklah cukup karena analisa secara teoritis tersebut hanya berlaku pada kondisi struktur ideal sedangkan gaya-gaya yang dihitung hanya merupakan pendekatan dari keadaan yang sebenarnya atau yang diharapkan terjadi.

Perencanaan dari konstruksi bangunan juga harus memenuhi berbagai syarat konstruksi yang telah ditentukan yaitu kuat, kaku, bentuk yang serasi dan dapat dilaksanakan dengan biaya yang ekonomis tapi tidak mengurangi mutu bangunan tersebut, sehingga dapat digunakan sesuai dengan fungsi utama yang diinginkan oleh perencana.

2.2 Ruang Lingkup Perencanaan

Ruang lingkup perencanaan meliputi beberapa tahapan-tahapan antara lain: persiapan, mendesain bangunan, perhitungan struktur dan perhitungan biaya.

2.2.1 Perencanaan Konstruksi

Adapun tingkat perencanaan sebagai berikut:

1. Pra Rencana (Preliminary Design)

Terdiri dari gambar-gambar atau sketsa dan merupakan out line dari bagan dan perkiraan biaya bangunan.

2. Rencana

Terdiri dari gambar perencanaan bentuk arsitek bangunan dan perencanaan struktur konstruksi bangunan.

Struktur adalah satu kesatuan dan rangkaian dari beberapa elemen yang direncanakan agar mampu menerima beban dari luar maupun berat sendiri tanpa mengalami perubahan bentuk yang melampaui batas persyaratan.

Ada 2 Struktur pendukung, yaitu :

1) Struktur bangunan atas

Sanggup mewujudkan perencanaan arsitektur dan harus sanggup menjamin segi keamanan dan kenyamanan. Untuk itu bahan yang digunakan untuk bangunan dengan kriteria perencanaan antara lain :

- a. Tahan api
- b. Kuat dan kokoh, Setiap bangunan yang direncanakan harus kuat menahan beban dan tahan terhadap goyangan yang diakibatkan oleh gempa, beban angin dan sebagainya.
- c. Awet, untuk jangka waktu yang lama.
- d. Ekonomis, Setiap konstruksi yang dibangun harus seekonomis mungkin dan disesuaikan dengan biaya yang ada tanpa mengurangi mutu dan kekuatan bangunan.
- e. Aman dan nyaman, Setiap bangunan yang dibangun harus memperhatikan aspek-aspek kenyamanan serta orang-orang yang menghuni merasa dan nyaman.

Perhitungan Perencanaan bangunan atas meliputi :

- a) Perhitungan atap
- b) Perhitungan pelat
- c) Perhitungan tangga
- d) Perhitungan balok anak
- e) Perhitungan portal
- f) Perhitungan balok

- g) Perhitungan kolom
- h) Perhitungan pondasi

2) Struktur bangunan bawah

Struktur bangunan bawah adalah sistem pendukung bangunan yang menerima beban struktur atas untuk diteruskan ke tanah di bawahnya.

Perhitungan perencanaan bangunan bawah meliputi :

- a) Perhitungan Sloof
- b) Perhitungan Pondasi

2.2.2 Dasar Perencanaan

Perhitungan struktur bangunan gedung ini berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia dan buku-buku referensi, diantaranya :

1. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung, (SNI-1727-1898) 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. Tabel Profil Konstruksi Baja, oleh Ir. Rudy Gunawan. Buku ini memuat Spesifikasi dan Dimensi dari Profil-profil Baja yang digunakan dalam konstruksi baja.
8. Pondasi Tiang Pancang Jilid I, oleh Sardjono, HS. Buku ini memuat pengertian dan penjelasan mengenai perencanaan pondasi tiang pancang.

Suatu struktur bangunan gedung juga harus direncanakan kekuatannya terhadap suatu pembebanan, adapun jenis pembebanan antara lain:

a. Beban Mati (Beban Tetap)

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

(Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung, hal 1)

b. Beban Hidup (Beban Sementara)

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk baban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan adanya perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air ke dalam beban hidup tidak termasuk beban angin, beban gempa, dan beban khusus. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung / SKBI-1.3.53.1987,hal 2)

c. Beban Hujan

Dalam hitungan beban hujan diasumsikan sebagai beban yang bekerja tegak lurus terhadap bidang atap dan koefisien beban hujan ditetapkan sebesar $(40-0,8\alpha)$ kg/m² dan α sebagai sudut atap. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung / SKBI-1.3.53.1987,hal 2)

d. Beban Angin

Semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban memperhitungkan adanya tekanan positif dan negatif yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung / SKBI-1.3.53.1987,hal 2)

e. Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal ini pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisis dinamik, maka diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung / SKBI-1.3.53.1987,hal 2)

f. Beban Khusus

Beban khusus adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang terjadi akibat selisih suhu, pengangkatan dan pemasangan, penurunan pondasi, susut, gaya-gaya tambahan yang berasal dari beban hidup seperti gaya rem yang berasal dari keran, gaya sentrifugal dan gaya dinamis yang berasal dari mesin-mesin, serta pengaruh-pengaruh khusus lainnya. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung / SKBI-1.3.53.1987, hal 2)

2.3 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 2.3.1 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

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

E (Modulus Elastis) = 200.000 MPa

G (Modulus Geser) = 80.000 MPa

μ (Nisbah Poisson) = 0,3

α (Koefisien Pemuaian) = $12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

(Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal 9)

Untuk penampang yang mempunyai perbandingan lebar terhadap tebalnya lebih kecil daripada nilai λ_r , daya dukung nominal komponen struktur tekan dihitung sebagai berikut :

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \frac{f_y}{w}$$

$$f_{cr} = \frac{f_y}{w}$$

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 $w = 1,25 \lambda_c^2$

(Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal 27)

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

Rangka Atap / Kuda-Kuda

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

2.4 Perencanaan Struktur

2.4.1 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

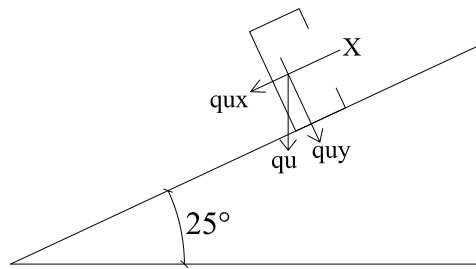
Gording adalah balok atap sebagai pengikat yang menghubungkan antar kuda-kuda. Gording juga menjadiudukan untuk kasau dan balok jurai dalam. Dalam perencanaan struktur bangunan gedung ini khususnya pada perencanaan gording, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia.

Dasar perhitungan yang digunakan adalah :

1. Peraturan Pembebanan Bangunan untuk Rumah dan Gedung (SNI-1727-1898). Memuat dan menjelaskan mengenai ketentuan 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 2.4.1.1 Gording Kanal

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

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

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 :

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

Untuk penampang langsing yang memenuhi $\lambda_r < \lambda$, kuat lentur nominal penampang adalah

$$Mn = Mr \left(\frac{\lambda r}{\lambda} \right)^2$$

(Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal 34 – 40)

Setelah semua momen dihitung maksimum, maka diperiksa kekuatan penampang berdasarkan kombinasi pembebanan berdasarkan pembebanan yang terjadi dengan menggunakan rumus :

$$\left[\frac{cmx \cdot Mux}{\phi Mnx} \right] \eta + \left[\frac{cmy \cdot Muy}{\phi Mny} \right] \eta \leq 1$$

(Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal. 76)

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

cmx = cmy 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. Kontrol dimensi *single beam*

Single beam 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 factor reduksi kekuatan = 0,9

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

$$N_n = \frac{A_g \cdot f_y}{\omega}$$

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 $\omega = 1,25 \sqrt{E_s}$

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 :

$$L_k = L \cdot K_c$$

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.
3. Untuk komponen struktur tarik, nilai $L_k/r < 200$
 4. 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 :

$$N_u < N_n$$

$$\phi = 0,9$$

$$N_n = A_g \cdot f_y$$

Cek kekompakan penampang terhadap bidang momen :

- Pelat Sayap - Pelat badan	}	dengan syarat : $M_u < \phi M_n$
--	---	---

Cek terhadap tekan dan lentur :

$$V_n = 0,6 \times f_{yb} \times A_w$$

$$= 0,6 \times f_{yb} (d \times t_b)$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

d. Sambungan Baut

1. Perencanaan Baut

Suatu baut yang memikul gaya terfaktor, R_u , harus memenuhi

$$R_u \leq \phi R_n$$

(Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal. 99)

2. Baut dalam geser

Kuat geser rencana dari satu baut dihitung sebagai berikut :

$$V_d = \phi_f V_n = \phi_f r_l f_u^b A_b$$

(Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal. 100)

3. Baut yang memikul gaya tarik

Kuat tarik rencana satu baut dihitung sebagai berikut :

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f 0,75 f_u^b A_b$$

(Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal.100)

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 :

$$R_d = \phi_f R_n = 2,4 \phi_f d_b t_p f_u$$

(Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal. 101)

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 :

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

(Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal.102)

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 $15 t_p$.

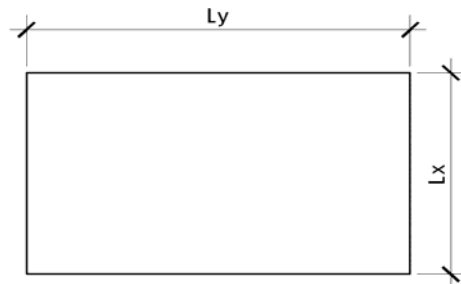
(Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal.102)

2.4.2 Perencanaan Pelat

Pelat beton bertulang dalam suatu struktur dipakai pada lantai dan atap. Pada pelat yang ditumpu balok pada keempat sisinya, terbagi dua berdasarkan geometrinya, yaitu:

1. Pelat Satu Arah (*One Way Slab*)

Suatu pelat dikatakan pelat satu arah apabila $\frac{L_y}{L_x} > 2$, dimana L_y adalah sisi panjang dan L_x adalah panjang sisi pendek.



Gambar 2.4.2.1 Pelat yang ditumpu Pada Keempat Sisinya

Dalam perencanaan struktur pelat satu arah, langkah–langkahnya adalah sebagai berikut :

a. Penentuan Tebal Pelat

Penentuan tebal pelat terlentur satu arah tergantung pada beban atau momen lentur yang bekerja, defleksi yang terjadi, dan kebutuhan kuat geser yang dituntut. (Istimawan:56). Untuk pelat satu arah tanpa memperhitungkan lendutan dapat menggunakan tabel 8 pada SNI-03-2847-2002:63)

Tabel 2.4.2.1 Minimum Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung

	Tebal Minimum, h			
Komponen Struktur	Dua tumpuan sederhana	Satu ujung menerus	Kedua 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	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau pelat rusuk satu arah	1/16	1/18,5	1/21	1/8
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 di atas harus dimodifikasi sebagai berikut : (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis di antara 1500 kg/m³ sampai 2000 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan [1,65 - (0,003 w_c)] tetapi tidak kurang dari 1,09, dimana w_c adalah berat jenis dalam kg/m³. (b) Untuk f_y selain 400 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan $0,4 + \frac{f_y}{700}$				

Sumber : (SNI 03-2847-2002:63)

- b. Menghitung Beban Mati Pelat Termasuk Beban Sendiri Pelat Dan Beban Hidup Serta Menghitung Momen Rencana (W_u).

$$W_u = 1,2 W_{DD} + 1,6 W_{LL}$$

W_{DD} = Jumlah Beban Mati Pelat (KN/m)

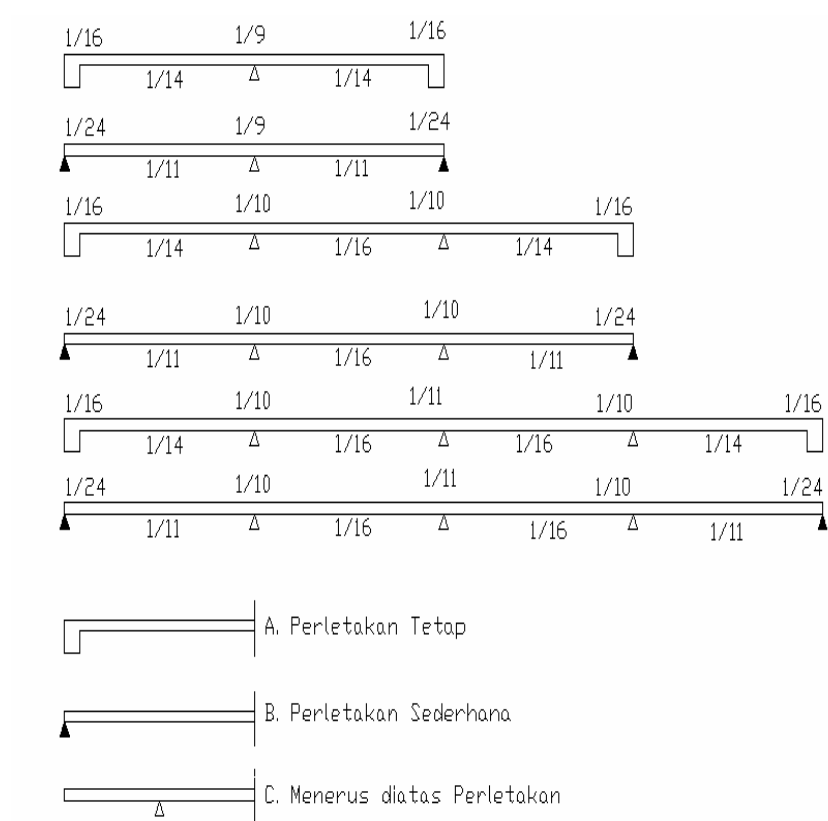
W_{LL} = Jumlah Beban Hidup Pelat (KN/m)

- c. Menghitung Momen Rencana (M_u) Baik Dengan Cara Koefisien Atau Analisis.

Metode pendekatan berikut ini dapat digunakan untuk menentukan momen lentur dan gaya geser dalam perencanaan balok menerus dan pelat satu arah, yaitu pelat beton bertulang dimana tulangnya hanya direncanakan untuk memikul gaya-gaya dalam satu arah, selama :

- 1) Jumlah minimum bentang yang ada haruslah minimum dua,
- 2) Memiliki panjang bentang yang tidak terlalu berbeda, dengan rasio panjang bentang terbesar terhadap panjang bentang terpendek dari dua bentang yang bersebelahan tidak lebih dari 1,2,
- 3) Beban yang bekerja merupakan beban terbagi rata,
- 4) Beban hidup per satuan panjang tidak melebihi tiga kali beban mati per satuan panjang, dan
- 5) Komponen struktur adalah prismatis.

Koefisien momen menurut SNI -03-2847-2002 Pasal 10.3.3 :52)



Gambar 2.4.2.2 Koefisien Momen

d. Perkiraan Tinggi Efektif (d)

Tinggi efektif merupakan hasil pengurangan dari tinggi total dikurang selimut beton dan dikurang setengah diameter tulangan.

Untuk beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut

Tabel 2.4.2.2 Tebal Selimut Minimum (mm)

	Tebal selimut minimum

a) Beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca:	
Batang D-19 hingga D-56	50
Batang D-16, jaring kawat polos atau ulir D16 dan yang lebih kecil	40
c) Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau tanah:	
<u>Pelat, dinding, pelat berusuk:</u>	
batang D-44 dan D-56	40
batang D-36 dan yang lebih kecil	20
<u>Balok, kolom:</u>	
tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral	40
<u>Komponen struktur cangkang, pelat lipat:</u>	
batang D-19 dan yang lebih besar	20
batang D-16, jaring kawat polos P16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil	15

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

e. Menghitung k_{perlu}

$$k = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

k = koefisien tahanan (Mpa)

M_u = momen terfaktor pada penampang (kNm)

b = lebar penampang (mm) diambil 1 m

d = tinggi efektif pelat (mm)

ϕ = faktor reduksi kekuatan lentur tanpa beban aksial = 0.8

(SNI-03-2847-2002:61)

- f. Menentukan rasio penulangan (ρ) dari tabel. Dalam Penggunaan ρ ada ketentuan yaitu $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

Jika $\rho < \rho_{min}$, maka menggunakan ρ_{min}

Jika $\rho > \rho_{max}$, maka pelat dibuat lebih tebal.

- g. Hitung As yang diperlukan.

$$As = \rho b d$$

As = Luas tulangan (mm²)

ρ = rasio penulangan

d = tinggi efektif pelat (mm)

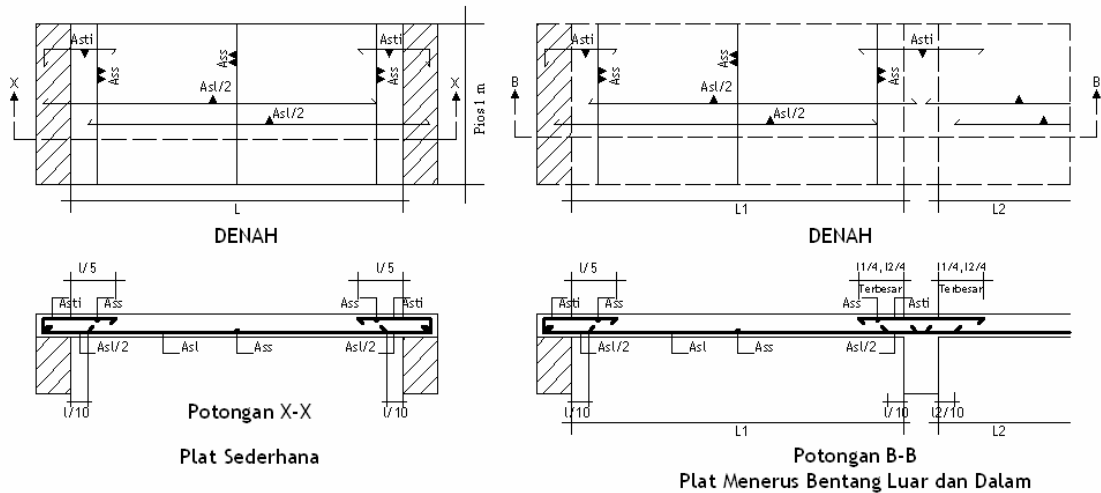
- h. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang
i. Memilih tulangan susut dan suhu dengan menggunakan tabel.

Untuk tulangan susut dan suhu dihitung berdasarkan peraturan SNI-03-2847-2002:48 yaitu :

- 1) Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014:
 - a) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300.....0,0020
 - b) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos atau ulir) mutu 400 0,0018
 - c) Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400 MPa yang diukur pada reganganlelehsebesar0,35%.....0,0018x400/f

- 2) Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari lima kali tebal pelat, atau 450 mm.

j. Penggambaran Tulangan



Gambar 2.4.2.3 Penulangan Pelat Satu Arah

2. Pelat dua Arah (*Two Way Slab*)

- a. Menentukan tebal pelat dimisalkan dengan suatu ketebalan

$l_n/36$ (panel dalam) menurut SNI-03-2847-2002:66

- b. Kontrol ketebalan pelat yang dimisalkan dengan :

- 1) Untuk α_m lebih besar dari 0.2 tapi tidak lebih besar dari 2.0 ketebalan pelat minimum harus memenuhi

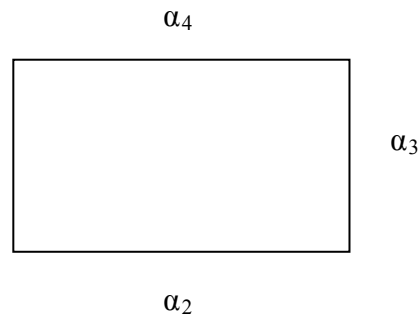
$$h = \frac{l_n(0.8 + \frac{F_y}{1600})}{36 + 9\beta (\alpha_m - 0.2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 120 mm

- 2) Untuk α_m lebih besar dari 2.0 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari

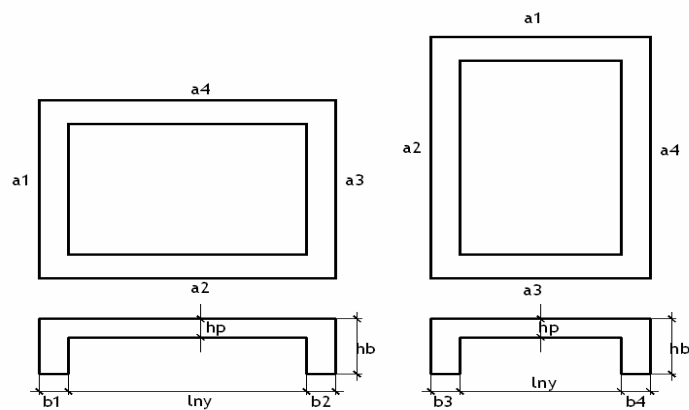
$$h = \frac{l_n(0.8 + \frac{F_y}{1600})}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm



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

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



- c. 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.

$$W_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

- d. Mencari Momen

Mencari momen yang bekerja pada arah x dan y, dengan cara penyaluran “metode koefisien momen plat”.

Tabel 2.4.2.3 Momen yang Menentukan Per Meter Lebar Dalam Jalur Tengah Pada Pelat Dua Arah Akibat Beban Terbagi Rata

Skema	Penyaluran beban berdasarkan 'metode amplop' kali w_u lantai' l_x	Momen per meter lebar	$\frac{l_y}{l_x}$							
			1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	41	54	67	79	87	97	110	117
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	41	35	31	28	26	25	24	23
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	25	34	42	49	53	58	62	65
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	25	22	18	15	15	15	14	14
		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	51	63	72	78	81	82	83	83
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$	51	54	55	54	54	53	51	49
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	30	41	52	61	67	72	80	83
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	30	27	23	22	20	19	19	19
		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	68	84	97	106	113	117	122	124
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$	68	74	77	77	77	76	73	71
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	24	36	49	63	74	85	103	113
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	33	33	32	29	27	24	21	20
		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	69	85	97	105	110	112	112	112
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	33	40	47	52	55	58	62	65
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	24	20	18	17	17	17	16	16
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$	69	76	80	82	83	83	83	83
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	31	45	58	71	81	91	106	115
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	39	37	34	30	27	25	24	23
		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	91	102	108	111	113	114	114	114
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	39	47	57	64	70	75	81	84
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	31	25	23	21	20	19	19	19
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$	91	98	107	113	118	120	124	124
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	25	36	47	57	64	70	79	83
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	28	27	23	20	18	17	16	16
		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	54	72	88	100	108	114	121	124
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$	60	69	74	76	76	76	73	71
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	28	37	45	50	54	58	62	65
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	25	21	19	18	17	17	16	16
		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	60	70	76	80	82	83	83	83
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$	54	55	55	54	53	53	51	49

— = terletak bebas
 === = menerus pada tumpuan

(Sumber : Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang. W.C. Vis dan Gideon Kusuma. 1993:26)

e. Mencari tebal efektif pelat

Untuk menentukan tinggi efektif pelat ditinjau dari dua arah yaitu :

Arah X $\longrightarrow dx = h - p - \frac{1}{2} \varnothing$ tulangan arah x

Arah Y $\longrightarrow dy = h - p - \varnothing x - \frac{1}{2} \varnothing$ tulangan arah y

f. Mencari nilai koefisien tahanan (k)

Faktor reduksi $\phi = 0,80$

$$k = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

- g. 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)

- h. Mencari luas tulangan (A_s)

Sebelum menentukan luas tulangan terlebih dahulu meninjau nilai ρ yang didapat.

- 1) Jika $\rho < \rho_{\min}$, maka menggunakan $\rho_{\min}$ maka A_s yang digunakan $A_{s_{\min}}$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

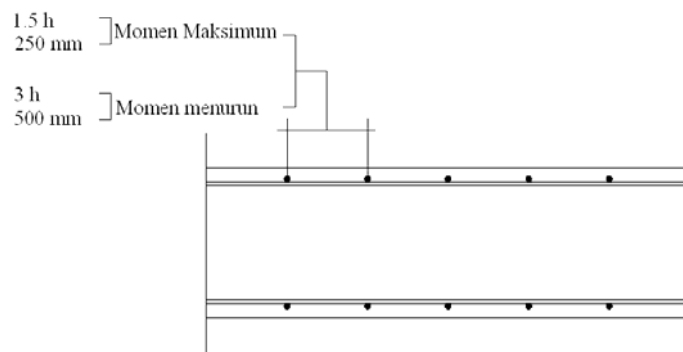
- 2) Jika $\rho > \rho_{\max}$, maka pelat dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang

- i. Mencari jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{\text{Luas 1 batang tulangan}}{\text{Luas hitungan}} \times 1000 \text{ mm}$$

- j. Mengontrol jarak tulangan

Hasil dari perhitungan s perlu dikontrol kembali terhadap $s_{\max}$. Tulangan yang dipasang jaraknya tidak memenuhi jarak maksimum perlu di kontrol kembali.



Gambar 2.4.2.4 Penentuan Jarak Tulangan

$S_{maks} = 3 \times \text{tebal plat (SIN-03-2847:155)}$

k. Pengendalian Retak Akibat Lentur.

Terbentuknya retak pada beton sudah mengeras dapat menyebabkan air merembes dan menjadi korosi pada tulangan.

Retak di dalam beton biasanya disebabkan oleh :

- 1) Perubahan bentuk akibat susut, rangkai akibat beban tetap, tegangan akibat suhu dan perbedaan unsur kimia antara bagian beton
- 2) Tegangan langsung akibat penerusan, beban bertukar, dan lendutan jangka panjang.
- 3) Tegangan akibat beban lentur.

Besarnya lebar retak dapat ditentukan dengan rumus :

$$w = 11 \times 10^{-6} \beta f_s \sqrt{d_c A}$$

Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang di dalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar.

Selain itu, spasi tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh melebihi

$$s = \frac{f_{tcr}}{f_s} - 2,5 c_c$$

Tetapi tidak boleh lebih besar dari 300 ($252/f_s$) (SNI -03-2847-2002:72)

Keterangan :

w : lebar retak pada sisi Tarik pelat beton (mm)

$B : h_2/h_1$, perbandingan dari jarak serat Tarik maksimum dengan garis netral pada metoda tegangan Tarik utama terhadap jarak dari titik berat tulangan tarik utama terhadap

netral, nilai $\beta = 1,35$ untuk plat lantai satu arah, tetapi SKSNI T-15 menetapkan $\beta = 1,2$

f_s : tegangan kerja dalam tulangan (Mpa), boleh diambil $f_s = 0,6 f_y$

d_c : tebal penutup beton, yang diukur dari serat beton tarik maksimum ke titik pusat tulangan tarik terdekat (mm)

A : luas efektif dari sekeliling tulangan tarik utama (mm^2), yang nilainya dihitung dari $A = 2 d_c s$

c : Konstanta empiris/percobaan, yang nilainya $c = 11 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{N}$

Lebar retak maksimum yang diijinkan pada suatu elemen struktur bergantung pada fungsi elemen struktur tersebut dan kondisi lingkungan. ACI committee memberikan batasan lebar retak maksimum yang diijinkan untuk bangunan yaitu :

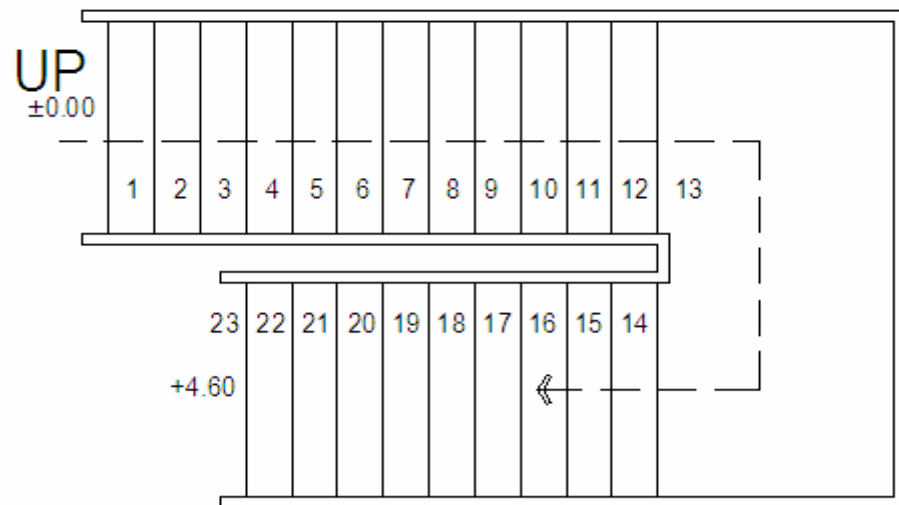
Tabel 2.4.2.4 Lebar Retak Maksimum

Kondisi Lingkungan	Lebar Retak (mm)
- Udara kering atau struktur terlindung	0.41
- Udara lembab atau elemen struktur tak terlindung	0.30
- Air laut basah atau kering	0.15
- Struktur penahan air	0.10

Sumber : Konstruksi Beton 2:12

2.4.3 Perencanaan Tangga

Tangga adalah suatu konstruksi yang menghubungkan antara tempat satu ketempat yang lainnya yang mempunyai ketinggian yang berbeda. Tangga terdiri dari anak tangga dan pelat tangga.



Gambar 2.4.3.1 Tangga

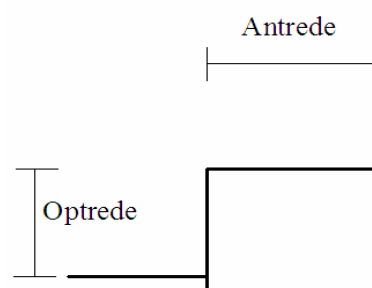
a. Bagian-bagian dari tangga :

1) Antrede

Antrede yaitu bagian anak tangga bidang horizontal yang merupakan bidang pijak telapak kaki.

2) Optrede

Optrede yaitu bagian anak tangga vertikal yang merupakan selisih tinggi antara dua anak tangga yang berurutan.



Gambar 2.4.3.2 Anak Tangga (Menjelaskan Posisi Optrede dan Antrede)

b. Syarat-syarat umum tangga

1) Mudah dilewati.

2) Kuat dan kaku.

3) Ukuran tangga harus sesuai dengan sifat dan fungsinya.

- 4) Material yang digunakan harus baik.
- 5) Letak tangga harus strategis.
- 6) Sudut kemiringan tidak lebih dari 45° .

c. Syarat-syarat khusus tangga

- 1) Untuk bangunan rumah tinggal
 - Antrede = 25 cm (minimum)
 - Optrede = 20 cm (maksimum)
 - Lebar tangga = 80-100 cm
- 2) Untuk perkantoran dan lain-lain
 - Antrede = 25 cm (minimum)
 - Optrede = 17 cm (maksimum)
 - Lebar tangga = 120-200 cm

3) Syarat bordes

$$L_{\text{bordes}} = l_n + (a \text{ s/d } 2a)$$

a = antrede

o = optrede

l_n = langkah normal diambil antara 57-65

$$l_n = a + 2 O$$

- 4) Lebar tangga dipengaruhi oleh fungsi tangga pada jenis bangunan tertentu. Misalnya lebar tangga untuk gedung bioskop atau pasar swalayan akan berbeda dengan lebar rumah tangga biasa. Lebar tangga dibedakan menjadi dua yaitu :

- a) Lebar tangga efektif adalah lebar yang dihitung mulai dari sisi dalam rimbat tangan (pegangan) yang satu sampai dengan sisi dalam rimbat tangan yang lainnya.
- b) Lebar tangga total adalah lebar efektif tangga ditambah dua kali tebal rimbat tangan (t), ditambah lagi dua kali pijakan (s) diluar rimbat tangan.

$$\text{Lebar tangga total} = \text{lebar efektif} + 2t + 2s$$

Keterangan :

- $t = 4 - 6 \text{ cm}$
- $s = 5 - 10 \text{ cm}$

Tabel 2.4.3.1 Ukuran Lebar Tangga Ideal

NO	DIGUNAKAN UNTUK	LEBAR EFEKTIF (cm)	LEBAR TOTAL
1	1 Orang	± 65	± 85
2	1 Orang + anak	± 100	± 120
3	1 Orang + bagasi	± 85	± 105
4	2 Orang	120 - 130	140 - 150
5	3 Orang	180 - 190	200 - 210
6	>3 Orang	>190	>210

Sumber : Konstruksi Bangunan Gedung :17

c) Sudut kemiringan

Maximum = 45°

d) Tinggi bebas diatas anak tangga 2,00 m

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan tangga :

- a. Menentukan ukuran antrede dan optrede setelah diketahui tinggi ruangan yang akan dibuatkan tangga.
- b. Menentukan jumlah antrede dan optrede.
- c. Menentukan panjang tangga.
- d. Menghitung pembebanan tangga :

1) Beban mati

- Berat sendiri tangga
- Berat sendiri bordes
- Berat spesi dan ubin
- Beban sandaran

2) Beban hidup

e. Perhitungan tangga dengan metode cross.

$$K = \frac{4EI}{L}$$

(Metode Distribusi Momen / Metode Cross, oleh Drs. Syahrial AS hal 5)

Faktor distribusi

$$\mu = \frac{K}{\sum K}$$

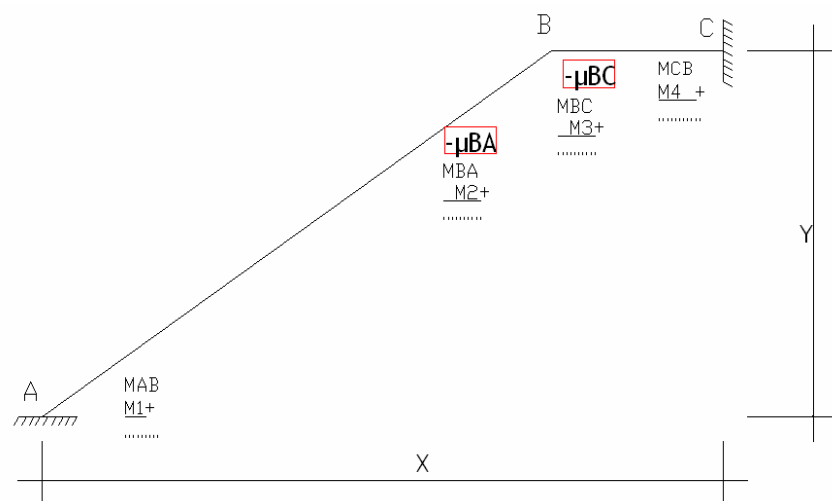
(Metode Distribusi Momen / Metode Cross, oleh Drs. Syahrial AS hal 6)

Momen Primer

$$M_{AB} = \frac{1}{12} \times W_u \times L^2$$

(Metode Distribusi Momen / Metode Cross, oleh Drs. Syahrial AS hal 15)

Perataan Momen



Gambar 2.4.3.3 Perataan Momen

Keterangan :

$$M_2 = (M_{BA} + M_{BC}) \cdot (-\mu_{BA})$$

$$M_3 = (M_{BA} + M_{BC}) \cdot (-\mu_{BC})$$

$$M_1 = 0,5 M_2$$

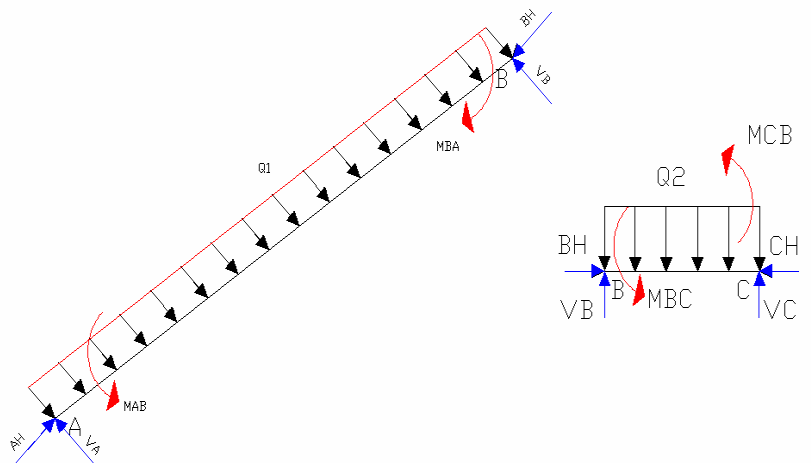
$$M_4 = 0,5 M_3$$

Bidang gaya dalam D, N dan M

$$N = V \cdot \sin \alpha + H \cdot \cos \alpha$$

$$D = V \cdot \cos \alpha + H \cdot \sin \alpha$$

$$M_{\text{maks}} = \frac{D \cdot x \cdot \frac{D}{2}}{2} - M_{\text{primer}}$$



Gambar 2.4.3.4 Contoh Momen

f. Merencanakan tulangan

- 1) Menentukan momen yang bekerja
- 2) Mencari tulangan yang diperlukan
- 3) Mengontrol tulangan
- 4) Menentukan jarak spasi
- 5) Merencanakan tulangan torsi dan geser

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

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

(Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma hal 45)

Tulangan pembagi :

$$As = 0,25 \cdot b \cdot h$$

Tulangan geser :

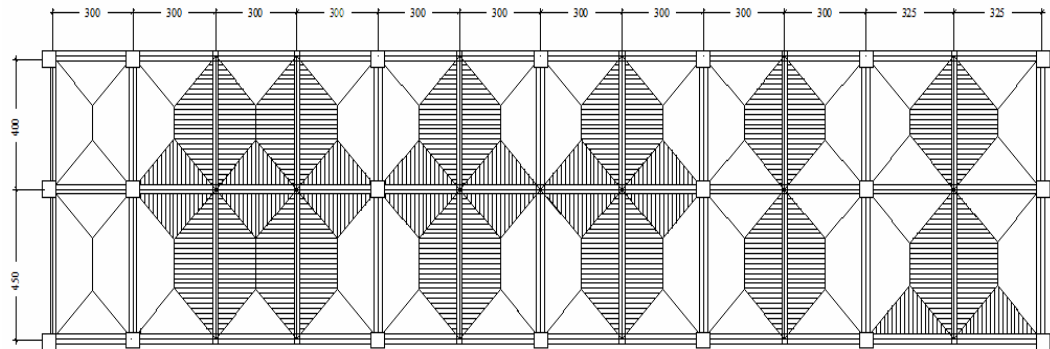
$$v = \frac{V}{b.d}$$

dengan V adalah gaya geser rencana pada penampang yang ditinjau.

(Tata cara perhitungan struktur beton bertulang gedung, SNI 03-2847-2002 hal. 245)

2.4.4 Perencanaan Balok Anak

Balok anak adalah balok yang bertumpu pada balok induk atau tidak bertumpu langsung pada kolom.



Gambar 2.4.4.1 Contoh Balok Anak

Untuk merencanakan balok anak, ada beberapa hal yang harus diperhatikan. Adapun hal-hal tersebut adalah sebagai berikut :

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

$$W_u = 1,2 W_d + 1,6 W_l$$
- d. Menghitung momen dan gaya geser
- e. Menghitung momen lentur maksimum dengan cara :
 - Menentukan momen maksimum

- Menentukan d efektif = $h - p - \emptyset$.sengkan - $\frac{1}{2}.\emptyset$ tulangan utama
 - Menentukan momen $K = \frac{Mu}{\phi.b.d^2}$
 - Menentukan ρ
- f. Perencanaan tulangan geser

2.4.5 Perencanaan Portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan fungsinya menahan beban sebagai satu kesatuan yang lengkap. Portal dihitung dengan menggunakan program SAP 2000. V14, portal yang dihitung adalah portal akibat beban mati, dan hidup.

1. Portal akibat beban mati

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang.

Pembebanan pada portal, yaitu:

- a. Berat plafond + penggantung
- b. Berat sendiri pelat
- c. Berat penutup lantai
- d. Berat adukan
- e. Berat sendiri kolom
- f. Berat sendiri *single beam*
- g. Berat sendiri balok
- h. Berat dari pasangan dinding bata

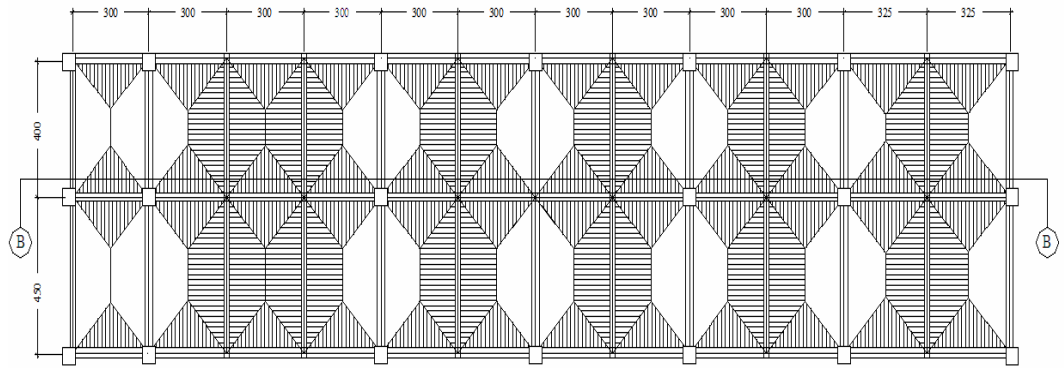
2. Portal akibat beban hidup

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang. Perhitungan portal menggunakan cara yang sama dengan perhitungan portal akibat beban mati.

Pembebanan pada portal akibat beban hidup:

- a. Beban hidup untuk pelat lantai diambil sebesar 250 kg/m^2 (Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung SKBI-1.3.53.19876. hal 12)

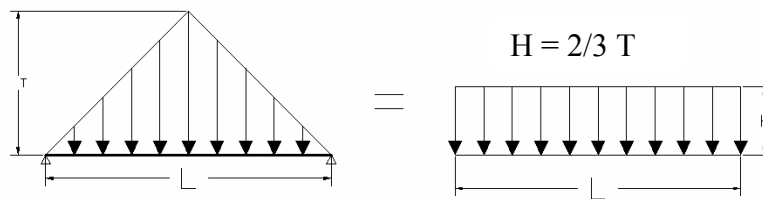
- b. Beban hidup pada atap diambil sebesar 100 kg/m^2 .



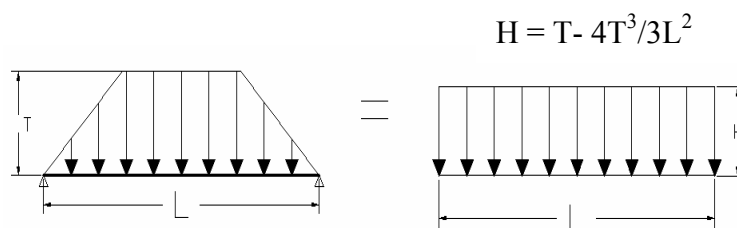
Gambar 2.4.5.1 Contoh Denah Pembebanan

Disederhanakan menggunakan rumus ekivalen beban :

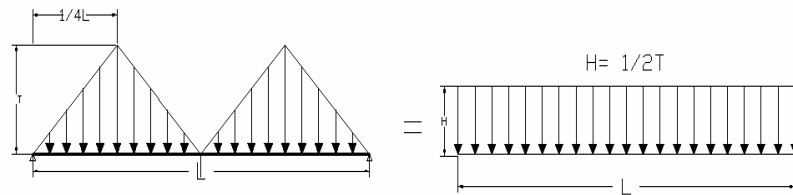
- a) Ekivalen penyaluran beban pelat berbentuk segitiga



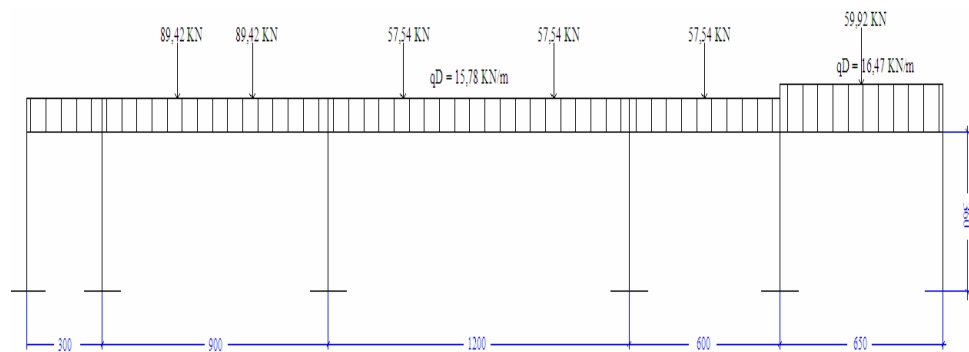
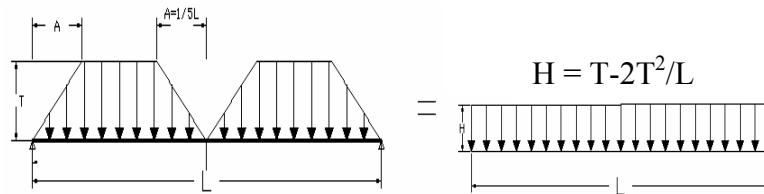
- b) Ekivalen penyaluran beban berbentuk trapesium



- c) Ekivalen penyaluran beban pelat berbentuk dua buah segitiga



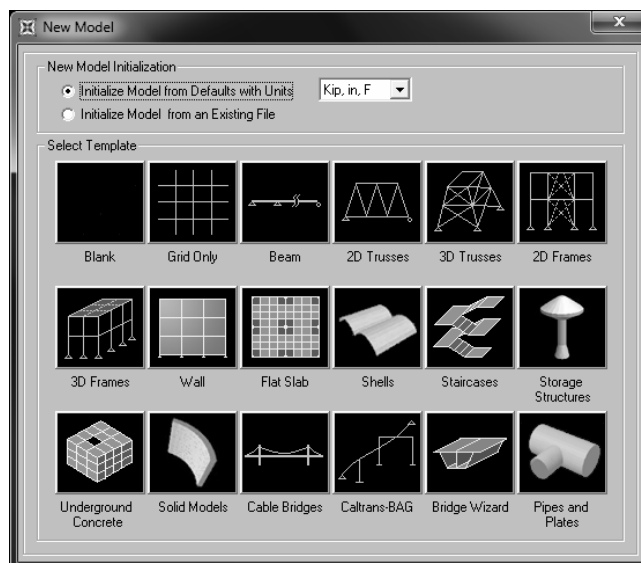
d) Ekvivalen penyaluran beban pelat berbentuk dua buah trapesium



Gambar 2.4.5.2 Penyederhanaan Pembebanan Portal

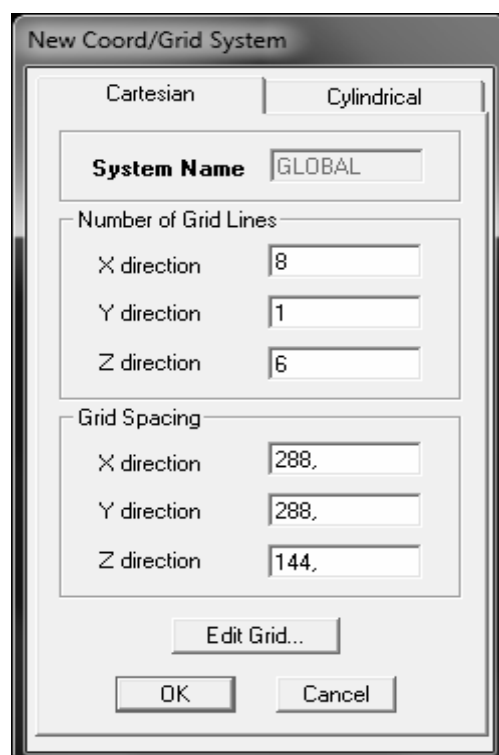
Langkah-langkah menghitung portal dengan menggunakan Program SAP 2000.V14 menurut Handi Pramono, 2007 sebagai berikut :

- 1) Buat model struktur memanjang
 - a) Mengklik file pada program untuk memilih model portal.

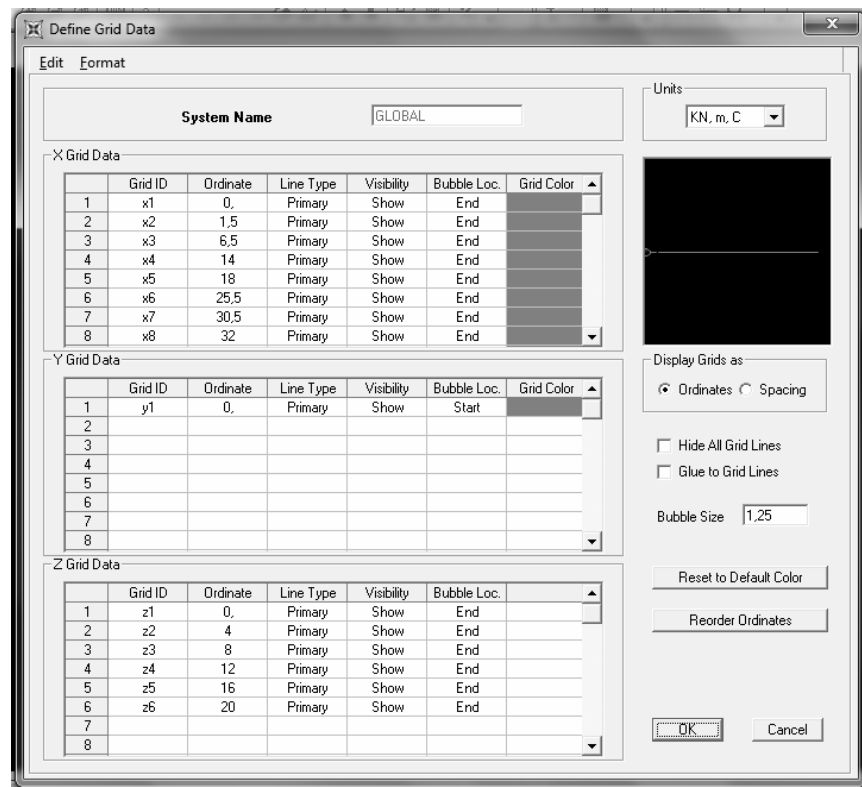


Gambar 2.4.5.3 Model Struktur Konstruksi

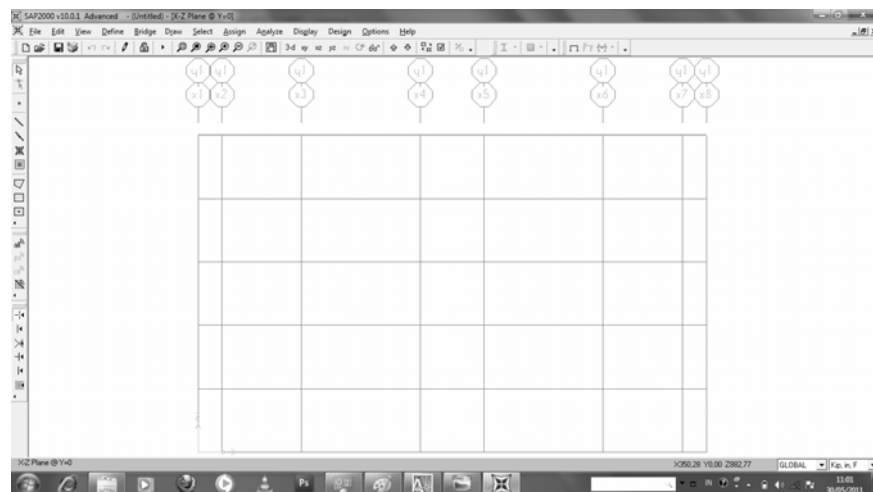
- b) Pilih model grid 2D pada model diatas dan masukkan data-data sesuai perencanaan.



Gambar 2.4.5.4 Grid System



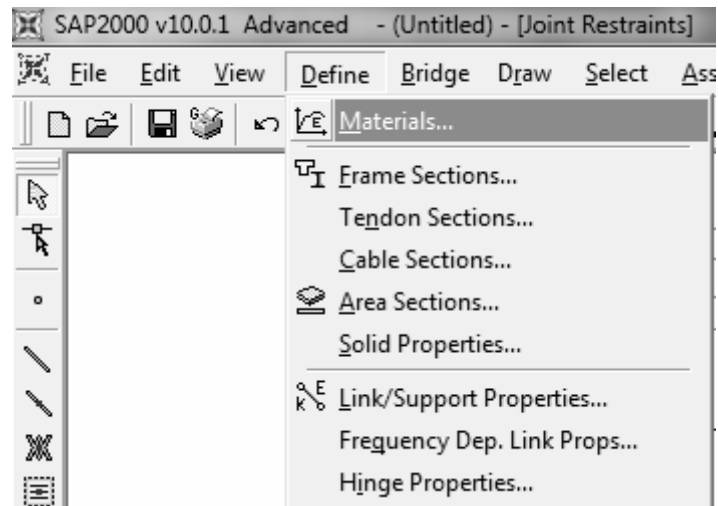
Gambar 2.4.5.5 Define Grid Data



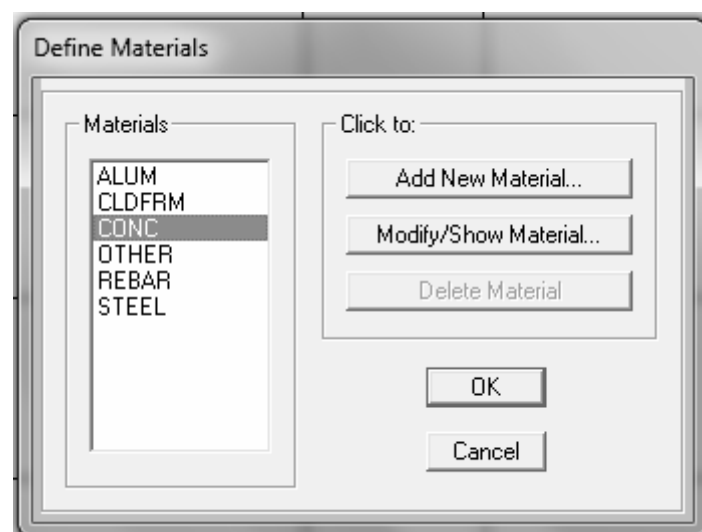
Gambar 2.4.5.6 Tampilan Model Portal

- 2) Input data material yang digunakan (*concrete*) dan masukan mutu beton (f_c') dan mutu baja (f_y) yang digunakan dengan mengklik

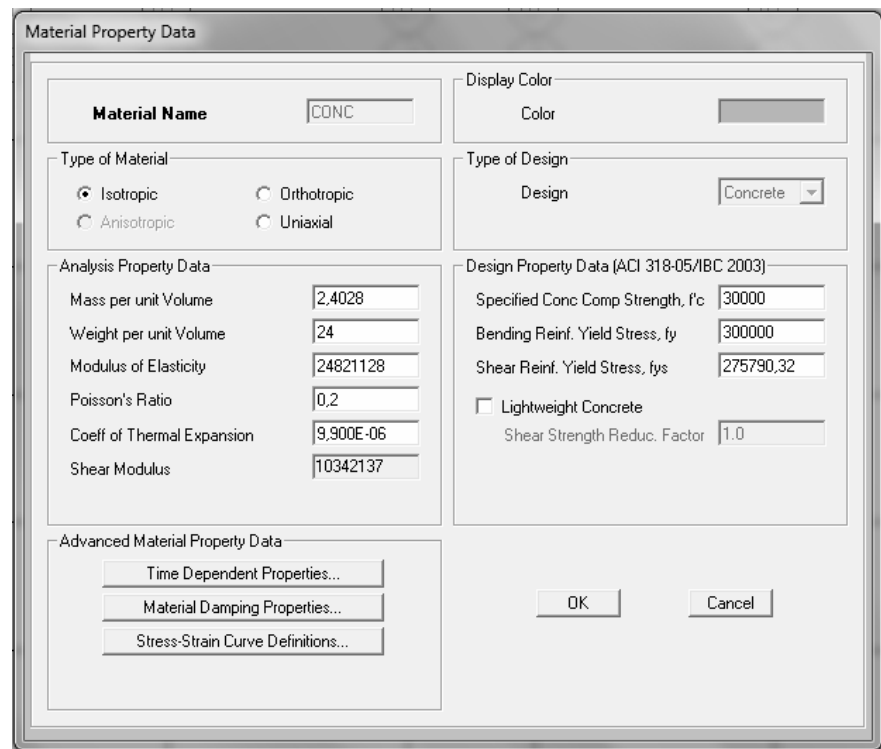
Define - material – add new material – pilih concrete –
 masukkan data sesuai dengan perencanaan.



Gambar 2.4.5.7 Input Material



Gambar 2.4.5.8 Data-data Material



Material Property Data

Material Name

Type of Material
☒ Isotropic ☐ Orthotropic
☐ Anisotropic ☐ Uniaxial

Analysis Property Data
 Mass per unit Volume
 Weight per unit Volume
 Modulus of Elasticity
 Poisson's Ratio
 Coeff of Thermal Expansion
 Shear Modulus

Design Property Data (ACI 318-05/IBC 2003)
 Specified Conc Comp Strength, f'_c
 Bending Reinf. Yield Stress, f_y
 Shear Reinf. Yield Stress, f_{ys}
☐ Lightweight Concrete
 Shear Strength Reduc. Factor

Advanced Material Property Data

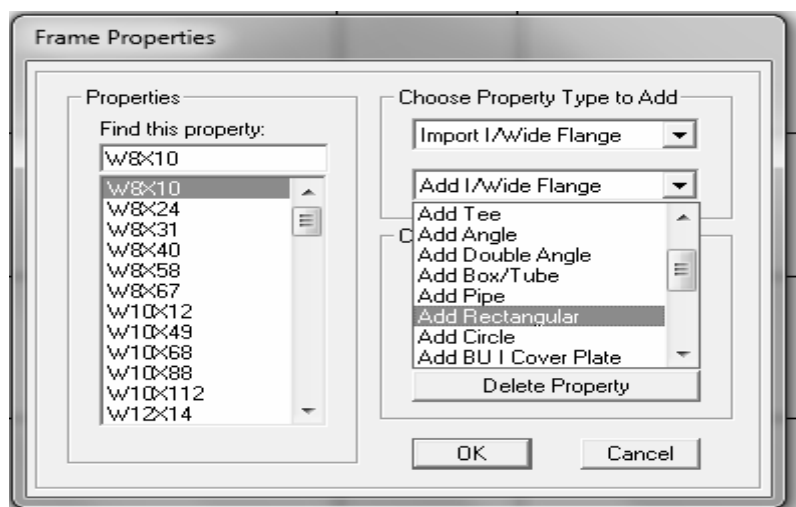
Display Color
 Color

Type of Design
 Design

Gambar 2.4.5.9 Data-data Material

3) Input data dimensi struktur

Masukkan data-data dengan mengklik **Define - Frame Section - Rectangular - Add New Property - Section Name (balok)** setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



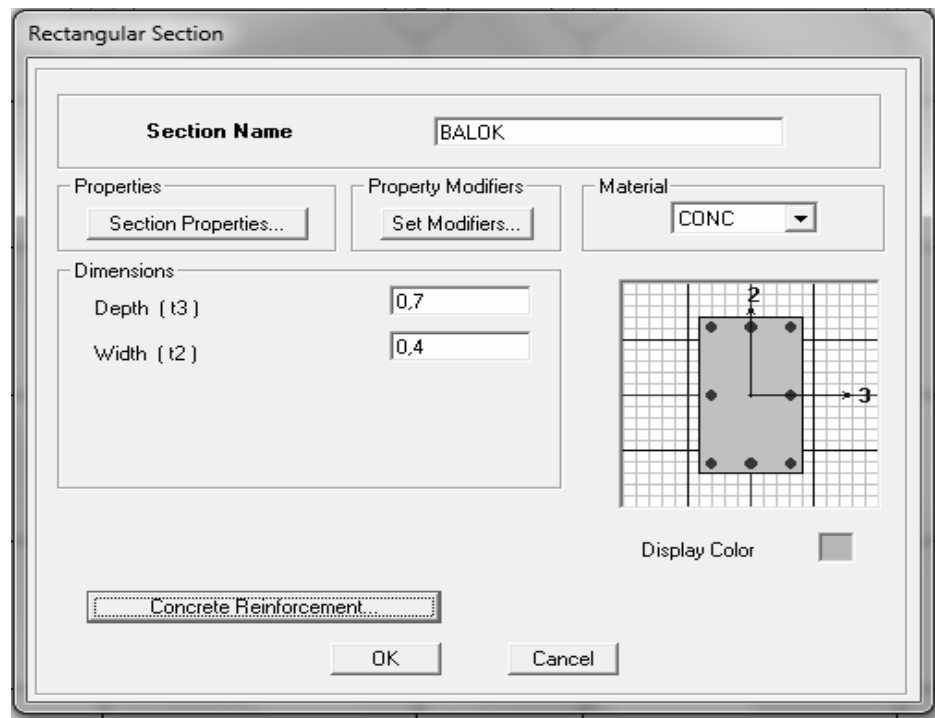
Frame Properties

Properties
 Find this property:

 w8x10
 w8x24
 w8x31
 w8x40
 w8x58
 w8x67
 w10x12
 w10x49
 w10x68
 w10x88
 w10x112
 w12x14

Choose Property Type to Add

Gambar 2.4.5.10 Frame Properties



Rectangular Section

Section Name

Properties **Property Modifiers** **Material**

Dimensions

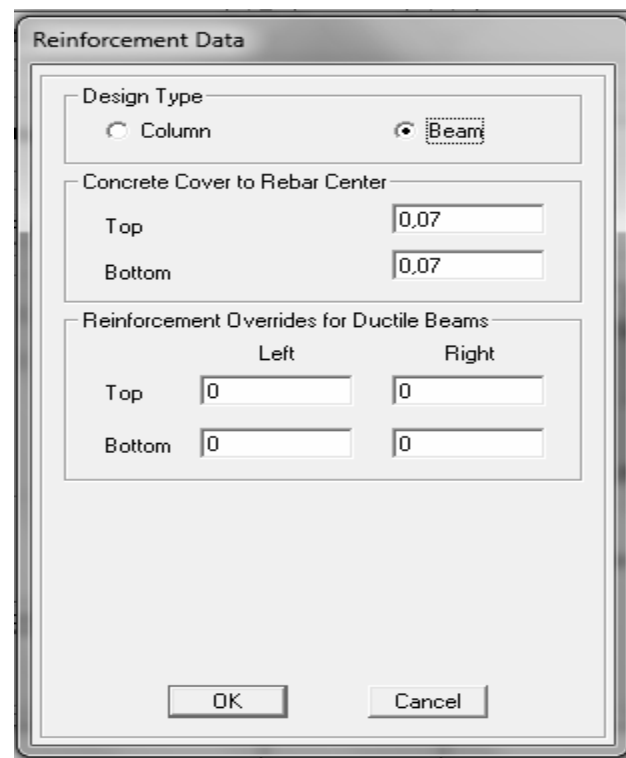
Depth (t3)

Width (t2)

Display Color ☐

The dialog box includes a grid diagram showing a rectangular section with dimensions t2 (width) and t3 (depth). The section is shaded gray, and the grid lines are labeled 2 and 3.

Gambar 2.4.5.11 Rectangular Section



Reinforcement Data

Design Type

☐ Column ☒ Beam

Concrete Cover to Rebar Center

Top

Bottom

Reinforcement Overrides for Ductile Beams

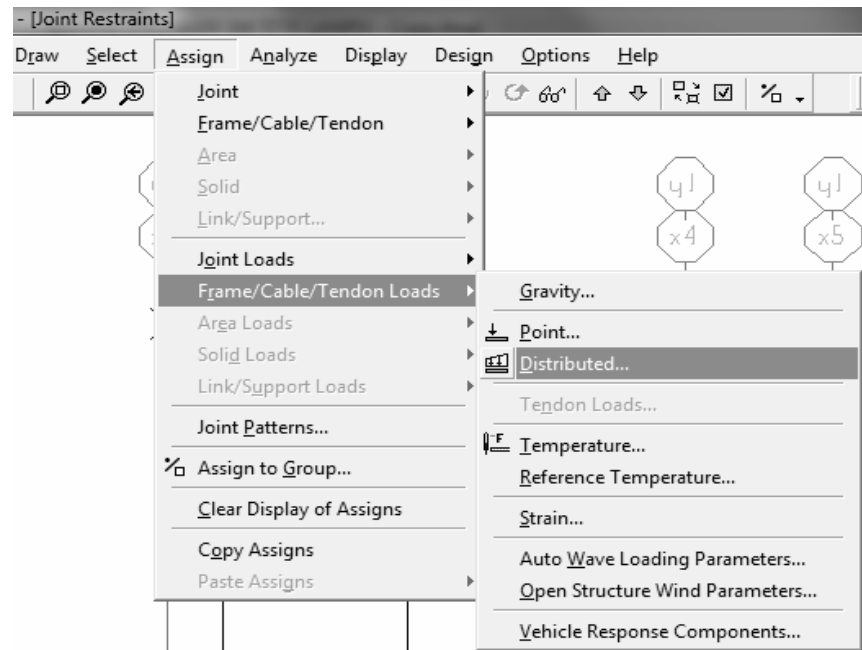
	Left	Right
Top	0	0
Bottom	0	0

The dialog box includes a grid diagram showing a rectangular section with dimensions t2 (width) and t3 (depth). The section is shaded gray, and the grid lines are labeled 2 and 3.

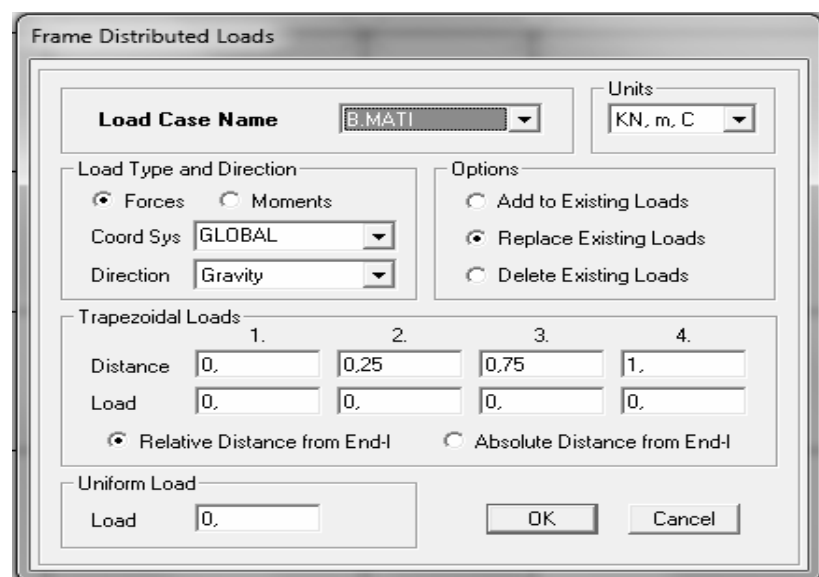
Gambar 2.4.5.12 Reinforcement Data

4) Input data akibat beban mati (*Dead*)

Untuk menginput data akibat beban mati klik batang portal pada model – pilih **Assign** pada toolbar – **Frame Load** – **Distributed**, setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



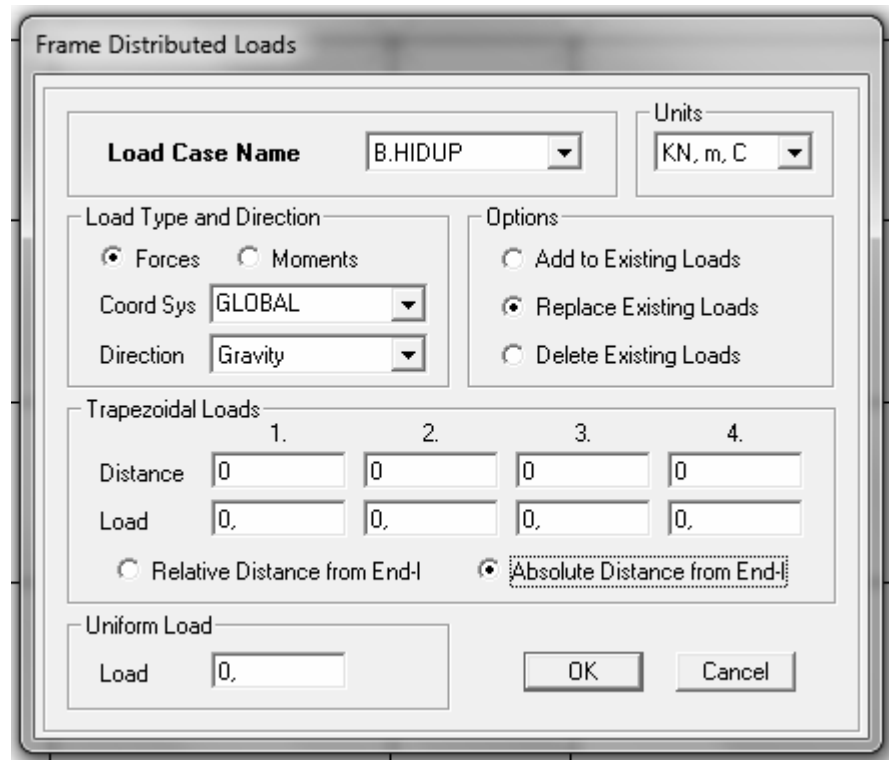
Gambar 2.4.5.13 Joint Restraints



Gambar 2.4.5.14 Beban Akibat Beban Mati

5) Input data akibat beban hidup (*Live*)

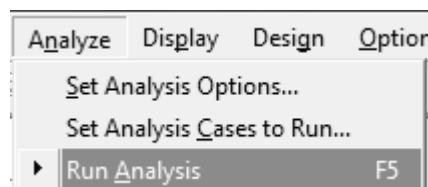
Untuk menginput data akibat beban mati klik batang portal pada model – pilih **Assign** pada toolbar - **Frame Load** – **Distributed**, setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



Gambar 2.4.5.15 Beban Akibat Beban Hidup

6) Run analisis

Setelah beban akibat beban mati dan hidup di input portal tersebut siap untuk di analisis menggunakan **Run Analisis**.



Gambar 2.4.5.16 Run Analisis

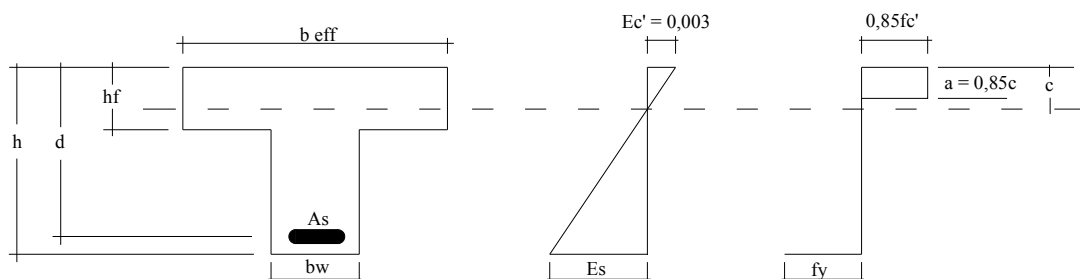
2.4.6 Perencanaan Balok

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.

Perencanaan balok ini dilakukan untuk menentukan balok anak dan balok induk yang akan digunakan dalam suatu struktur gedung. Sistem struktur yang menggunakan balok anak dan balok induk ini bertujuan untuk memperoleh bentangan sepanjang mungkin dengan beban mati sekecil mungkin untuk pelat atap maupun lantai, dimana pelat akan bertumpu pada balok induk serta kolom sebagai penopang struktur keseluruhan.

Adapun urutan-urutan dalam menganalisis balok :

- 1) Penentuan dimensi balok
- 2) Penentuan pembebanan balok
 - a. Berat balok
 - b. Berat dinding
 - c. Berat plesteran



Gambar 2.4.6.1 Penampang Balok

- 3) Gaya lintang design balok maksimum,

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal. 40)

- 4) Momen design balok maksimum

$$Mu = 1,2 MDL + 1,6 MLL$$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal. 40)

5) Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

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

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

Ket :

Mu = Momen terfaktor pada penampang (kNm)

b = lebar penampang (mm) diambil 1 m

d = tinggi efektif pelat (mm)

$\emptyset$ = faktor Kuat Rencana (SNI 03-2847-2002)

- Periksa nilai ρ

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y} \text{ dan } \rho_{aktual} = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

Dengan syarat

$$\rho_{min} \leq \rho_{ada} < \rho_{maks}$$

- Jika $\rho < \rho_{min}$, maka menggunakan ρ_{min} maka A_s yang digunakan $A_{s_{min}}$
- Jika $\rho > \rho_{maks}$, maka dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang

- Menghitung nilai A_s

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

Ket :

A_s = Luas tulangan (mm²)

ρ = rasio penulangan

d = tinggi efektif pelat (mm)

(Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma hal.54)

- Menentukan diameter tulangan yang dipakai (Istimawan, Tabel A-4)
- Mengontrol jarak tulangan sengkang

- Untuk menghitung tulangan tumpuan diambil 20% dari luas tulangan atas. Dengan Tabel A-4 (Istimawan) didapat diameter tulangan pakai.

6) Cek apakah diperlukan tulangan geser

- Perhitungan Tulangan Geser

$$V_{cr} = \frac{\frac{1}{2} \text{ bentang} - \frac{1}{2} \text{ dimensi kolom}}{\frac{1}{2} \text{ bentang}} \times V_u$$

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

$$V_s = \frac{V_{cr}}{\phi} - V_c$$

(Tata cara perhitungan struktur beton bertulang gedung, SNI 03-2847-2002 hal.89)

$$V \leq \phi V_c \text{ (tidak perlu tulangan geser)}$$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal. 113)

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal. 114)

- Penentuan nilai V_s

$$V_s > \frac{2}{3} b_w . d . \sqrt{f_c'} \longrightarrow \text{Perbesar penampang beton}$$

$$V_s < \frac{2}{3} b_w . d . \sqrt{f_c'} \longrightarrow \text{Lanjut hitung tulangan geser}$$

$$\text{Bandingkan } V_s \text{ dengan } \frac{1}{3} . b_w . d . \sqrt{f_c'}$$

Jika $V_s > \frac{1}{3} . b_w . d . \sqrt{f_c'}$ maka spasi maksimum yang dibutuhkan :

$$\left. \begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v f_y d}{V_s} \\ S_{\text{maks}} &= d/4 \\ S_{\text{maks}} &= 300 \text{ mm} \end{aligned} \right\} \text{ambil nilai terkecil}$$

Jika $V_s < \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{f_c}$ maka, spasi maksimum yang dibutuhkan :

$$\left. \begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v f_y d}{V_s} \\ S_{\text{maks}} &= d/2 \\ S_{\text{maks}} &= 600 \text{ mm} \end{aligned} \right\} \text{ambil nilai terkecil}$$

Jika hasil V_s nilainya (-) negatif maka, spasi maksimum yang dibutuhkan :

$$\left. \begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{3A_v f_y}{b_w} \\ S_{\text{maks}} &= d/2 \\ S_{\text{maks}} &= 600 \text{ mm} \end{aligned} \right\} \text{ambil nilai terkecil}$$

2.4.7 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 :

- 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.

- Beban design kolom maksimum

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal. 40)

- c) Momen *design* kolom maksimum untuk ujung atas dan ujung bawah.

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal. 40)

- d) Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi.

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

(Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma hal.186)

- e) Modulus Elastisitas

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'}$$

f_c' = kuat tekan beton

- f) Nilai kekakuan kolom dan balok

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

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

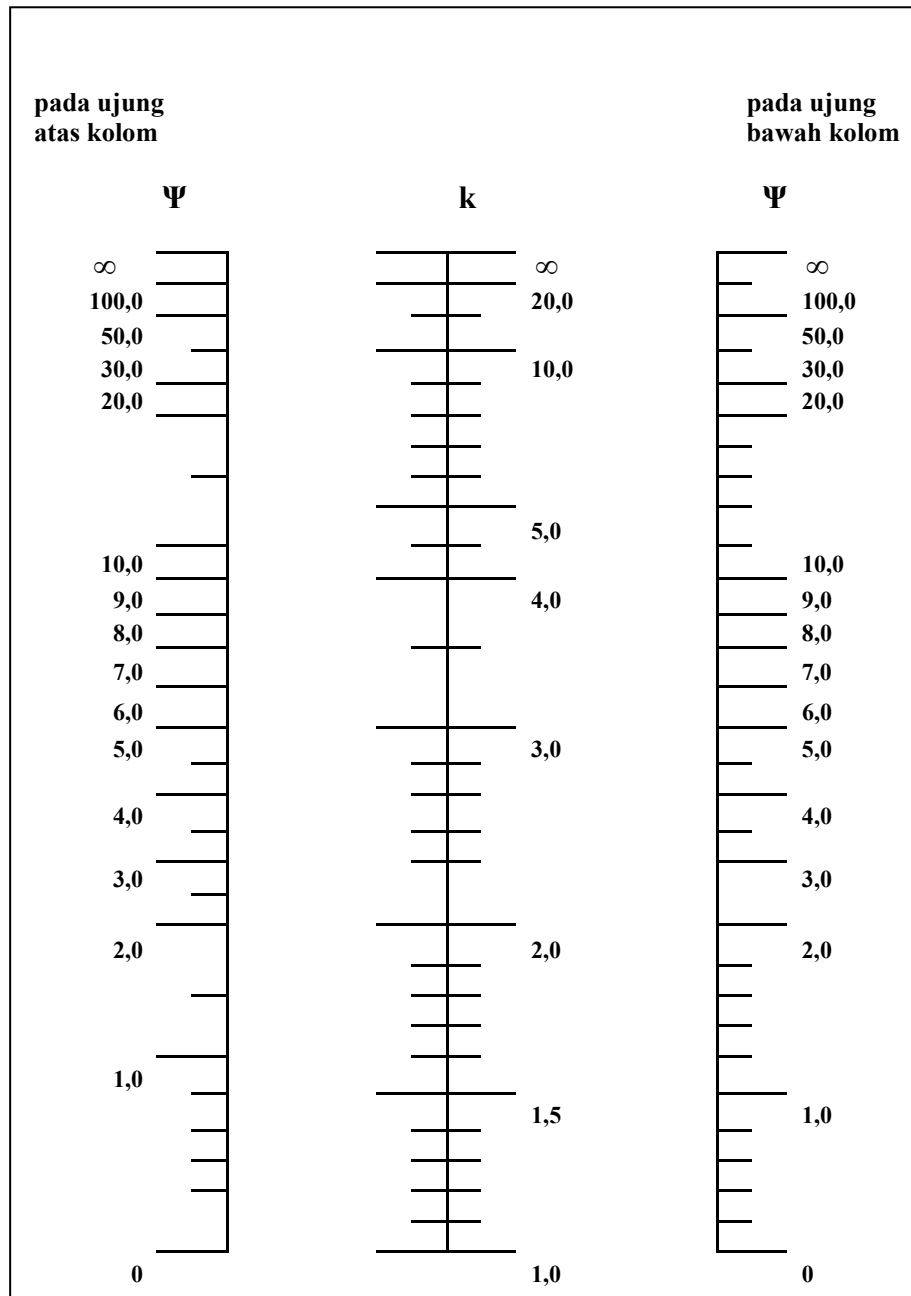
$$E.I_k = \frac{E_c.I_g}{2,5(1 + \beta.d)} \rightarrow \text{untuk kolom}$$

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

(Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma hal.186)

g) Faktor panjang efektif kolom

Tabel 2.4.7.1 Nilai Komponen Struktur Bergoyang



Sumber : Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma hal.112)

h) Nilai eksentrisitas

$$e = \frac{M_U}{P_U}$$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal.302)

i) Menentukan Ψ_a dan Ψ_b

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

(Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma hal.188)

j) Angka kelangsingan kolom

k) Kolom langsing dengan ketentuan :

- rangka tanpa pengaku lateral = $\frac{Klu}{r} < 22$

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal. 331)

- untuk semua komponen struktur tekan dengan $\frac{Klu}{r} > 100$ harus

digunakan analisa pada Tata cara perhitungan struktur beton bertulang gedung, SNI 03-2847-2002 hal.78 ayat 12.10.1 butir 5

- 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.

l) Perbesaran momen

$$M_c = \delta_b x M_{2b} + \delta_s x M_{2s}$$

Dimana :

δ_b = faktor pembesar pada struktur rangka dengan pengaku

δ_s = faktor pembesar ekstra pada struktur rangka tanpa pengaku

M_{1B} = momen kolom terbesar pada struktur rangka dengan pengaku

M_{2B} = momen kolom terbesar akibat goyanganve samping pada struktur rangka tanpa pengaku

Untuk struktur rangka dengan pengaku, berlaku :

$$\delta_b = \frac{Cm}{1 - \frac{Pu}{\phi Pc}} \geq 1,0$$

Untuk struktur rangka tanpa pengaku, maka :

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum Pu}{\phi \sum Pc}} \geq 1,0$$

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

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal.335 dan 336)

m) Design penulangan

Hitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 2% luas kolom

$$\rho = \rho' = \frac{As}{bxd} \rightarrow As = As'$$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal. 325)

n) Tentukan tulangan yang dipakai

$$\rho = \rho' = \frac{As_{pakai}}{bxd}$$

o) Periksa Pu terhadap beban seimbang Pub

$$C_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$$

$$a_b = \beta_1 \cdot C_b$$

$$f_s' = E_s . E_c \left(\frac{c_b - d}{c_b} \right)$$

$$P_{nb} = 0,85 f_c' . b . a_b$$

Jika,

$\phi P_{nb} > P_u$: Dengan demikian kolom akan mengalami hancur dengan diawali melelehnya tulangan tarik.

$\phi P_{nb} < P_u$: Dengan demikian kolom akan mengalami hancur dengan diawali melelehnya tulangan tekan.

$\phi P_{nb} = P_u$: Dengan demikian kolom akan mengalami hancur dengan melelehnya tulangan tekan dan tarik secara bersamaan .

p) Periksa terhadap kekuatan penampang

- Jika kolom mengalami keruntuhan tarik ($\phi P_{nb} > P_u$)

$$e = \frac{M_u}{P_u}$$

$$P_n = 0,85 . f_c' . b . d \left[\left(1 - \frac{e'}{d} \right) + \sqrt{\left(1 - \frac{e'}{d} \right)^2 + 2 . m . \rho \left(1 - \frac{d'}{d} \right)} \right]$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 . f_c' . b}$$

$$e' = \left[e + \left(d - \frac{h}{2} \right) \right]$$

Jika $\phi P_n > P_u$ (OK)

Dengan demikian penampang kolom memenuhi persyaratan.

-Jika kolom mengalami keruntuhan tekan ($\phi P_{nb} < P_u$)

$$e = \frac{M_u}{P_u}$$

$$P_n = \frac{A_s . f_y}{\frac{e}{(d - d') + 0,5}} + \frac{b . h . f_c'}{\frac{3 . h . e}{e^2} + 1,18}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 . f_c' . b}$$

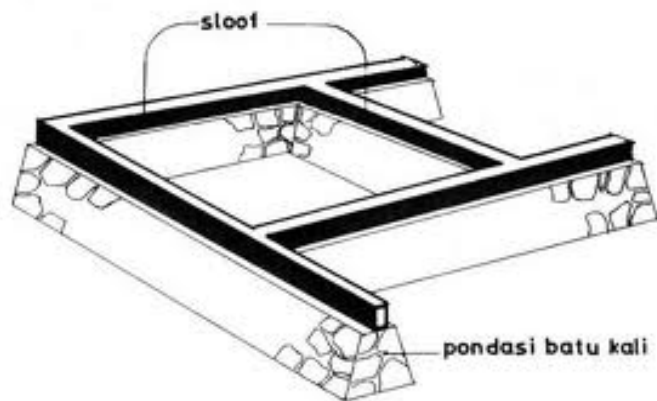
$$e' = [e + (d - \frac{h}{2})]$$

Jika $\phi P_n < P_u$ (OK)

Dengan demikian penampang kolom memenuhi persyaratan.

2.4.8 Perencanaan Sloof

Sloof merupakan salah satu struktur bawah suatu bangunan yang menghubungkan pondasi dan berfungsi sebagai penerima beban dinding di atasnya.



Gambar 2.4.8.1 Contoh Sloof pada Suatu Bangunan

Adapun urutan-urutan dalam menganalisis sloof :

- 1) Tentukan dimensi sloof.
- 2) Tentukan pembebanan pada sloof.

- a) Berat sendiri sloof,
- b) Berat dinding dan plesteran,

Kemudian semua beban dijumlahkan untuk mendapatkan beban total, lalu dikalikan faktor untuk beban terfaktor.

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal. 40)

- 3) Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

Penulangan lentur lapangan

- Tentukan $d_{eff} = h - p - \phi$ sengkang - $\frac{1}{2} \phi$ tulangan
- Menghitung nilai K

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

Ket :

Mu = Momen terfaktor pada penampang (kNm)

b = lebar penampang (mm) diambil 1 m

d = tinggi efektif pelat (mm)

Ø = faktor Kuat Rencana (SNI 03-2847-2002)

- Periksa nilai ρ

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} \text{ dan } \rho_{aktual} = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

Dengan syarat

$$\rho_{min} \leq \rho_{ada} < \rho_{maks}$$

- Jika $\rho < \rho_{min}$, maka menggunakan ρ_{min} maka A_s yang digunakan A_{smin}
- Jika $\rho > \rho_{maks}$, maka dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang

- Menghitung nilai A_s

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

Ket :

A_s = Luas tulangan (mm²)

ρ = rasio penulangan

d = tinggi efektif pelat (mm)

(Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma hal.54)

- Menentukan diameter tulangan yang dipakai (Istimawan, Tabel A-4)
- Mengontrol jarak tulangan sengkang

- Untuk menghitung tulangan tumpuan diambil 20% dari luas tulangan atas. Dengan Tabel A-4 (Istimawan) didapat diameter tulangan pakai.

4) Cek apakah diperlukan tulangan geser

- Perhitungan Tulangan Geser

$$V_{cr} = \frac{\frac{1}{2} \text{ bentang} - \frac{1}{2} \text{ dimensi kolom}}{\frac{1}{2} \text{ bentang}} \times V_u$$

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

$$V_s = \frac{V_{cr}}{\phi} - V_c$$

(Tata cara perhitungan struktur beton bertulang gedung, SNI 03-2847-2002 hal.89)

$$V \leq \phi V_c \text{ (tidak perlu tulangan geser)}$$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal. 113)

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal. 114)

- Penentuan nilai V_s

$$V_s > \frac{2}{3} b_w . d . \sqrt{f_c'} \longrightarrow \text{Perbesar penampang beton}$$

$$V_s < \frac{2}{3} b_w . d . \sqrt{f_c'} \longrightarrow \text{Lanjut hitung tulangan geser}$$

$$\text{Bandingkan } V_s \text{ dengan } \frac{1}{3} . b_w . d . \sqrt{f_c'}$$

Jika $V_s > \frac{1}{3} . b_w . d . \sqrt{f_c'}$ maka spasi maksimum yang dibutuhkan :

$$\left. \begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v f_y d}{V_s} \\ S_{\text{maks}} &= d/4 \\ S_{\text{maks}} &= 300 \text{ mm} \end{aligned} \right\} \text{ambil nilai terkecil}$$

Jika $V_s < \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{f_c}$ maka, spasi maksimum yang dibutuhkan :

$$\left. \begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v f_y d}{V_s} \\ S_{\text{maks}} &= d/2 \\ S_{\text{maks}} &= 600 \text{ mm} \end{aligned} \right\} \text{ambil nilai terkecil}$$

Jika hasil V_s nilainya (-) negatif maka, spasi maksimum yang dibutuhkan :

$$\left. \begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{3A_v f_y}{b_w} \\ S_{\text{maks}} &= d/2 \\ S_{\text{maks}} &= 600 \text{ mm} \end{aligned} \right\} \text{ambil nilai terkecil}$$

2.4.9 Perencanaan Pondasi

Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah.

Fungsi pondasi antara lain sebagai berikut:

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

Berdasarkan kedalaman pondasi ada dua macam:

- 1) Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal adalah pondasi yang digunakan pada kedalaman 0.8 -2 meter, karena daya dukung tanah telah mencukupi.

2) Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang kedalamannya lebih dari 2 meter dan biasa digunakan pada bangunan–bangunan bertingkat atau untuk bangunan cukup berat sementara tanah yang keras yang mampu mendukung beban terletak cukup dalam harus menggunakan pondasi tiang.

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan jenis pondasi adalah sebagai berikut :

- 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 :

- 1) Tegangan kontak pada tanah tak melebihi daya dukung tanah yang diizinkan.
- 2) 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) dan pondasi strouspile.

- 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.

Berdasarkan data hasil tes tanah pada lokasi pembangunan Showroom B Tunas Auto Graha - Prabumulih yang dijadikan sebagai materi dalam laporan akhir ini, maka jenis pondasi yang dipilih adalah pondasi dalam yaitu tiang pancang.

Adapun urutan-urutan dalam menganalisis pondasi :

- a) Menentukan beban-beban yang bekerja pada pondasi
- b) Menentukan diameter tiang yang digunakan
- c) Menentukan jarak tiang yang digunakan

$$1,5D < s < 3,5D$$

- d) Menentukan efisiensi kelompok tiang

Persamaan dari Uniform Building Code :

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

Keterangan :

m = jumlah baris

n = jumlah tiang dalam satu baris

$\theta = \text{Arc tan } \frac{H}{S}$ (derajat)

d = diameter tiang

s = jarak antar tiang (as ke as)

(Pondasi Tiang Pancang Jilid I, Sardjono, HS hal. 61)

e) Menentukan daya dukung ijin 1 tiang pancang

$$Q_{tiang} = \frac{A_{tiang} \cdot xP}{3} + \frac{Oxc}{5}$$

Keterangan :

Q_{tiang} = daya dukung ijin tiang (kg)

A_{tiang} = luas penampang tiang (cm²)

P = nilai konus dari hasil sondir (kg/cm²)

O = keliling penampang tiang pancang (cm)

C = harga Cleef rata – rata (kg/cm²)

(Pondasi Tiang Pancang Jilid I, Sardjono, HS hal.65)

f) Menentukan kemampuan tiang terhadap sumbu X dan sumbu Y

$$P_{max} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{max}}{n_y \cdot \sum X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{max}}{n_x \cdot \sum Y^2}$$

Keterangan :

P_{max} = beban yang diterima oleh tiang pancang

$\sum V$ = jumlah total beban

M_x = momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus pada sumbu x

M_y = momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus pada sumbu Y

n = banyak tiang pancang dalam kelompok tiang pancang (pile group)

X_{max} = absis terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang

Y_{max} = ordinat terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang

n_y = banyaknya tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu Y

n_x = banyaknya tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu X

$\sum X^2$ = jumlah kuadrat absis – absis tiang pancang

$\sum Y^2$ = jumlah kuadrat ordinat – ordinat tiang pancang

(Pondasi Tiang Pancang Jilid I, Sardjono, HS hal.55)

g) Menentukan tebal tapak pondasi

$$\text{Tinggi efektif (d}_{\text{eff}}) = h - p - D - \frac{1}{2}D$$

Untuk aksi dua arah:

Gaya geser terfaktor

$$\phi V_u = n \cdot P_u$$

Gaya geser nominal:

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) b_o \cdot d \cdot \sqrt{f_c'} \quad \beta = L/B$$

$\phi V_c > \phi V_u$ (tebal pelat mencukupi untuk memikul gaya geser tanpa memerlukan tulangan geser).

Untuk aksi satu arah:

Gaya geser terfaktor

$$V_u = n \cdot P_u$$

Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \cdot \frac{1}{6} b_w \cdot d \cdot \sqrt{f_c'} ; b_w = B$$

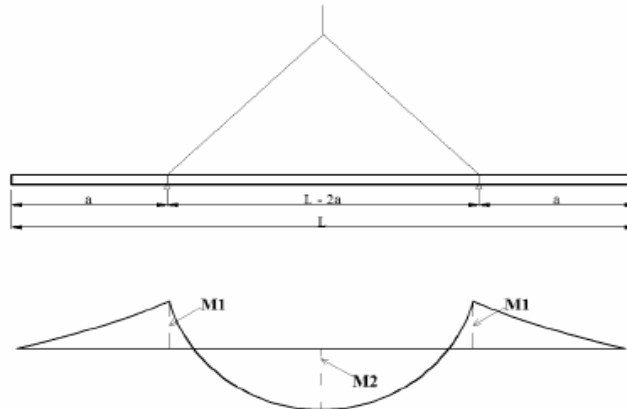
$\phi V_c > V_u$ (tebal pelat mencukupi untuk memikul gaya geser tanpa memerlukan tulangan geser).

h) Penulangan poer

$$\rho = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{1 - 4 \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2 \cdot f_y}} \right) \quad \frac{1,7 \cdot f_c'}{f_y}$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

i) Pengangkatan tiang pancang

**Gambar 2.4.9.1 Pengangkatan Tiang Pola 1**

$$M1 = \frac{1}{2} q a^2$$

$$M2 = \frac{1}{8} q (L - 2a)^2 - \frac{1}{2} q a^2$$

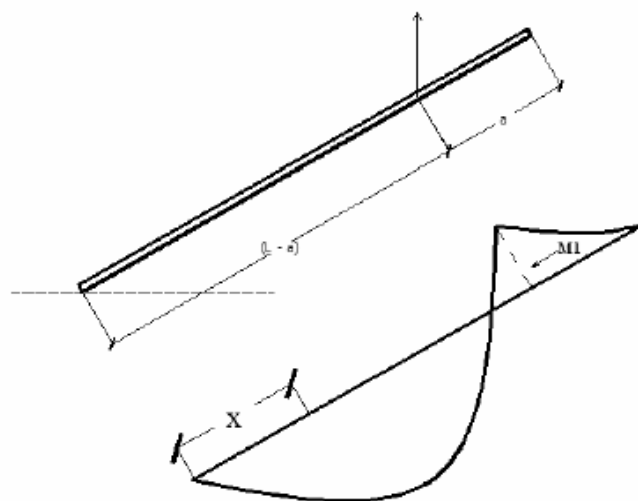
$$M1 = M2$$

$$\frac{1}{2} q a^2 = \frac{1}{8} q (L - 2a)^2 - \frac{1}{2} q a^2$$

$$4a^2 + 4aL - L^2 = 0$$

$$a = 0,207.L$$

$$M1 = M2 = \frac{1}{2} q a^2$$

**Gambar 2.4.9.2 Pengangkatan Tiang Pola 2**

$$M = \frac{1}{2} q a^2$$

$$R = \frac{1}{2} q L - a - \frac{\frac{1}{2} q a^2}{L-a}$$

$$R = \frac{q L^2 - 2 a q L}{2 L - a}$$

$$\text{Syarat ekstrim } \frac{dM}{dx} = 0$$

$$R - q x = 0$$

$$x = \frac{R}{q} = \frac{L^2 - 2 a L}{2 L - a}$$

$$M \text{ x } M_2 = R \frac{L^2 - 2 a L}{2 L - a} - \frac{1}{2} q \frac{L^2 - 2 a L}{2 L - a}$$

$$M \text{ x } \frac{1}{2} q \frac{L^2 - 2 a L}{2 L - a}$$

$$M \text{ x } M_2 = \frac{1}{2} q a^2 = \frac{1}{2} q \frac{L^2 - 2 a L}{2 L - a}$$

$$a = \frac{L^2 - 2 a L}{2 L - a}$$

$$2a^2 - 4aL - L^2 = 0$$

$$a = 0,29L$$

$$M = M_2 = \frac{1}{2} q a^2$$

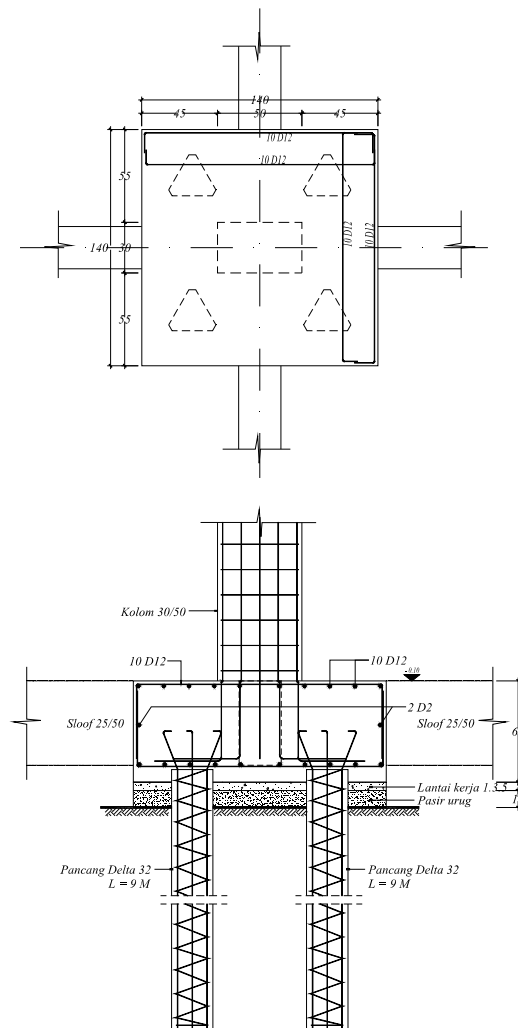
j) Perhitungan tulangan sengkang

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$A_v = \frac{1}{3} + \frac{b_w V}{f_y}$$

$$S = \frac{3 A_v f_y}{850}$$

$$\text{Syarat } S_{\max} = \frac{1}{2} d \text{ atau } 600 \text{ mm}$$



Gambar 2.4.9.3 Contoh Pondasi Tiang Pancang

2.5 Pengelolaan Proyek

2.5.1 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.

Untuk dapat menyusun rencana kerja dan syarat-syarat yang baik dibutuhkan :

1. Gambar kerja proyek
2. Rencana anggaran biaya pelaksanaan proyek\
3. Bill Of Quality (BQ) atau daftar volume pekerjaan
4. Data lokasi proyek berada
5. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan, sub kontraktor yang tersedia di sekitar lokasi pekerjaan proyek berlangsung
6. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan, sub kontraktor yang harus didatangkan ke lokasi proyek
7. Data kebutuhan tenaga kerja dan ketersediaan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan
8. Data cuaca atau musim di lokasi pekerjaan proyek
9. Data jenis transportasi yang dapat digunakan di sekitar lokasi proyek
10. Metode kerja yang digunakan untuk melaksanakan masing-masing item pekerjaan
11. Data kapasitas produksi meliputi peralatan, tenaga kerja, sub kontraktor, material
12. Data keuangan proyek meliputi arus kas, cara pembayaran pekerjaan, tenggang waktu pembayaran progress, dll.

2.5.2 Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan ialah menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan. Volume juga disebut sebagai kubikasi pekerjaan. Jadi volume (kubikasi) suatu pekerjaan, bukanlah merupakan volume (isi sesungguhnya), melainkan jumlah volume bagian pekerjaan dalam satu kesatuan.

Sementara yang dimaksud dengan uraian volume pekerjaan, ialah menguraikan secara rinci besar volume atau kubikasi suatu pekerjaan.

Menguraikan berarti menghitung besar volume masing-masing pekerjaan sesuai dengan gambar bestek dan gambar detail.

Sebelum menghitung volume masing-masing pekerjaan, lebih dulu harus dikuasai membaca gambar bestek berikut gambar detail/penjelasan. Untuk itu perhatikan gambar mulai dari Denah sampai Rencana Sanitasi, masing-masing gambar dilengkapi dengan simulasi dan gambar isometrik, guna memudahkan melihat bagian penting yang tidak terlihat pada gambar bestek.

2.5.3 Analisa Harga Satuan

Harga satuan pekerjaan ialah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat di pasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapatkan dilokasi dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah.

Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda-beda. Jadi dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu bangunan/proyek, harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di pasaran dan lokasi pembangunan proyek.

2.5.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) terdiri dari tiga kata yaitu Rencana, Anggaran, dan Biaya. Dari masing-masing kata tersebut dapat didefinisikan menjadi :

1. Rencana adalah himpunan rencana termasuk detail / penjelasan dan tata cara pelaksanaan (pembuatan) sebuah bangunan yang terdiri dari bestek dan gambar bestek.
2. Anggaran adalah perkiraan atau perhitungan biaya suatu bangunan berdasarkan bestek, dan Biaya adalah jenis / besarnya pengeluaran yang ada hubungannya dengan pekerjaan yang tercantum dalam persyaratan yang terlampir.

Jadi, pengertian Rencana Anggaran Biaya (RAB) suatu bangunan atau proyek adalah perhitungan banyaknya biaya 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.

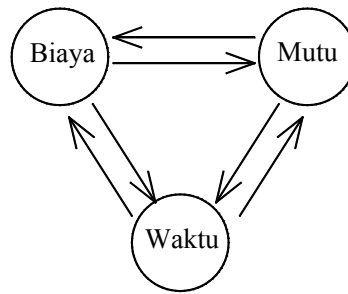
2.5.5 Network Planning (NWP)

Dalam menyelesaikan pekerjaan konstruksi dibutuhkan suatu perencanaan waktu yang akan diperlukan untuk menyelesaikan tiap pekerjaan yang akan dilaksanakan. NWP adalah suatu alat pengendalian pekerjaan lapangan yang ditandai dengan simbol tertentu berupa urutan kegiatan dalam suatu proyek yang berfungsi untuk memperlancar pekerjaan.

Network Planning juga merupakan suatu alat pengendalian pekerjaan di lapangan yang ditandai dengan simbol-simbol tertentu berupa urutan pekerjaan dalam suatu proyek. Kegunaan dari *Network Planning* adalah sebagai berikut:

1. Mengkoordinasi antar satu kegiatan dengan kegiatan yang lainnya
2. Mengetahui ketergantungan antara satu kegiatan dengan kegiatan lainnya
3. Mengetahui pekerjaan yang harus diselesaikan terlebih dahulu
4. Mengetahui berapa lama proyek dapat diselesaikan

Pengendalian proyek konstruksi ini juga diharapkan dapat menyelaraskan antara biaya proyek yang ekonomis, menghasilkan mutu pekerjaan yang baik/berkualitas dan selesai tepat waktu karena ketiganya adalah 3 elemen yang saling mempengaruhi, seperti terlihat pada gambar 2.5.4.1 di bawah ini.



Gambar 2.5.5.1 Siklus Biaya, Mutu dan Waktu (BMW)

Ilustrasi siklus di atas menunjukkan bahwa apabila biaya proyek berkurang/dikurangi, sementara waktu pelaksanaan tetap maka secara otomatis anggaran belanja material akan dikurangi dan mutu pekerjaan akan berkurang. Secara umum proyek akan merugi. Akan tetapi, jika waktu pelaksanaan mundur/terlambat, sementara tidak ada rencana penambahan anggaran, maka mutu pekerjaan juga akan berkurang. Secara umum proyek akan merugi.

Namun, jika mutu ingin dijaga, sementara waktu pelaksanaan mundur/terlambat, maka akan terjadi peningkatan anggaran belanja. Secara umum proyek akan merugi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa inti dari 3 komponen proyek konstruksi di atas bagaimana menjadwalkan dan mengendalikan pelaksanaan proyek agar berjalan sesuai dengan schedule yang telah ditetapkan, selesai tepat waktu dan tidak terjadi pengurangan mutu pekerjaan ataupun penambahan anggaran biaya.

Pada perkembangannya yang terakhir dikenal 2 bahasa/symbol diagram network, yaitu:

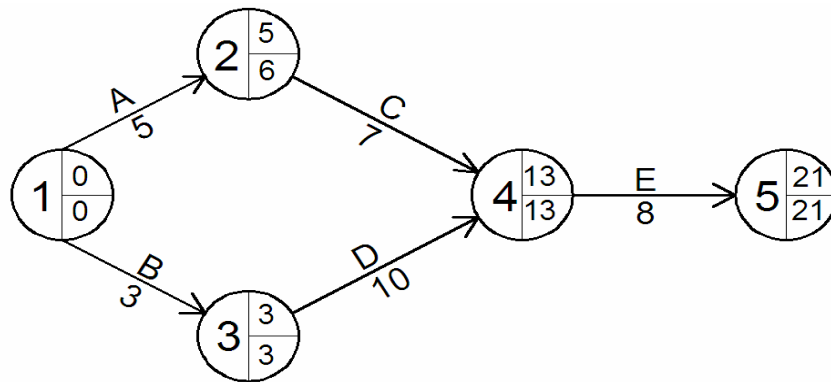
1. **Even on the node**, yaitu peristiwa yang digambarkan dalam lingkaran
2. **Activity on the node**, yaitu kegiatan yang digambarkan dalam lingkaran
3. **Arrow**, bentuknya berupa anak panah yang berarti aktivitas/kegiatan, dimana suatu pekerjaan penyelesaiannya

membutuhkan *duration* (jangka waktu tertentu) dan *resources* (tenaga, equipment, material dan biaya) tertentu.

4.  **Node/event**, bentuknya berupa lingkaran bulat yang berarti saat, peristiwa atau kejadian, permulaan atau akhir dari satu atau lebih kegiatan.
5.  **Double arrow**, berupa anak panah sejajar yang berarti lintasan kritis (*Critical Path*)
6.  **Dummy** berupa anak panah putus-putus yang berarti kegiatan semu atau aktivitas semu. *Dummy* bukan merupakan aktivitas/kegiatan tetapi dianggap kegiatan/aktivitas hanya saja tidak membutuhkan *duration* dan *resources* tertentu.
7.  **Jalur kritis**, merupakan jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat.

Sebelum menggambar diagram *Network Planning*, perlu diingat beberapa hal, yaitu:

1. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya *duration* maupun *resources* yang dibutuhkan.
2. Aktivitas-aktivitas yang mendahului dan aktivitas-aktivitas yang mengikuti.
3. Aktivitas-aktivitas yang dapat dilakukan bersama-sama.
4. Aktivitas-aktivitas yang dibatasi waktu mulai dan waktu selesainya.
5. Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktivitas-aktivitas tersebut.
6. Kepala anak panah menjadi pedoman arah dari tiap kegiatan.
7. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.



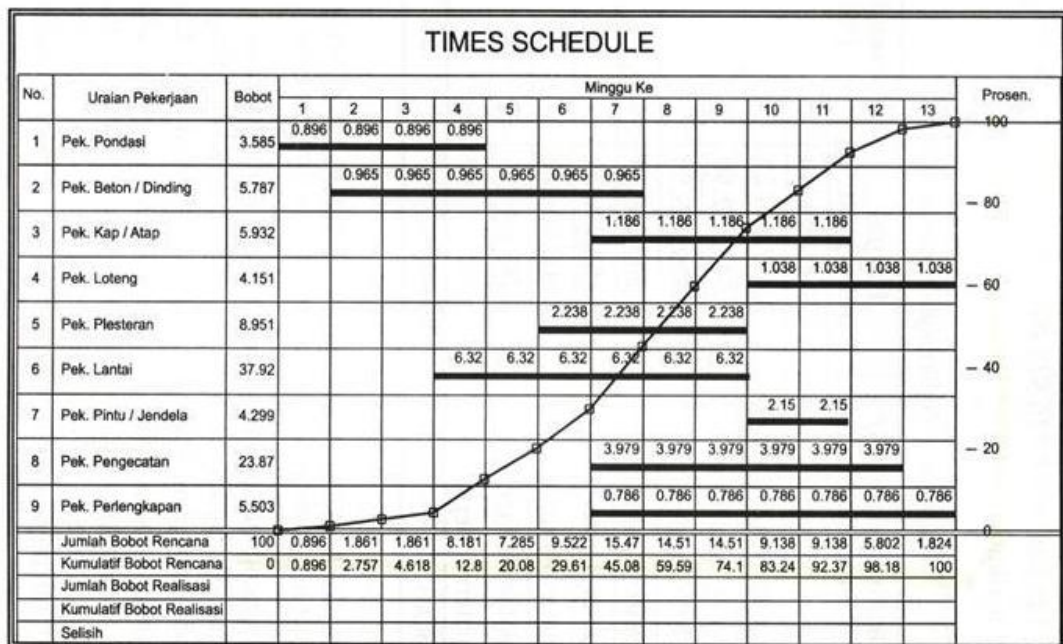
Gambar 2.5.5.2 Contoh Diagram Network Planning

Macam – macam network planning :

- 1) CMD : Chart Method Diagram
- 2) NMT : Network Management Technique
- 3) PEP : Program evaluation Procedure
- 4) CPA : Critical Path analysis
- 5) CPM : Critical Path Method
- 6) PERT : Program Evaluation and review Technique

2.5.6 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 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.



Gambar 2.5.6.1 Contoh *Barchart* dan Kurva S