

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Uraian Umum

Pada tahap perancangan struktur gedung kuliah UPT UPBJJ-UT ini, perlu dilakukan tinjauan pustaka untuk mengetahui hubungan antara susunan fungsional gedung dengan sistem struktural yang akan direncanakan untuk digunakan. Tinjauan pustaka yang diperlukan berupa analisa struktur, ilmu tentang kekuatan bahan serta hal lain yang berpedoman pada peraturan – peraturan yang berlaku.

Kegiatan perancangan adalah suatu kegiatan yang sangat pokok dan penting sebelum melaksanakan sebuah proyek. Terjadinya kesalahan pelaksanaan ataupun metode kerja yang tidak berurutan akan memberikan kerugian pada proyek. Perancangan yang tepat dan matang akan memudahkan dalam mencapai tujuan utama sebuah pekerjaan konstruksi, yaitu tepat waktu, tepat mutu, serta tepat biaya. Pada umumnya perancangan yang dilaksanakan dalam sebuah proyek konstruksi terdiri dari tiga macam :

- a. Perancangan Arsitektur
- b. Perancangan Struktur
- c. Perancangan Mekanikal, Elektrikal, dan Plumbing.

Selain itu, perancangan suatu konstruksi bangunan juga harus memenuhi berbagai syarat konstruksi yaitu kuat, kokoh, bentuk yang serasi (memperhatikan nilai estetika) dan dapat dilaksanakan dengan biaya yang ekonomis tanpa mengurangi mutu bangunan tersebut, sehingga dapat digunakan sesuai fungsi utama yang diinginkan oleh perencana.

1. Kuat

Struktur gedung harus direncanakan kekuatan batasnya terhadap pembebanan.

2. Kokoh

Struktur gedung harus direncanakan kokoh agar deformasi yang terjadi tidak melebihi deformasi yang telah ditentukan.

3. Ekonomis

Setiap konstruksi yang dibangun harus semurah mungkin dan disesuaikan dengan biaya yang ada tanpa mengurangi mutu dan kekuatan bangunan.

4. Artistik

Konstruksi yang dibangun harus memperhatikan aspek – aspek keindahan, tata letak dan bentuk sehingga orang – orang yang menempatinnya akan merasa aman dan nyaman.

2.2 Ruang Lingkup Perancangan

Ruang lingkup Perancangan GedungKuliah Unit Pelaksana Teknis – Unit Program Belajar Jarak Jauh (UPT-UPBJJ) Universitas Terbuka Palembang ini meliputi beberapa tahapan, antara lain :

2.2.1 Tahap Perancangan (*Design*)

Perancangan sebuah konstruksi merupakan sebuah sistem yang sebaiknya dilakukan dengan tahapan – tahapan tertentu agar konstruksi yang dihasilkan sesuai tujuan yang ingin dicapai. Adapun tahapan – tahapan yang dimaksud adalah sebagai berikut :

1. Tahapan Pra Perancangan (*Eliminary Design*)

Pada tahapan ini ahli struktur harus mampu membantu arsitek untuk memilih komponen – komponen struktur penting, baik dimensi maupun posisinya. Pada pertemuan pertama biasanya arsitek akan datang membawa informasi mengenai :

- a. Sketsa denah, tampak, dan potongan – potongan.
- b. Penjelasan dari fungsi setiap lantai dan ruangan.
- c. Konsep awal dari sistem komponen vertikal dan horizontal dengan informasi mengenai luas tipikal dari lantai gedung dan informasi awal mengenai rencana pengaturan denah lantai tipikal, daerah entrance, function room, ruang tangga dan lain – lain.
- d. Rencana dari komponen - komponen non–struktural, misalnya dinding arsitektural yang berfungsi sebagai partisi.

2. Tahapan Perancangan, meliputi :

a. Perancangan arsitektur bangunan

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

b. Perancangan struktur (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 ditempat 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 perubahan bentuk yang melampaui 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 criteria sebagai berikut :

- Tahan api
- Kuat
- Mudah diperoleh. Dalam arti tidak memerlukan biaya mobilisasi bahan yang demikian tinggi
- Awet untuk jangka waktu pemakaian yang lama
- Ekonomis dan perawatan yang relative mudah

Adapun perhitungan perencanaan untuk struktur atas bangunan tersebut, meliputi :

- a. Perhitungan pelat atap dak
- b. Perhitungan pelat lantai
- c. Perhitungan tangga
- d. Perhitungan balok
- e. Perhitungan portal
- f. Perhitungan kolom

2. Struktur bangunan bawah (*sub structure*)

Struktur bangunan bawah merupakan sistem pendukung bangunan yang menerima beban struktur atas, untuk diteruskan ketanah dibawahnya.

Perhitungan perencanaan struktur bawah (*sub structure*) ini, meliputi :

- a. Perhitungan sloof
- b. Perhitungan tie beam
- c. Perhitungan pondasi

2.2.2 Teori Dasar – dasar Perancangan

Penyelesaian perhitungan dan Perancangan GedungKuliah Unit Pelaksana Teknis – Unit Program Belajar Jarak Jauh (UPT-UPBJJ) Universitas Terbuka Palembang ini berpedoman kepada peraturan – peraturan yang berlaku di Indonesia, diantaranya :

1. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI-03-2847-2013). Pedoman ini digunakan sebagai acuan dalam syarat perancangan dan pelaksanaan struktur beton pada bangunan gedung.
2. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI-03-2847-2002). Pedoman ini digunakan sebagai acuan dalam melakukan perancangan dan pelaksanaan struktu beton dengan ketentuan minimum agar hasil aman dan ekonomis.
3. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (1727-2013). Pedoman ini digunakan untuk mengetahui nilai beban minimum

suatu konstruksi bangunan terhadap perencanaan konstruksi yang akan dilakukan.

4. Pedoman Perancangan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung, (SKBI-1.3.53.1987). Pedoman ini digunakan untuk menentukan beban yang diizinkan untuk merencanakan bangunan gedung, yang memuat beban – beban yang harus diperhitungkan dalam perancangan bangunan.
5. Tata Perancangan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI-1726-2012). Pedoman ini menentukan syarat – syarat dalam perancangan struktur bangunan gedung serta fasilitas – fasilitasnya secara umum dan penentuan pengaruh gempa terhadap struktur bangunan yang direncanakan.
6. Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI oleh Istimawan Dipohusodo, 1996.
7. Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1999-03 oleh W.C. Vis dan Gideon Kusuma.

2.3 Teori Perhitungan Struktur

Adapun bahasan perhitungan struktur atas dan struktur bawah yang akan kami ambil dalam penyusunan perancangan gedung untuk Laporan Akhir ini yaitu sebagai berikut :

2.3.1 Perancangan Pelat Lantai

Yang dimaksud dengan pelat beton bertulang yaitu struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal dan beban yang bekerja tegak lurus pada struktur tersebut.

Ketebalan bidang pelat ini relatif sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya. Pelat beton ini sangat kaku dan arahnya horizontal, sehingga pada bangunan gedung, pelat ini berfungsi sebagai diafragma/unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal.

Struktur pelat pada suatu gedung terdapat dua jenis yaitu pelat atap dan pelat lantai. Berikut adalah pembahasan mengenai plat :

1. Pelat Atap Dak

Struktur pelat atap dak sama dengan struktur pelat lantai, hanya saja berbeda dalam hal pembebanannya. Beban yang bekerja pada pelat atap lebih kecil bila dibanding dengan pelat lantai. Strukturnya adalah struktur pelat dua arah, sama dengan pelat lantai.

Beban-beban yang bekerja pada pelat atap dak, yaitu :

a. Beban Mati (W_d)

- Beban sendiri pelat atap dak
- Berat spesi

b. Beban Hidup (W_l)

- Beban hidup untuk pelat atap diambil 98 kg/m^2 (PPURG,1987)

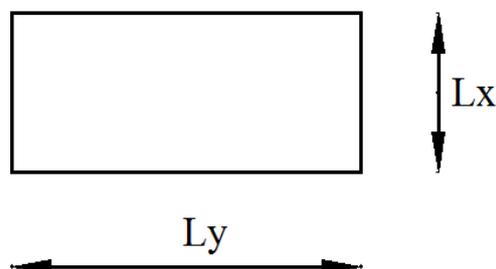
2. Pelat Lantai

Pelat beton bertulang dalam suatu struktur dipakai pada lantai, pada pelat ruang ditumpu balok pada keempat sisinya terbagi dua berdasarkan geometrinya, yaitu :

a. Pelat dianggap sebagai pelat satu arah (*One Way Slab*)

Pelat satu arah adalah pelat yang ditumpu hanya pada kedua sisinya yang berlawanan saja dan beban-beban ditahan oleh pelat dalam arah yang tegak lurus terhadap balok-balok penunjang (Dipohusodo, 1996).

Penentuan tebal pelat terlentur satu arah tergantung pada beban atau momen lentur yang bekerja, defleksi yang terjadi dan kebutuhan kuat geser yang dituntut. (Dipohusodo, 1996).



Gambar 2.1 Pelat Satu Arah

Langkah-langkah perancangan pelat satu arah :

1. Penentuan Tebal Pelat

Penentuan tebal pelat satu arah tergantung pada beban atau momen lentur yang bekerja, defleksi yang terjadi dan kebutuhan kuat geser yang dituntut. (Dipohusodo, 1996)

Tabel 2.1 Tabel Minimum Pelat Satu Arah

Tabel minimum, h				
Komponen struktur	Tertumpu sederhana	Satu ujung menertus	Kedua ujung menerus	Kantilever
		Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar		
Pelat masif satu-arah	$l/20$	$l/20$	$l/20$	$l/20$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$l/20$	$l/20$	$l/20$	$l/20$
<p>CATATAN :</p> <p>Panjang bentang dalam mm.</p> <p>Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan-tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasi sebagai berikut :</p> <p>a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), W_c, di antara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09</p> <p>b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan $(0,4 - f_y / 700)$</p>				

(Sumber : SNI 2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung 2013)

2. Menghitung beban mati pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung momen rencana (W_u).

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

$$W_{DD} = \text{Jumlah beban mati pelat (KN/m)}$$

$$W_{LL} = \text{Jumlah beban hidup pelat (KN/m)}$$

3. Menghitung Momen Rencana (M_u)

Baik dengan cara tabel atau analisis, metode berikut ini digunakan untuk menentukan momen lentur dan gaya geser dalam perancangan balok menerus dan pelat satu arah, yaitu pelat beton bertulang dimana tulangnya hanya direncanakan untuk memikul gaya-gaya dalam satu arah, selama :

- a) Jumlah minimum bentang yang ada haruslah minimum dua (2)
- b) 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
- c) Beban yang bekerja merupakan beban terbagi rata
- d) Beban hidup per satuan panjang tidak melebihi tiga kali beban mati per satuan panjang

4. Perkiraan Tinggi Efektif (d_{eff})

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

Tabel 2.2 Tebal Selimut Beton Minimum

Kriteria		Tebal selimut minimum (mm)
a)	Beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b)	Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca Bentang D-19 hingga D-56	50
	Bentang D-16, jarang kawat polos P16 atau kawat ulir D-16 dan yang lebih kecil	40
c)	Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton tidak langsung berhubungan dengan 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 umum, 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 P-16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil	15	

(Sumber : SNI 2847-2013 Butir 7.7.1)

5. Menghitung K_{perlu}

Cara menghitung K_{perlu} dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$K_{perlu} = \frac{Mu}{\phi \times b \times D_{eff}^2}$$

Dimana :

K_{perlu} = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan (MPa)

Mu = Momen terfaktor pada penampang (KN/m)

b = Lebar penampang (mm)

d_{eff} = Tinggi efektif pelat (mm)

ϕ = Faktor kuat rencana

6. Menentukan rasio penulangan (ρ) dari tabel

Rasio penulangan ini didapat berdasarkan koefisien tahanan (k) yang telah didapat sebelumnya. Dengan menggunakan tabel A-11 (Dipohusodo,1996)

7. Hitung A_s yang diperlukan

8. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan suhu dan susut dengan menggunakan tabel.

Untuk tulangan suhu dan susut dihitung berdasarkan peraturan SNI 2002 Pasal 9.12, yaitu :

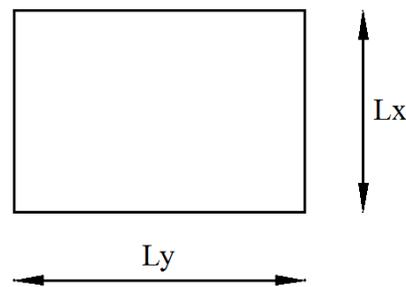
Tulangan suhu dan susut harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014 :

- a) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 adalah 0,0020
- b) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos atau ulir) mutu 400 adalah 0,0018
- c) Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar -0,35 % adalah $0,0018 \times 400/f_y$

9. Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari lima kali tebal pelat atau 450 mm

b. Pelat dianggap sebagai pelat dua arah (*Two Way Slab*)

Pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh balok pada keempat beban-beban ditahan oleh pelat dalam arah yang tegak lurus terhadap balok-balok penunjang. (Dipohusodo, 1996). Suatu pelat dikatakan pelat satu arah apabila $\frac{L_y}{L_x} = 2$, dimana L_y dan L_x adalah panjang dari sisi-sisinya.



Gambar 2.2 Pelat Dua Arah

Langkah-langkah perancangan pelat dua arah (metode koefisien momen) :

1. Menentukan tebal pelat

Tabel 2.3 Tabel Minimum Pelat Dua Arah

Tegangan leleh, f_y MPa ¹	Tanpa penebalan ²			Dengan penebalan ²		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ³		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ³	
280	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 40$	$\ell_n / 40$
420	$\ell_n / 30$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$
520	$\ell_n / 28$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 34$	$\ell_n / 34$

¹Untuk konstruksi dua arah, ℓ_n adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.
²Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.
³Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5.
⁴Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai a_0 untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

(Sumber : SNI 2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung 2013)

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

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5\beta \left[\alpha_m - 0,12 \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right]}$$

Tetapi tidak boleh kurang dari :

$$h_{min} = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{fy}{1500} \right)}{36 + 9\beta}$$

Dan tidak boleh lebih dari :

$$h_{min} = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{fy}{1500} \right)}{36}$$

Dimana : \ln diambil $\ln y$ (panjang netto terpanjang) (SNI 0-2847-2002 Hal 65-66)

$$\beta = \frac{\ln y}{\ln x}$$

Dalam segala hal tebal minimum pelat tidak boleh kurang dari harga berikut :

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

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

(SNI 03-2847-2002)

3. Cek nilai h_{aktual} dari hasil nilai α_{min} yang telah didapat. Nilai h_{beton} boleh dipakai apabila besar dari h_{aktual} . apabila dalam perhitungan h_{beton} lebih kecil maka nilai tebal pelat yang dicoba direncanakan ulang (diperbesar) dan diperhitungkan diulangi kembali.
4. Menghitung beban yang bekerja pada pelat (beban mati dan beban hidup).

Pada tahap ini, menghitung beban mati yang dipikul pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung momen rencana. Kemudian hasil perhitungan akibat beban mati dan beban hidup dikali dengan faktor beban untuk mendapatkan nilai beban terfaktor.

Dimana :

a) $W_u = 1,2 DL + 1,6 LL$

b) $W_{DD} = \text{Jumlah Beban Mati Pelat (KN/m)}$

c) $W_{LL} = \text{Jumlah Beban Hidup Pelat (KN/m)}$

5. Mencari momen yang bekerja pada arah x dan y

Dalam perhitungan perancangan momen rencana (M_u) dapat dianalisa melalui tabel.

Tabel 2.4 Momen Pelat Dua Arah Akibat Beban Terbagi Rata

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

————— = terletak bebas
 ════════════ = menerus pada tumpuan

(Sumber : Gideon Kusuma, 1996)

6. Mencari tebal efektif pelat (d_{eff})

Dalam menentukan tebal efektif pelat dapat digunakan rumus sebagai berikut

$$d_x = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan arah } x$$

$$d_y = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan pokok } x - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan arah } y$$

7. Mencari nilai koefisien tahanan (k)

$$K_{\text{perlu}} = \frac{M_u}{\phi \times b \times D_{\text{eff}}^2}$$

Dimana :

K_{perlu} = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan (MPa)

M_u = Momen terfaktor pada penampang (KN/m)

b = Lebar penampang (mm)

D_{eff} = Tinggi efektif pelat (mm)

ϕ = Faktor kuat rencana

8. Menentukan rasio penulangan (ρ) dari tabel

Rasio penulangan ini didapat berdasarkan koefisien tahanan (k) yang telah didapat sebelumnya. Dengan menggunakan tabel A-11 (Dipohusodo,1996)

9. Mencari luas tulangan (A_s)

Setelah mengambil nilai ρ yang terkecil maka dapat dihitung nilai A_s dengan rumus :

a) $A_s = \rho \times b \times D_x$

b) $A_s \text{ min} = 20\% A_s$

10. Mencari jarak antar tulangan (s)

11. Menggambarkan detail penulangan pelat

2.3.2 Perancangan Tangga

Tangga merupakan jalur yang mempunyai undak-undak (trap) yang menghubungkan satu lantai dengan lantai di atasnya dan mempunyai fungsi sebagai jalan untuk naik dan turun antara lantai tingkat.

1. Rencana letak ruang tangga

- a. Penempatan atau letak ruang tangga tersendiri mudah dilihat dan dicari orang, tidak berdekatan dengan ruang lain agar tidak mengganggu aktifitas penghuni lain.

- b. Tangga juga mempunyai fungsi sebagai jalan darurat, direncanakan dekat dengan pintu keluar, sebagai antisipasi terhadap bencana kebakaran, gempa keruntuhan dan lain-lain.

2. Bagian-bagian dari struktur tangga

a. Pondasi Tangga

Sebagai dasar tumpuan (landasan) agar tangga tidak mengalami penurunan, pergeseran. Pondasi tangga bisa dari pasangan batu kali, beton bertulang atau kombinasi dari kedua bahan dan pada di bawah pangkal tangga harus diberi balok anak sebagai pengaku pelat lantai, agar lantai tidak menahan beban terpusat yang besar.

b. Ibu Tangga

Merupakan bagian dari tangga sebagai konstruksi pokok yang berfungsi untuk mendukung anak tangga.

c. Anak Tangga

Anak tangga berfungsi sebagai bertumpunya telapak kaki, dibuat dengan jarak yang sama dan selisih tinggi (trap) dibuat, supaya kaki yang melangkah menjadi nyaman enak untuk melangkah, bentuk anak tangga dapat divariasikan sesuai selera pemilik atau arsiteknya. Anak tangga terdiri dari optrade dan antrade, dimana ukurannya ditentukan sebagai berikut : Antrede untuk bangunan rumah tinggal 25 cm (minimum) dan optradenya adalah 20 cm (maksimum), sedangkan untuk bangunan umum antredanya adalah 25 cm dan optrade 17 cm.

d. Pagar Tangga

Pagar tangga atau reiling tangga adalah bagian dari struktur tangga sebagai pelindung yang diletakkan disamping sisi tangga dan dipasang pada/atas ibu tangga untuk melindungi agar orang tidak terpelosok jatuh. Pagar tangga dapat dibuat dengan macam-macam variasi agar lebih artistik dan pada lantai tingkat di sekitar lubang tangga harus dipasang juga pagar pengaman agar tidak terjerumus jatuh.

e. Bordes

Bordes adalah pelat datar di antara anak-anak tangga sebagai tempat beristirahat sejenak, bordes dipasang pada bagian sudut tempat peralihan arah tangga yang berbelok. Untuk rumah tinggal, lebar bordes antara 80 – 100 cm dan untuk bangunan umum, lebar bordesnya dibuat antara 120 – 200 cm. bordes dapat dibuat dengan 3 model, yaitu bordes tangga lurus, bordes tangga L, dan bordes tangga U.

3. Macam-macam bentuk tangga

- a. Bentuk tangga dapat disesuaikan dengan beda tinggi lantai dan ruangan yang tersedia. Untuk menambah suasana yang harmonis dalam ruangan, bentuk tangga juga sebaliknya dibuat indah dan serasi dengan interior ruangan.
- b. Dengan makin majunya tingkat kebudayaan manusia, perkembangan teknologi yang memproduksi bahan dan alat bangunan, ide para seniman, maka bentuk tangga makin lama makin berkembang bervariasi, bahkan dewasa ini bentuk sudah merupakan seni tersendiri.
- c. Bentuk tangga yang umum banyak dipakai, yaitu :
 - 1) Tangga lurus,
 - 2) Tangga miring,
 - 3) Tangga lengkung
 - 4) Tangga siku
 - 5) Tangga lingkaran

4. Syarat konstruksi tangga

Membuat tangga disamping keindahan perlu diperhatikan lagi segi-segi teknisnya, harus diperhatikan juga kemudahan, rasa aman, bagi orang yang melaluinya.

a. Lebar anak tangga

- a) Untuk rumah tinggal, lebar anak tangga 80 cm
- b) Untuk bangunan umum, lebar anak tangga 120 cm s/d 200 cm
- c) Untuk tangga darurat, lebar anak tangga bisa 70 cm

b. Syarat satu anak tangga

Syarat satu anak tangga adalah 2 optrade + 1 antrade. Dimana rumus tersebut didasarkan pada :

1. Satu langkah arah datar antara 60 – 65 cm
2. Untuk melangkah naik perlu tangga 2 kali lebih besar daripada melangkah datar
3. Lebar dan tinggi anak tangga sangat menentukan kenyamanan, yang naik tidak cepat lelah dan yang turun tidak mudah tergelincir

c. Ukuran anak tangga

Ruang tangga harus dibuat leluasan, terang dan segar, harus diberi lubang ventilasi untuk dapat udara segar dan penerangan alam agar menghemat pemakaian listrik pada siang hari. Ukuran ruang tangga ditentukan oleh jumlah anak tangga dan bentuk tangganya. Tangga untuk bangunan rumah tinggal, dengan lebar 100 cm, jumlah anak tangga 17 buah dengan bordes.

d. Kemiringan tangga

Kemiringan tangga dibuat tidak curam, agar orang mudah untuk naik dan turun tangga, jadi tidak banyak energi yang keluar tetapi jika kemiringan dibuat terlalu landai dan dapat menjemukan bagi orang yang melaluinya, disamping itu banyak memakan tempat (space) yang ada, jadi kurang efisien. Kemiringan tangga yang wajar berkisar antara 250 s/d 420 dan untuk bangunan rumah tinggal biasa digunakan kemiringan 380.

e. Konstruksi tangga

Konstruksi tangga harus kuat dan stabil, karena sebagai jalan penghubung ke lantai tingkat. Menurut peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung, 1983, bahwa beban di tangga lebih besar dari beban pada pelat lantai.

- Untuk bangunan rumah tinggal = 250 kg/m²
- Bangunan umum diambil = 300 kg/m²

Konstruksi tangga dapat menjadi satu dengan rangka bangunannya, jika terjadi ada penurunan bisa menyebabkan sudut kemiringan tangga berubah. Jika konstruksi tangga tersendiri artinya terpisah dengan struktural

rangka bangunan, dibuatkan pondasi tersendiri rangka tangga tidak menempel pada dinding diberi sela ± 5 cm.

f. Jenis tangga

Dapat dari bahan; kayu, beton bertulang, baja dan batu alam

- Tangga kayu

Mudah dikerjakan, harga cukup murah, bentuk bahan alami menambah kesejukan suasana ruang.

- Tangga beton bertulang

Konstruksinya kuat dan awet, tidak cepat rusak, dapat berumur panjang, bahan tahan api. Dapat dipasang di bangunan umum atau bangunan tingkat rendah atau sampai dengan 4 (empat) lantai.

- Tangga baja

Kurang serasi ditempatkan pada ruang dalam karena bentuknya kasar, biasanya dipasang sebagai tangga pribadi atau tangga darurat dengan bentuk lingkaran.

5. Perhitungan Perancangan Tangga

Berikut ini adalah prosedur perhitungan perancangan suatu konstruksi tangga :

a. Menentukan Ukuran atau Dimensi

Untuk menentukan ukuran atau dimensi suatu tangga dapat dilakukan dengan cara :

- Menentukan ukuran optrade dan antrade

- Menentukan jumlah optrade dan antrade

- Menghitung panjang tangga

Panjang Tangga = jumlah optrade x lebar antrade

- Menghitung sudut kemiringan tangga

Sudut Kemiringan = $\text{arc tan} \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{panjang tangga}}$

- Menentukan tebal pelat

b. Menghitung beban pada tangga

Untuk menghitung beban pada suatu tangga dapat diketahui sebagai berikut

- Beban mati (berupa berat sendiri bordes dan berat pelat)
- Beban hidup (W_L)
- c. Menghitung gaya yang bekerja
- d. Menghitung tulangan tangga

Untuk menghitung tulangan pada suatu tangga dapat dilakukan dengan cara

- Menentukan tinggi efektif (d_{eff})
 $dx = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan arah } x$
- Menentukan rasio penulangan
- Menghitung As yang diperlukan
 $As = \rho \times b \times dx$
 $As_{min} = 20\% As$

2.3.3 Perancangan 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 Metode Elemen Hingga program SAP 2000.V14, portal yang dihitung adalah portal akibat beban mati dan beban hidup. Langkah – langkah perancangan portal akibat beban mati dan beban hidup adalah sebagai berikut :

1. Portal akibat beban mati

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang.

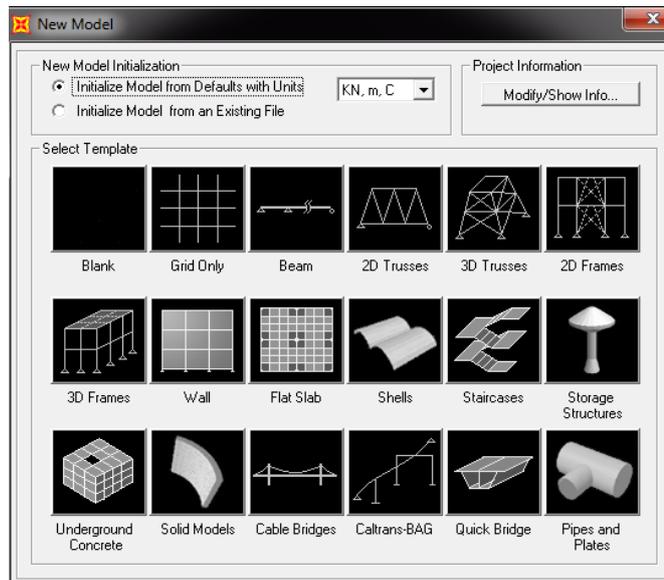
Pembebanan pada portal, yaitu :

- a. Beban sendiri pelat
- b. Berat plafond + penggantung
- c. Berat penutup lantai
- d. Berat adukan
- e. Berat dari pasangan dinding bata

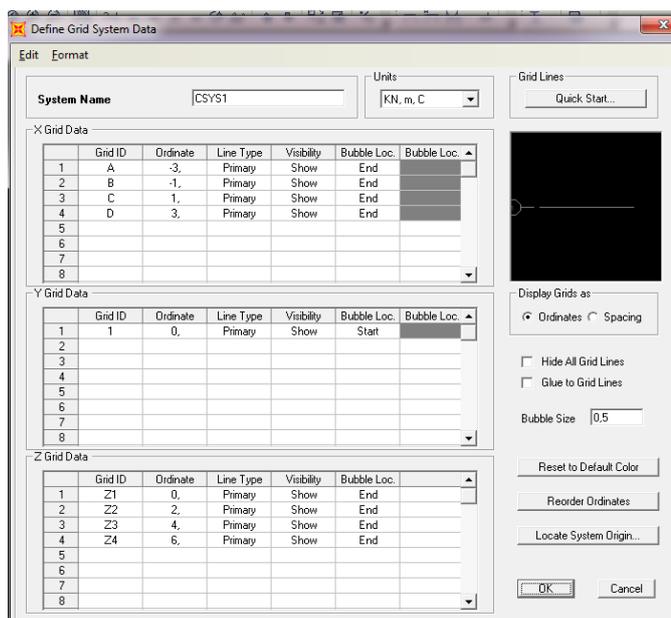
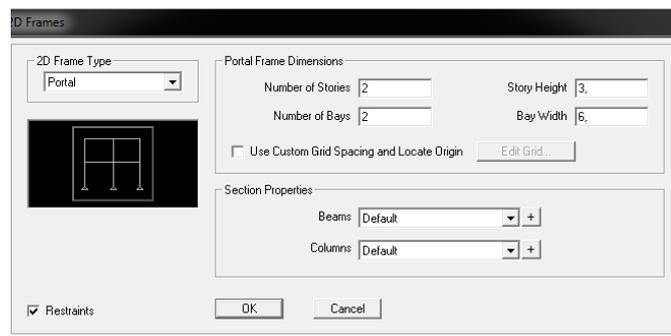
Langkah – langkah menghitung portal dengan menggunakan Program SAP 2000.V14.

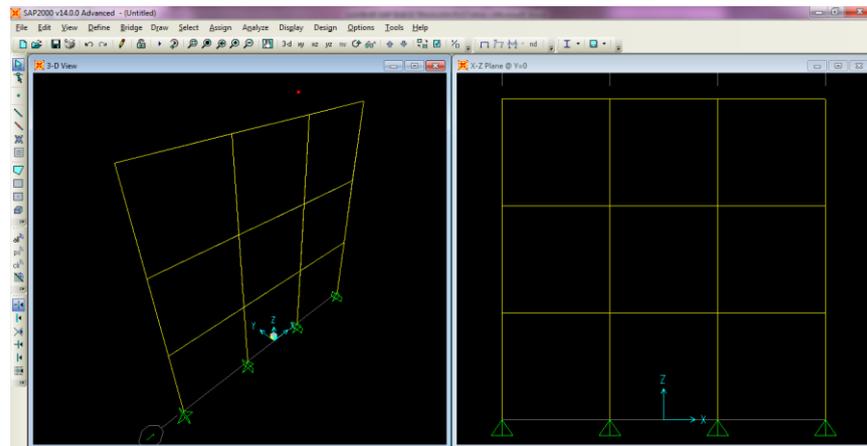
1. Buat model struktur memanjang

- a. Mengklik file pada program untuk memilih model portal

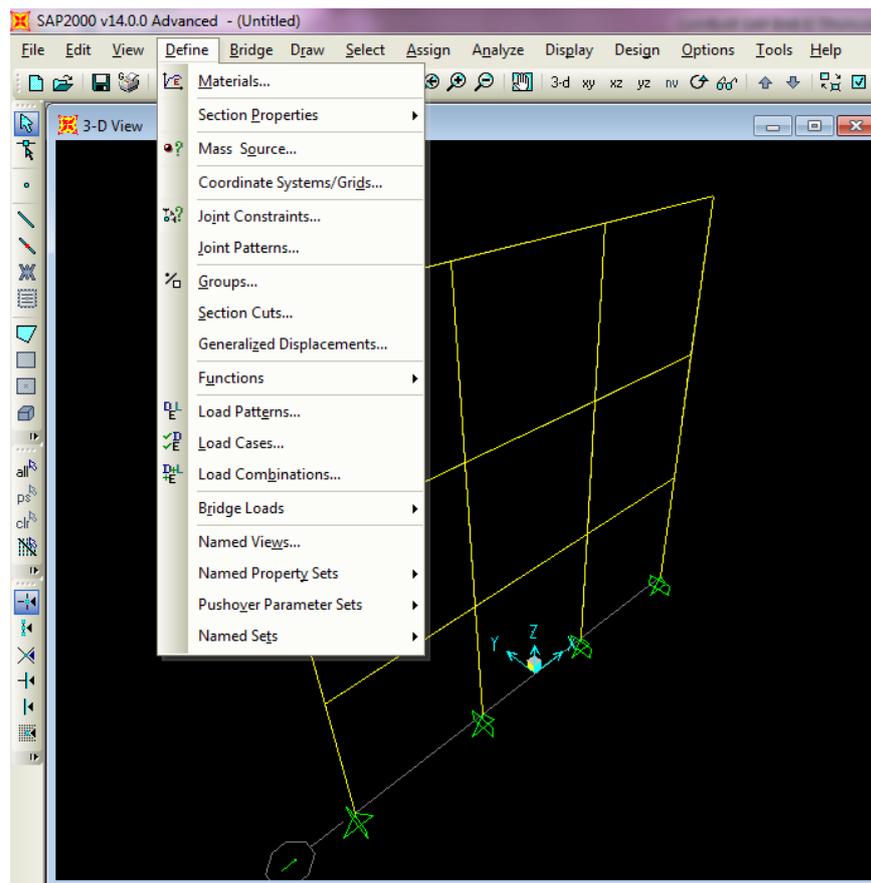


- b. Pilih model grid 2D pada model diatas dan masukkan data-data sesuai perencanaan





- c. Input data material yang digunakan (concrete) dan masukkan mutu beton (f_c') dan mutu baja (f_y) yang digunakan dengan mengklik **Define – Material – Add new material – Pilih Concrete –** Masukan data sesuai dengan perencanaan.



Define Materials

Materials

4000Psi
A992Fy50

Click to:

Add New Material Quick...
Add New Material...
Add Copy of Material...
Modify/Show Material...
Delete Material

Show Advanced Properties

OK
Cancel

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: conc ■

Material Type: Concrete

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 24

Mass per Unit Volume: 2,4473

Units: KN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 1,999E+08

Poisson's Ratio, U: 0,3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1,170E-05

Shear Modulus, G: 76903069

Other Properties for Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f_c: 2500

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

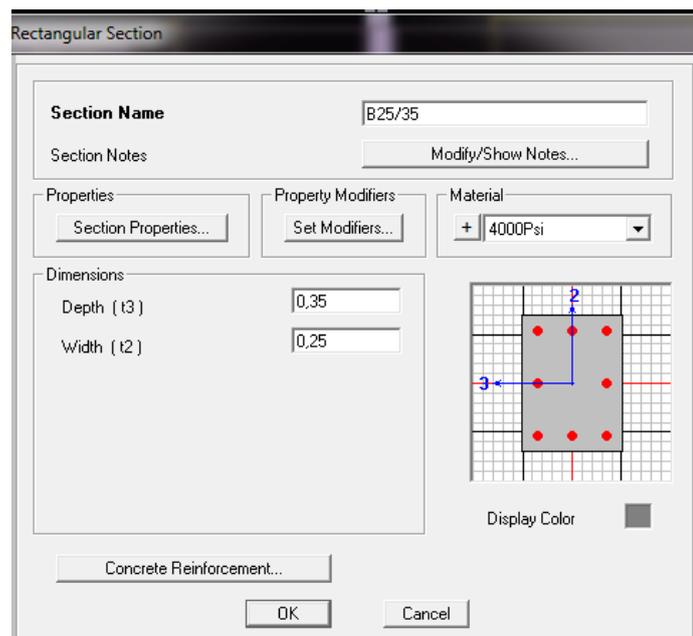
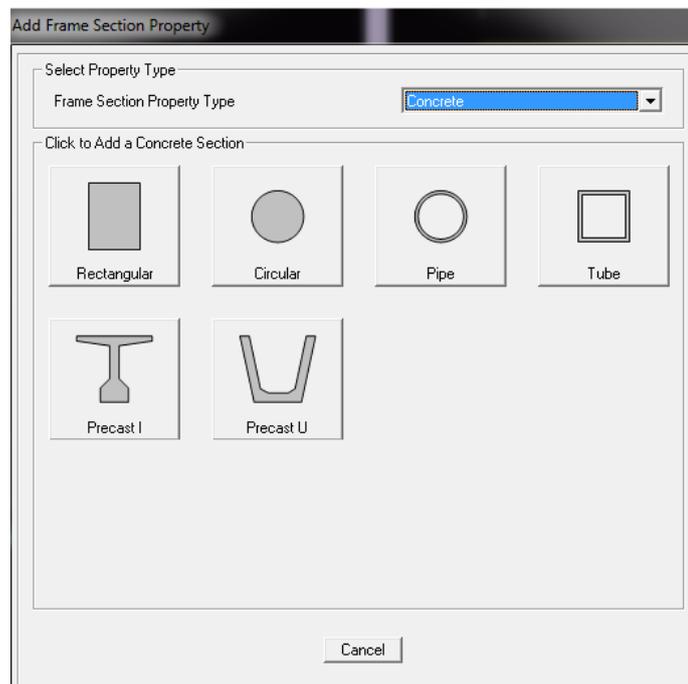
Switch To Advanced Property Display

OK
Cancel

d. Input data dimensi struktur

- Kolom = (35 x 55) cm
- Balok = (30 x 55) cm

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



Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars + A615Gr60

Confinement Bars (Ties) + A615Gr60

Design Type

Column (P-M2-M3 Design)

Beam (M3 Design Only)

Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center

Top 0,06

Bottom 0,06

Reinforcement Overrides for Ductile Beams

	Left	Right
Top	0,	0,
Bottom	0,	0,

OK Cancel

e. 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.

f. Input data akibat beban hidup (Live)

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

g. Run analisis

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

2.3.4 Perancangan 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 (kolom). Adapun urutan – urutan dalam menganalisis balok :

- a. Gaya lintang desain balok maksimum

$$U = 1,2D + 1,6L \text{ (Struktur Beton Bertulang, Istimawas Dipohusodo : 40)}$$

Keterangan :

U = gaya geser terfaktor pada penampang

D = beban mati terfaktor per unit luas

L = beban hidup terfaktor unit luas

- b. Momen design balok minimum

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawas Dipohusodo : 40)

Keterangan :

M_u = Momen terfaktor pada penampang

MDL = Momen akibat beban mati

MLL = Momen akibat beban hidup

- c. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

- a) Penulangan lentur lapangan

$$1) \text{ Tentukan : } D_{\text{eff}} = h - \rho - \phi s - \frac{1}{2}D$$

$$2) k = \frac{M_u}{\phi b d^2}, \text{ dari tabel Istimawan } \rho \rightarrow \text{ didapat nilai}$$

$$3) A_s = \rho \times b \times d$$

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

- 4) Pilih tulangan dengan syarat $A_s \text{ terpasang} \geq A_s \text{ direncanakan}$

- b) Penulangan lentur tumpuan

$$1. \text{ Tentukan : } D_{\text{eff}} = h - \rho - \phi s - \frac{1}{2}D$$

$$2. k = \frac{M_u}{\phi b d^2}, \text{ dari tabel Istimawan } \rho \rightarrow \text{ didapat nilai}$$

$$3. A_s = \rho \times b \times d$$

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

$$4. \text{Pilih tulangan dengan syarat } A_s \text{ terpasang} \geq A_s \text{ direncanakan}$$

Keterangan :

A_s = luas tulangan tarik non-prategang

d. Penulangan geser rencana

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

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

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo:113)

$$- V_u \leq \emptyset V_n$$

$$- V_n = V_c + V_s$$

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo:114)

$$- S_{perlu} = \frac{A_v f_y d}{V_s}$$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo:122)

2.3.5 Perancangan Kolom

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil. Sedangkan komponene struktur yang menahan beban aksial vertikal, dengan rasio bagian tinggi dan dimensi lateral terkecil kurang dari tiga dinamakan pedestal (Dipohusodo, 1994).

Langkah-langkah perencanaan kolom menurut Dipohusodo adalah sebagai berikut:

- 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 tulangnya dan diambil yang terbesar.

- 2) Beban desain kolom minimum

$$U = 1,2D + 1,6L \text{ (Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo : 40)}$$

Keterangan :

U = beban terfaktor pada penampang

D = kuat beban aksial akibat beban mati

L = kuat beban aksial akibat beban hidup

- 3) Momen design kolom maksimum untuk ujung atas dan ujung bawah

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo : 40)

Keterangan :

M_u = momen terfaktor pada penampang

MDL = momen akibat beban mati

MLL = momen akibat beban hidup

- 4) Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi adalah sebagai berikut :

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

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

Keterangan :

β = rasio bentang bersih arah memanjang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

- 5) Modulus elastisitas

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

Keterangan :

f_c' = kuat tekan beton

- 6) Nilai kekuatan kolom dan balok adalah :

$$I_k = \frac{1}{12} b h^3$$

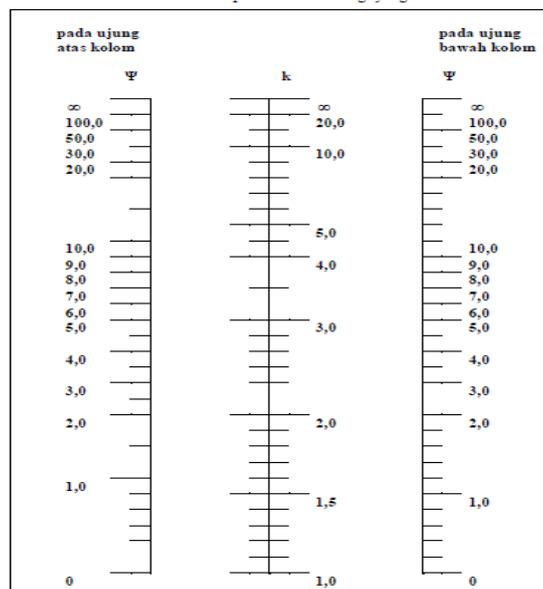
$$I_b = \frac{1}{12} b h^3$$

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

$$E \times I_b = \frac{E_c \times I_g}{2,5 (1 + \beta \times d)} \rightarrow \text{untuk balok}$$

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

7) Faktor panjang efektif kolom



Gambar 2.3 Nilai komponen struktur goyang

8) Nilai eksentrisitas

$$e = \frac{M_u}{P_u} \quad (\text{Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo : 302})$$

Keterangan :

e = eksentrisitas (mm)

M_u = momen terfaktor pada penampang (MPa)

P_u = beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan (N)

9) Menentukan Ψ_a dan Ψ_b

$$\varphi = \frac{\left(\frac{E \cdot I_k}{I \cdot I_k}\right)}{\left(\frac{E \cdot I_b}{I \cdot I_b}\right)}$$

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

10) Angka kelasngsingan kolom adalah sebagai berikut :

Kolom langsing dengan ketentuan :

- Rangka tanpa pengaku lateral $= \frac{Klu}{r} < 22$
- Rangka dengan pengaku lateral $= \frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M1-b}{M2-b} \right)$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo : 311)

Keterangan :

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan yang dipotong

lu = panjang komponen struktur tekan yang tidak dipotong

r = jari – jari potongan lintang komponen struktur tekan

- Untuk semua komponen struktur tekan dengan $\frac{Klu}{r} > 100$ harus digunakan analisa pada SNI 03-2847-2002 hal. 78 ayat 12.10.1 butir 5
- Apabila $\frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M1-b}{M2-b} \right)$ atau $\frac{Klu}{r} < 22$ maka perancangan harus menggunakan metode pembesaran momen.

11) Pembesaran momen

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

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

$$\delta_b = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma Pu}{\phi \Sigma P_c}} \geq 1,0$$

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

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo : 335-336)

Keterangan :

M_c = momen rencana yang diperbesar

δ = faktor pembesaran momen

P_u = beban rencana aksial :

P_c = beban tekuk Euler

12) Desain penulangan

Hitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 2% luas kolom adalah sebagai berikut :

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

13) Tentukan tulangan yang dipakai

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

14) Memeriksa P_u terhadap beban seimbang adalah sebagai berikut :

$$d = h - d'$$

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

$$a_b = \beta_1 \times C_b$$

$$f_s' = \left(\frac{C_b - d}{C_b} \right) \times 0,003$$

$$f_s' = f_y$$

$$\phi P_n = \phi (0,85 \times f_c' \times a_b \times b + As' \times f_s' - As \times f_y)$$

$$\phi P_n = P_u \rightarrow \text{beton belum hancur pada daerah tarik}$$

$$\phi P < P_u \rightarrow \text{beton hancur pada daerah tarik}$$

15) Memeriksa kekuatan penampang adalah sebagai berikut :

a) Akibat keruntuhan tarik

$$P_n = 0,85 \times f_c \times b \times \left[\left(\frac{h}{2} - e \right) + \sqrt{\left(\frac{h}{2} - e \right)^2 + \frac{2As \times f_y \times (d - d')}{0,85 \times f_c' \times b}} \right]$$

b) Akibat keruntuhan tekan

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

Keterangan :

ρ = rasio penulangan tarik non-prategang yang dipakai

As = luas tulangan tarik non-prategang yang dipakai

As' = luas tulangan tekan non-prategang yang dipakai

- d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik
- d' = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan
- b = lebar daerah komponen struktur
- h = diameter penampang
- fc' = mutu beton
- fy = mutu baja
- e = eksentrisitas

2.3.6 Perancangan Sloof

Menurut Pamungkas (2013), sloof merupakan pengikat antar pondasi sehingga diharapkan bila terjadi penurunan pada pondasi, penurunan itu dapat tertahan atau akan terjadi secara bersamaan.

Langkah-langkah perencanaan sloof :

1. Tentukan dimensi sloof
2. Tentukan pembebanan pada sloof, menurut adalah sebagai berikut :
 - a) Berat sendiri sloof
 - b) Berat dinding dan plesteran

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

$$U = 1,2 D + 1,6 L \text{ (Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo : 40)}$$

Keterangan :

U = beban terfaktor per unit panjang bentang balok

D = beban mati

L = beban hidup

3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan adalah sebagai berikut :
 - a) Tentukan $d_{\text{eff}} = h - p - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ sengkang}$
 - b) $K = \frac{M_u}{\emptyset \times b \times d^2} \rightarrow$ didapat nilai ρ dari tabel
 $A_s = \rho \times b \times d$
 - c) Pilih tulangan dengan dasar A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan

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

Keterangan :

A_s = luas tulangan tarik

P = rasio penulangan tarik

b_{eff} = lebar efektif balok

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

4. Tulangan geser rencana adalah sebagai berikut :

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

(Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang Gedung, SNI 03-2847-2002 : 89)

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo : 113)

- b) $V_u \leq \emptyset V_n$

- c) $V_n = V_c + V_s$

- d) $V_u \leq \emptyset V_c + V_s$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo : 114)

- e) $S_{perlu} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s}$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo : 122)

Keterangan :

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = kuat geser terfaktor pada penampang

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = luas tulangan geser pada daerah sejarak s

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

f_y = mutu baja

2.3.7 Perancangan Pondasi

Semua konstruksi yang direkayasa untuk bertumpu pada tanah harus didukung oleh suatu pondasi. Pondasi adalah bagian dari suatu sistem rekayasa

yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri ke pada dan ke dalam tanah dan batuan permukaan tanah.

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

a. Jenis-jenis Pondasi

1. Pondasi Dangkal (*Shallow Footing*)

Bila letak lapisan tanah keras dekat dengan permukaan tanah, maka dasar pondasi dapat langsung diletakkan di atas lapisan tanah keras tersebut, pondasi seperti ini disebut dengan pondasi dangkal. Pondasi dangkal mempunyai beberapa jenis, yaitu :

a) Pondasi Tapak Tunggal

Digunakan untuk memikul beban bangunan yang bersifat beban terpusat atau beban titik, misal beban *tower* kolom pada bangunan gedung bertingkat, beban pada menara (*tower*), beban pilat pada jembatan.

b) Pondasi Tapak Menerus

Digunakan untuk memikul beban bangunan yang memanjang, seperti bangunan dinding (tembok), konstruksi dinding penahan tanah.

c) Pondasi Tapak Gabungan

Digunakan untuk memikul beban bangunan yang relatif berat namun kondisi tanah dasarnya terdiri dari tanah lunak.

2. Pondasi Dalam (*Deep Footing*)

Bila letak lapisan tanah keras jauh dari permukaan tanah, maka diperlukan pondasi yang dapat menyalurkan beban bangunan ke lapisan tanah keras tersebut, pondasi seperti ini disebut dengan pondasi dalam, contohnya pondasi tiang dan pondasi sumuran.

a) Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang dipergunakan pada tanah-tanah lembek, tanah berawa dengan kondisi daya dukung tanah (σ tanah) kecil, kondisi air tanah tinggi dan tanah keras pada posisi sangat dalam.

Pondasi tiang pancang sendiri mempunyai beberapa jenis :

1) Pondasi Tiang Pancang Kayu

Pondasi tiang pancang kayu di Indonesia, dipergunakan pada rumah-rumah panggung di daerah Kalimantan, Sumatera, Nusa Tenggara, dan pada rumah-rumah nelayan di tepi pantai.

2) Pondasi Tiang Pancang Beton

Pondasi tiang beton dipergunakan untuk bangunan-bangunan tinggi (*high rise building*). Pondasi tiang pancang beton, proses pelaksanaannya dilakukan sebagai berikut :

- Melakukan test “*boring*” untuk melakukan kedalaman tanah keras dan klasifikasi panjang tiang pancang, sesuai pembebanan yang telah diperhitungan.
- Melakukan pengeboran tanah dengan mesin pengeboran tiang pancang.
- Melakukan pemancangan pondasi dengan mesin pondasi tiang pancang

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan jenis pondasi :

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

Secara umum dalam perancangan pondasi harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- 1) Tegangan kontak pada tanah tidak melebihi daya dukung tanah yang diizinkan
- 2) *Settlement* (penurunan) dari struktur masih termasuk dalam batas yang diizinkan. 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 tipe *minipile* dan pondasi sumuran atau *borepile*
- 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 atau pondasi *borepile*.

Berdasarkan data hasil tes tanah pada lokasi pembangunan bangunan untuk jenis pondasi yang dipilih adalah pondasi dalam dengan jenis tiang *square pile* dengan ukuran 25 cm x 25 cm.

Langkah-langkah dalam menganalisis pondasi :

- 1) Menentukan beban-beban yang bekerja pada pondasi
- 2) Menentukan diameter tiang yang digunakan
- 3) Menentukan jarak tiang yang digunakan

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

- 4) Menentukan efisiensi kelompok tiang
- 5) Persamaan dari Uniform Building Code :

$$Eff \times \eta = 1 - \frac{\theta}{90} - \left\{ \frac{(n-1) \times m + (m-1) \times n}{m \times n} \right\} \text{ (Sardjono hal.61)}$$

Keterangan :

m = jumlah baris (bh)

n = jumlah tiang dalam satu baris (bh)

$\theta = \text{Arc tan } \frac{d}{s}$ (derajat)

d = diameter tiang (mm)

s = jarak antara tiang (As ke as) (mm)

- 6) Menentukan daya dukung ijin 1 tiang pancang

$$Q_{tiang} = \frac{A_{tiang} \times P}{3} + \frac{O \times c}{5} \text{ (Sardjono hal.65)}$$

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)

7) Menentukan kemampuan tiang terhadap sumbu X dan sumbu Y

$$P_{max} = \frac{\Sigma V}{n} \pm \frac{M_Y \times X_{max}}{n_y \times \Sigma X^2} \pm \frac{M_X \times Y_{max}}{n_x \times \Sigma Y^2} \quad (\text{Sardjono hal.55})$$

Keterangan :

P max = beban yang diterima oleh tiang pancang

ΣV = jumlah total beban

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

My = momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu y

n = banyak tiang pancang dalam kelompok tiang pancang

Xmax = absis terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok

Ymax = ordinat terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok

Ny = banyaknya tiang pancang dalam satu baris sumbu Y

Nx = banyaknya tiang pancang dalam satu baris sumbu X

ΣX^2 = jumlah kuadrat absis-absis tiang pancang

ΣY^2 = jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang pancang