

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

Perencanaan struktur merupakan campuran antara seni dan ilmu pengetahuan yang digabungkan oleh ahli struktur dengan dasar pengetahuan dalam statika, dinamika, mekanika bahan dan analisa struktur untuk menghasilkan suatu struktur yang sesuai kriteria perencanaan konstruksi bangunan antara lain ekonomis, kuat, artistik serta fungsional. Perencanaan pembangunan diperlukannya melakukan survey dan perhitungan beban-beban yang ada pada bangunan gedung untuk memastikan struktur yang kuat dan aman untuk di huni.

2.2 Ruang Lingkup Perencanaan

Membangun suatu bangunan pada umumnya diatur oleh aturan tertentu. Pada perencanaan bangunan gedung bertingkat mengacu pada peraturan SNI 2847 - 2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan penjelasan. Adapun 2 stuktur pendukung bangunan yaitu :

a. Struktur Bangunan Atas

Struktur bangunan atas merupakan bagian dari struktur gedung yang berada di atas muka tanah. Dari segi arsitektur dan keamanan harus sanggup mewujudkan perencanaan yang mampu menjamin mutu. Dalam perhitungan perancangan untuk struktur bangunan atas tersebut meliputi:

- 1) Perhitungan Pelat Atap dan Pelat Lantai
- 2) Perhitungan Tangga
- 3) Perhitungan Balok
- 4) Perhitungan Kolom

b. Struktur Bangunan Bawah

Struktur bangunan bawah merupakan sistem pendukung bangunan yang menerima beban struktur atas, untuk diteruskan ke tanah dibawahnya. Perhitungan perencanaan struktur bagian bawah ini meliputi :

- 1) Perhitungan Sloof
- 2) Perhitungan Pondasi

2.3 Dasar-dasar Perencanaan

Dalam perencanaan pembangunan Rumah Susun 3 Lantai Provinsi Sumatera Selatan, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku dan buku-buku referensi, diantaranya :

1. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan berdasarkan (SNI 2847 – 2019) oleh Badan Standarisasi Nasional. Pedoman ini terdapat persyaratan dan ketentuan dalam teknis perencanaan serta pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung untuk mendapatkan struktur yang aman.
2. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain berdasarkan (SNI 1727 – 2013) oleh Badan Standarisasi Nasional. Pedoman ini digunakan untuk menentukan beban minimum suatu konstruksi terhadap perencanaan bangunan.
3. Perancangan Struktur Beton Bertulang berdasarkan (SNI 2847 – 2013) oleh Agus Setiawan. Buku ini berisikan dasar-dasar pengertian sistem struktur beton bertulang serta kekuatan komponen struktur beton bertulang.
4. Grafik dan Tabel Perencanaan Beton Bertulang oleh W.C Vis dan Gideon H. Kusuma. Buku ini membahas mengenai grafik dan tabel yang digunakan dalam perhitungan struktur beton bertulang.

2.4 Klasifikasi Pembebanan

Beban merupakan gaya luar yang bekerja pada suatu struktur. Penentuan secara pasti besarnya beban yang bekerja pada suatu struktur selama umur layannya merupakan salah satu pekerjaan yang cukup sulit. Jika beban-beban yang bekerja pada suatu struktur telah diestimasi, maka masalah berikutnya adalah menentukan kombinasi-kombinasi beban yang paling dominan yang mungkin bekerja pada struktur tersebut. Besar beban yang bekerja pada suatu struktur diatur oleh pembebanan yang berlaku. Beberapa jenis beban yang sering dijumpai antara lain :

A. Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian suatu gedung/bangunan yang bersifat tetap selama masa layan struktur, termasuk unsur-unsur tambahan, *finishing*, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung/bangunan tersebut. Dalam menentukan beban mati untuk perancangan, harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya, dengan ketentuan bahwa jika tidak ada informasi yang jelas, nilai yang harus adalah nilai yang disetujui oleh pihak yang berwenang. Beberapa contoh berat dari beberapa komponen bangunan penting yang digunakan untuk menentukan besarnya beban mati suatu gedung/bangunan diperlihatkan dalam Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung dan Bangunan Lain (SNI-1727-2013, hal 15)

B. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban gravitasi yang bekerja pada struktur dalam masa layannya dan timbul akibat penggunaan suatu gedung. Beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lain harus beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung, akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan. Beberapa contoh beban hidup menurut kegunaan suatu bangunan ditampilkan dalam Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 Beban Hidup pada Lantai Gedung

Hunian atau penggunaan	Merata pat (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses		
Ruang kantor	50 (2,4)	2 000 (8,9)
Ruang komputer	100 (4,79)	2 000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18) ^a	
Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terikat di lantai)	100 (4,79) ^a	
Lobi	100 (4,79) ^a	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79) ^a	
Panggung pertemuan	100 (4,79) ^a	
Lantai podium	150 (7,18) ^a	

Balkon dan dek	1.5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m ²)	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor Lantai pertama Lantai lain	100 (4,79) sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79) ^a	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in.x 2 in. [50 mmx50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai finishing ringan (pada area 1 in.x 1 in. [25 mm x 25 mm])		200 (0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	
Tangga permanen	Lihat pasal 4.5	
Garasi/Parkir Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92) ^{a,b,c}	
Susunan tangga, rel pengaman batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) ^d tidak boleh direduksi	^{e,f,g}
Rumah sakit Ruang operasi, laboratorium Ruang pasien Koridor di atas lantai pertama	60 (2,87) 40 (1,92) 80 (3,83)	1 000 (4,45) 1 000 (4,45) 1 000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan Ruang baca Ruang penyimpanan Koridor di atas lantai pertama	60 (2,87) 150 (7,18) ^{a, h} 80 (3,83)	1 000 (4,45) 1 000 (4,45) 1 000 (4,45)
Pabrik Ringan Berat	125 (6,00) ^a 250 (11,97) ^a	2 000 (8,90) 3 000 (13,40)
Gedung perkantoran: Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian Lobi dan koridor lantai pertama Kantor Koridor di atas lantai pertama	100 (4,79) 50 (2,40) 80 (3,83)	2 000 (8,90) 2 000 (8,90) 2 000 (8,90)
Lembaga hukum Blok sel Koridor	40 (1,92) 100 (4,79)	
Tempat rekreasi Tempat bowling, Kolam renang, dan penggunaan yang sama Bangsal dansa dan Ruang dansa Gimnasium Tempat menonton baik terbuka atau tertutup Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	75 (3,59) ^a 100 (4,79) ^a 100 (4,79) ^a 100 (4,79) ^{a,A} 60 (2,87) ^{a,A}	
Rumah tinggal Hunian (satu keluarga dan dua keluarga) Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur Semua ruang kecuali tangga dan balkon Semua hunian rumah tinggal lainnya Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka Ruang publik ^a dan koridor yang melayani mereka	10 (0,48) ^f 20 (0,96) ^g 30 (1,44) 40 (1,92) 40 (1,92) 100 (4,79)	

(Sumber: SNI-1727-2013, Hal 25)

C. Beban Angin

Beban angin adalah beban yang bekerja pada struktur akibat tekanan-tekanan dari gerakan angin. Beban angin sangat tergantung dari lokasi dan ketinggian dari struktur. Besarnya tekanan positif dan negatif dinyatakan dalam kg/m^2 . Beban angin yang digunakan dalam desain SPBAU untuk bangunan gedung tertutup atau tertutup sebagian tidak boleh kecil dari 16 lb/ft^2 ($0,77 \text{ kN/m}^2$) dikalikan dengan luas dinding bangunan gedung dan 8 lb/ft^2 ($0,38 \text{ kN/m}^2$) dikalikan dengan luas atap bangunan gedung yang terproyeksi pada bidang vertikal tegak lurus terhadap arah angin yang diasumsikan. Beban dinding dan atap harus diterapkan secara simultan. Gaya angin desain untuk bangunan gedung terbuka harus tidak kurang dari 16 lb/ft^2 ($0,77 \text{ Kn/m}^2$) dikalikan dengan luas A_f . (SNI-1727-2013)

2.5 Perencanaan Konstruksi

Dalam merencanakan suatu konstruksi diperlukan beberapa perencanaan perhitungan yang akan digunakan, sesuai kriteria dengan syarat – syarat dasar perencanaan gedung bertingkat yang berlaku di Indonesia, sehingga suatu konstruksi dapat menahan beban dengan sempurna, baik beban sendiri maupun beban lainnya. Berikut adalah perencanaan struktur bangunan :

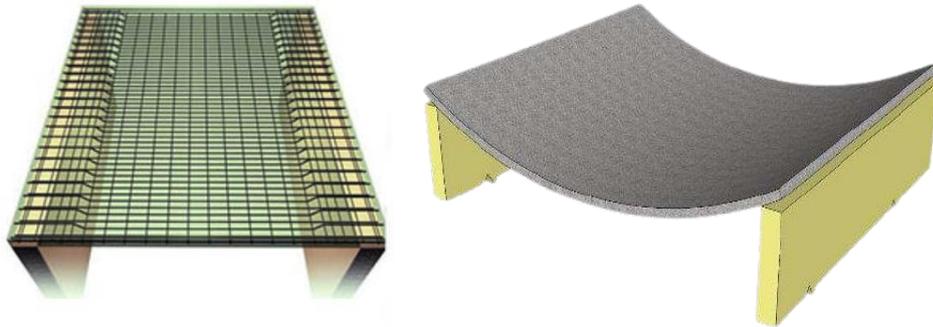
2.5.1 Perencanaan Pelat

Pada suatu konstruksi bangunan gedung, pelat terdiri dari pelat atap dan pelat lantai. Pelat lantai merupakan beton yang diberi tulangan baja dan harus direncanakan kaku dan lurus namun dapat diberi sedikit kemiringan untuk kepentingan aliran air. Pelat atap merupakan struktur yang tidak terlindungi dan memiliki ketebalan selimut beton yang lebih besar dibandingkan dengan pelat lantai. Pada umumnya struktur pelat lantai beton dalam suatu bangunan gedung dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

1. Pelat satu arah (*One Way Slab*)

Pelat dikatakan satu arah apabila $\frac{L_y}{L_x} \geq 2$, dimana L_y adalah panjang sisi panjang dan L_x adalah panjang sisi pendek, karena slab ini akan menekuk

dalam satu arah yaitu pada arah sepanjang rentang yang lebih pendek (Gambar 2.1).



Gambar 2.1 Pelat Satu Arah

Langkah-langkah perhitungan pelat satu arah :

- a. Penentuan h minimum pelat

Tabel 2.2 Tebal 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 pasif satu arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$
<p>CATATAN Panjang bentang (mm) = bentang bersih + tebal kolom = jarak dari as ke as</p> <p>Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal ($w_c = 2.400 \text{ kg/m}^3$) dan tulangan BJTD 40. Untuk kondisi lain, nilai di atas dimodifikasikan sebagai berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis di antara 1.500- 				

2.000 kg/m^3 , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003 w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09 dimana w_c adalah berat jenis dalam kg/m^3 .

- Untuk selain 400 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

Dimana :

$l =$ panjang teoritis (mm)

(Sumber : SNI-2847-2019)

- b. Menghitung beban/ mati berat sendiri pelat, beban hidup serta beban rencana total (W_u)

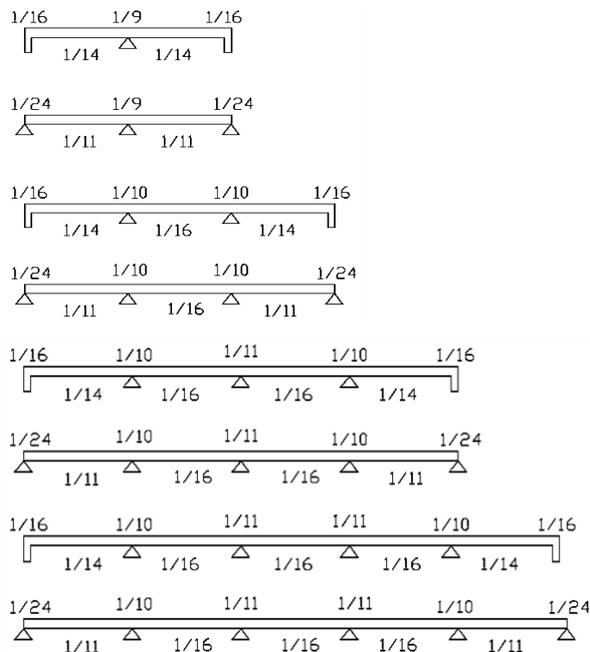
$$W_u = 1,2 W_D + 1,6 W_L$$

Dengan :

$W_D =$ beban mati pelat (KN/m)

$W_L =$ beban hidup pelat (KN/m)

- c. Pendistribusian momen dengan metode koefisien momen, koefisien momen dikalikan $W_u \cdot L_n^2$ seperti gambar 2.2 Dengan catatan :



Gambar 2.2 Koefisien momen (Sumber: W.C Vis dan Gideon Kusuma)

- Untuk momen lapangan, l_n = panjang bersih dari bentang yang ditinjau
- Untuk momen tumpuan, l_n = panjang bersih rata-rata dari dua bentang bersebelahan

d. Hitung tinggi efektif pelat (d_{eff})

$$d_{eff} = h - \text{tebal selimut beton} - \left(\frac{\text{diameter tulangan}}{2} \right)$$

Tabel 2.3 Tebal Selimut Beton

Paparan	Komponen Struktur	Tulangan	Tebal Selimut (mm)
Dicor dan secara permanen kontak dengan tanah	Semua	Semua	75
Terpapar cuaca atau kontak dengan tanah	Semua	D19 – D57	50
		D16, Kawat, Ø13 atau D13 dan yang lebih kecil	40
Tidak terpapar cuaca atau kontak dengan tanah	Pelat, pelat berusuk dan dinding	D43 dan D57	40
		D36 dan yang lebih kecil	20
	Balok, kolom, pedestal dan batang Tarik	Tulangan utama, sengkang, sengkang ikat, spiral dan sengkang pengekang	40

(Sumber : SNI-2847-2019)

e. Menentukan tulangan pelat

Untuk mendapatkan nilai ρ (rasio tulangan), tentukan dahulu nilai:

$$k = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d_{eff}^2}$$

Dimana :

k = 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

1) Menentukan rasio penulangan

$$\rho = \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot k}{0,85 \times f_c'}} \right]$$

Dimana:

Mu= Momen rencana/terfaktor pada penampang (KN.m)

b= Lebar penampang (mm) diambil tiap 1 meter

d= Tinggi efektif (mm)

k= Koefisien tahanan

Dalam penggunaan p terdapat ketentuan, yakni **pmin < p < pmax**

- 1) Jika $p < p_{min}$, maka menggunakan p_{min} dan A_s yang digunakan Asmin, P_{min} untuk pelat lantai 0,0018 berdasarkan SNI 2847-2019
- 2) Jika $p < p_{max}$, maka pelat dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang

g. Hitung A_s yang diperlukan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{eff}$$

Dimana :

A_s = luas penampang (mm^2)

ρ = rasio penulangan

b = lebar penampang (mm)

d_{eff} = tinggi efektif (mm)

h. Menggunakan tabel tulangan, pilih tulangan pokok yang akan dipasang. Periksa jarak maksimum antara tulangan dari pusat ke pusat $3h$ atau 500mm.

i. Pilih tulangan susut dan suhu. Untuk tulangan suhu dan susut dihitung berdasarkan peraturan SNI 2847-2019, yaitu :

- 1) Luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014

Tabel 2.4 Rasio Tulangan Minimum

Jenis tulangan	f_y MPa	Rasio tulangan minimum	
Batang ulir	< 420	0,0020	
Batang ulir atau kawat las	≥ 420	Terbesar dari:	$0,0018 \times 420$
			$\frac{f_y}{0,0014}$

(Sumber : SNI-2847-2019,553)

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

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

Pelat dikatakan dua arah apabila $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$, dimana L_y adalah panjang sisi panjang dan L_x adalah panjang sisi pendek, yang dimana pelat ini akan menekuk dalam dua arah (Gambar 2.3)



Gambar 2.3 Pelat Dua Arah

Langkah-langkah perencanaan pelat dua arah sebagai berikut :

- a. Menentukan h minimum pelat. Tebal pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
 - Untuk $\alpha m \leq 0,2$ harus menggunakan tabel 2.5

Tabel 2.5 Tebal minimum pelat dua arah untuk $\alpha m \leq 0,2$

f_y MPa	Tanpa Drop Panel			Dengan Drop Panel		
	Panel Eksterior		Panel Interior	Panel Eksterior		Panel Interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
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	$\ell_n/28$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/34$	$\ell_n/34$

(Sumber : SNI 2847-2013)

- Untuk αm lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0 ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ell_n(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36+5\beta(\alpha m-0,2)}, \text{ dan tidak boleh kurang dari 120 mm}$$

- Untuk α lebih besar dari 0,2 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ell_n(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36+9\beta}, \text{ dan tidak boleh kurang dari 90 mm}$$

Dimana;

$$\alpha = \frac{E_{eb} \cdot I_b}{E_{es} \cdot I_s}$$

E_{eb} = modulus elastisitas balok betonE_{es} = modulus elastisitas pelat beton

$$(I_b = \frac{b \cdot h^3}{12}) = \text{inersia balok}$$

$$(I_s = \frac{t \cdot l_n^3}{12}) = \text{inersia pelat}$$

L_n = jarak bentang bersih

h = tinggi balok

t = tebal pelat

 β = rasio $(\frac{\ln y}{\ln x})$, ln di ambil lny (panjang netto terpanjang)

Menghitung beban mati berat sendiri pelat dan kemudian menghitung beban rencana total (W_u)

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

W_D = beban mati pelat (KN/M)

W_L = beban hidup pelat (KN/m)

- b. Mencari momen yang bekerja arah x dan y, dengan cara penyaluran “metode amplop” berdasarkan buku Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang jilid I karangan W.C Vis dan Gideon KAusuma, 1993:89

Tabel 2.6 Momen yang menentukan per meter lebar dalam jalur tengah pada pelat dua arah akibat beban terbagi rata

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

— = terletak bebas
 — = menerus pada tumpuan

Dimana:

- M_{lx} adalah momen lapangan maksimum per meter lebar di arah-x
- M_{ly} adalah momen lapangan maksimum per meter lebar di arah-y
- M_{tx} adalah momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah-x
- M_{ty} adalah momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah-y
- M_{tix} adalah momen jepit tak terduga per meter lebar di arah-x
- M_{tiy} adalah momen jepit tak terduga per meter lebar di arah-y

c. Menghitung tinggi efektif (d_{eff})

$$d_{eff\ x} = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan arah x}$$

$$d_{eff\ y} = h - \text{tebal selimut beton} - \emptyset \text{ tulangan arah x} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan arah y}$$

d. Mencari nilai koefisien tahanan (k)

Faktor reduksi $\Theta = 0,90$

$$K = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot d_{eff}^2}$$

e. Mencari rasio penulangan

$$\rho = \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot k}{0,85 \times f_c'}} \right]$$

Dimana:

M_u = Momen rencana/terfaktor pada penampang (KN.m)

b = Lebar penampang (mm) diambil tiap 1 meter

d = Tinggi efektif (mm)

k = Koefisien tahanan

Dalam penggunaan p terdapat ketentuan, yakni $p_{min} < p < p_{max}$

- 1) Jika $p_{min} > p$, maka pakai p_{min} dan A_s yang digunakan A_{smin} .
- 2) Jika $p_{max} < p$, maka pakai p_{max}

f. Mencari luas tulangan (A_s)

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{eff}$$

- Mencari jumlah tulangan (n)

$$n = \frac{As}{\frac{1}{4}\pi\phi^2}$$

- Mencari jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2}{As} \cdot 1000$$

- g. Menggambar tulangan pelat

2.5.2 Perencanaan Tangga

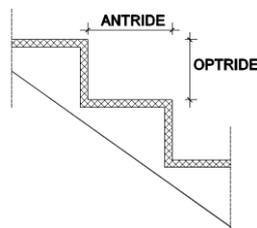
Tangga merupakan salah satu bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai alat penghubung lantai bawah dengan lantai yang ada di atasnya pada bangunan bertingkat dalam kegiatan tertentu.

- a. Bagian – bagian tangga :

Secara garis besarnya tangga terdiri dari bagian – bagian seperti berikut :

1. Anak Tangga (*Trede*)

- *Antrede* (Langkah datar), adalah anak tangga dan pelat tangga bidang horizontal yang merupakan bidang pijak telapak kaki.
- *Optrede* (Langkah tegak), adalah bagian dari anak tangga pada bidang vertikal yang merupakan selisih tinggi antara 2 buah anak tangga yang berurutan.



Gambar 2.4 *Optride* dan *Antride*

2. Bordes

Bordes adalah bagian dari tangga yang merupakan bidang datar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat istirahat bila terasa lelah.

3. Pelengkap

- Tiang sandaran
- Sandaran (pegangan)

b. 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 langkah
 $2 \text{ optrede} + 1 \text{ antrede} = 57 - 65 \text{ cm}$
4. Syarat bordes = $L_n + 2a$
 $a = \text{antride} ; L_n = \text{Langkah}$
5. Sudut kemiringan
 Maksimum = 45°
 Minimum = 25°

c. Langkah-langkah perhitungan tangga :

1. Menentukan ukuran dan dimensi
 - Menentukan perkiraan tinggi optride 15 cm – 20 cm
 - Jumlah optride = $\frac{\text{tinggi tangga}}{\text{ukuran optride}}$
 - Optride sebenarnya = $\frac{\text{tinggi tangga}}{\text{jumlah optride}}$
 - $L_n/1$ langkah (57 – 65 cm)
 $2 \text{ Optride} + 1 \text{ Antride} = L_n/1 \text{ langkah}$
 - Sudut Kemiringan Tangga, $\text{arc tan } \theta = \frac{\text{Optride}}{\text{Antride}}$
 - Tebal Pelat dan Bordes, $h_{\min} = \frac{L}{20} \times \left(0,4 + \frac{fy}{700}\right)$
2. Menentukan Pembebanan
 - 1) Pembebanan pelat anak tangga
 - a. Beban mati

Berat sendiri pelat tangga (Dapat dihitung otomatis melalui SAP2000 14)

Berat anak tangga

Berat penutup lantai

Berat spesi

Berat sandaran tangga

b. Beban Hidup

Beban hidup yang berkerja pada tangga

2) Pembebanan bordes

a. Beban mati

Berat sendiri pelat bordes (Dapat dihitung otomatis melalui SAP2000 14)

Berat penutup lantai

Berat spesi

Berat sandaran tangga

b. Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga

3) Perhitungan tangga untuk mencari gaya-gaya yang bekerja menggunakan SAP2000 14 adapun langkah-langkah sebagai berikut:

- Membuat permodelan tangga pada SAP2000 14
- Masukkan material yang digunakan, *Define > Materials > Add New Material*. Lalu akan muncul tampilan *Material Property Data*. Ubah nama material, isi *Material Type* dengan pilih *Concrete*, ganti nilai *Weight per Unit Volume* terlebih dahulu dengan nilai 24 kN,m (nilai berat jenis beton) baru ubah satuannya ke N, mm, c. Ubah nilai *Modulus of Elasticity* (E) dengan rumus $4700 \times \sqrt{F_c^{0.5}}$. Rasio(U) 0,2. *Specified Concrete Compressive Strength* (fc) diisi sesuai Fc yang direncanakan.

- Masukkan ketebalan pelat tangga dan bordes dengan cara, *Define > Section Properties > Frame Sections > Add New Property > Pilih Concrete (Rectangular)*. Lalu akan muncul jendela *Rectangular Section*, isi sesuai data dan masukkan material yang sudah diibuat sebelumnya.
- Memasang tumpuan pada permodelan tangga
- Masukkan beban yang bekerja pada anak tangga dan bordes yang telah di kombinasikan antara beban mati dan beban hidup.
- Setelah pembebanan sudah selesai dimasukan pada permodelan maka kita dapat melakukan “Run Analisis” namun “self-weight” dijadikan 1 karena beban sendiri di hitung secara otomatis.

4) Perhitungan tulangan tangga dan bordes

- a. Menentukan tinggi efektif (d_{eff})

$$d_{eff} = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan pokok}$$

- b. Momen yang bekerja (M_u)

- c. Menentukan faktor panjang efektif komponen struktur tekan(k)

$$k = \frac{M_u}{\emptyset \cdot b \cdot d_{eff}^2}$$

Dimana :

k = 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)

\emptyset = Faktor kuat rencana

5) Menentukan rasio penulangan

$$\rho = \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot k}{0,85 \times f_c'}} \right]$$

Dalam penggunaan p terdapat ketentuan, yakni $p_{min} < p < p_{max}$

6) Mencari luas tulangan (A_s)

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{eff}$$

8) Penentuan tulangan yang diperlukan

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$$

9) Mengontrol lebar balok bordes, selanjutnya diperlukan cek momen yang dapat ditahan penampang

10) Periksa apakah balok bordes membutuhkan tulangan geser

11) Gambar penulangan tangga dan balok bordes

2.5.3 Perencanaan Balok Anak

Balok anak adalah balok yang berfungsi sebagai pembagi atau pendistribusi beban. Pada bangunan bertingkat biasanya terlihat bahwa ujung-ujung balok anak terhubung pada balok induk. Meskipun berukuran lebih kecil daripada balok induk, penggunaan komponen ini untuk mendukung bentang kerja optimal dari pelat lantai. Langkah-langkah dalam perencanaan balok anak sebagai berikut:

1. Menentukan dimensi balok, mutu beton dan mutu baja yang akan digunakan.
2. Menghitung pembebanan yang terjadi pada balok anak untuk kemudian di proses menggunakan program SAP2000 14 untuk mendapatkan gaya dalamnya.
3. Menentukan momen dan gaya geser maksimum berdasarkan dari hasil analisa menggunakan program SAP2000 14.
4. Menghitung tulangan lapangan dan tumpuan

a. Mencari nilai ρ

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

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot MU}{1,7 \cdot \phi \cdot f_c' \cdot b \cdot d_{eff}^2}} \right]$$

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05(f_c' - 28)}{7}$$

$$\rho_{maks} = \left[\frac{0,003 + \frac{f_y}{E_s}}{0,008} \right] \left[0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \right]$$

Dalam penggunaan ρ terdapat ketentuan, yakni $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

Dimana:

M_u = Momen rencana/terfaktor pada penampang (KN.m)

b = Lebar penampang (mm)

d_{eff} = Tinggi efektif (mm)

ϕ = Faktor reduksi rencana 0,9 (Sumber SNI-2847-2019, 469)

E_s = Modulus elastisitas baja tulangan (Mpa)

- b. Menghitung A_s yang diperlukan

$$A_s = \rho \times b \times d_{\text{eff}}$$

Dimana:

A_s = luas penampang (mm^2)

ρ = rasio penulangan

b = lebar penampang (mm)

d_{eff} = tinggi efektif (mm)

- c. Menentukan diameter tulangan yang dipakai dengan syarat A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan
- d. Lakukan pemeriksaan akhir, $\phi M_n > M_u$

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

$$\phi M_n = \phi \cdot A_s \cdot F_y \left(d_{\text{eff}} - \frac{a}{2} \right)$$

Dimana:

A_s = luas penampang (mm^2)

b = lebar penampang (mm)

d_{eff} = tinggi efektif (mm)

ϕ = Faktor reduksi rencana 0,9 (Sumber SNI-2847-2019, 469)

5. Menghitung tulangan geser

- a. Hitung gaya geser ultimit (V_u) dari beban terfaktor yang bekerja pada struktur. Nilai V_u yang diambil sebagai dasar desain adalah nilai V_u pada lokasi penampang kritis, yaitu sejarak d dari muka tumpuan.
- b. Hitung nilai V_c dari persamaan :

$$V_c = (0,17 \lambda \sqrt{f_c}) b_w \cdot d$$

(SNI 2847 : 2019 hal 190)

c. Periksa nilai V_u

- Jika $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$, tidak dibutuhkan tulangan geser.
- Jika $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$, dibutuhkan tulangan geser minimum, dapat dipasang tulangan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum
- Jika $V_u > \phi V_c$, tulangan geser harus disediakan langkah berikutnya.

d. Jika $V_u > \phi V_c$, hitung gaya geser yang harus dipikul oleh tulangan geser menggunakan persamaan berikut:

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s \quad \text{atau} \quad V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

Dengan besar faktor reduksi ϕ untuk geser adalah sebesar 0,75.

(Agus Setiawan, hal 99)

e. Luas minimum tulangan geser adalah :

$$A_{v_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{b \cdot S}{f_y}$$

$$A_{v_1} = 2 \times \frac{1}{4} \pi d^2$$

f. Hitung nilai V_{c1} dan V_{c2} dengan menggunakan persamaan berikut :

- $V_{c1} = 0,33 \sqrt{f_c} b_w \cdot d \rightarrow$ Maka, $S = d/2$ atau 600 mm
- $V_{c2} = 0,66 \sqrt{f_c} b_w \cdot d \rightarrow$ Maka, $S = d/4$ atau 300 mm

Apabila V_s lebih kecil dari V_{c1} , maka proses desain dapat dilakukan ke langkah berikutnya. Namun bila V_s lebih besar dari V_{c1} maka ukuran penampang harus diperbesar.

g. Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan berikut :

$$S = \frac{A_{v_1}}{A_{v_{\min}}} \times 1000$$

h. Tentukan jarak maksimum tulangan sengkang sesuai dengan persyaratan dalam SNI-2847-2019. Jarak maksimum tersebut diambil dari nilai terkecil antara s_1 dan s_2 berikut ini :

- $S_2 = \frac{d}{2} \leq 600$ mm, jika $V_s \leq V_{c1} = 0,33 \sqrt{f_c} b_w \cdot d$

$$- S_2 = \frac{d}{4} \leq 300 \text{ mm, jika } V_{c1} < V_s \leq V_{c2} = 0,66 \sqrt{f_c} b_w \cdot d$$

S_{maks} dipilih dari nilai terkecil

Jika nilai S_1 yang dihitung lebih kecil dari S_{maks} , maka gunakan S_1 sebagai jarak tulangan sengkang dan jika S_1 yang dihitung lebih besar dari S_{maks} , maka gunakan S_{maks} sebagai jarak tulangan sengkang.

2.5.4 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 yang dihitung adalah portal akibat beban mati, beban hidup dan beban angin. Portal dihitung dengan menggunakan program SAP2000 14.

Adapun perencanaan portal akibat beban mati dan beban hidup adalah sebagai berikut :

a. Portal akibat beban mati

Portal ini ditinjau pada arah memanjang dan melintang. Langkah-langkah menentukan pembebanan pada portal adalah sebagai berikut :

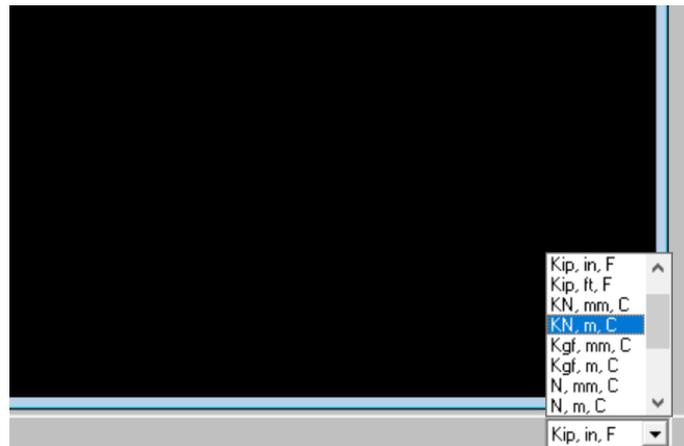
- Beban sendiri balok dapat dihitung otomatis di SAP2000
- Beban sumbangan dari pelat
- Berat pasangan dinding (jika ada)

b. Portal akibat beban hidup

Beban hidup yang digunakan yaitu berat beban hidup sumbangan dari pelat dan harus sesuai dengan peraturan SNI-1727-2013 tentang pembebanan gedung dengan berdasarkan fungsi gedung yang akan digunakan.

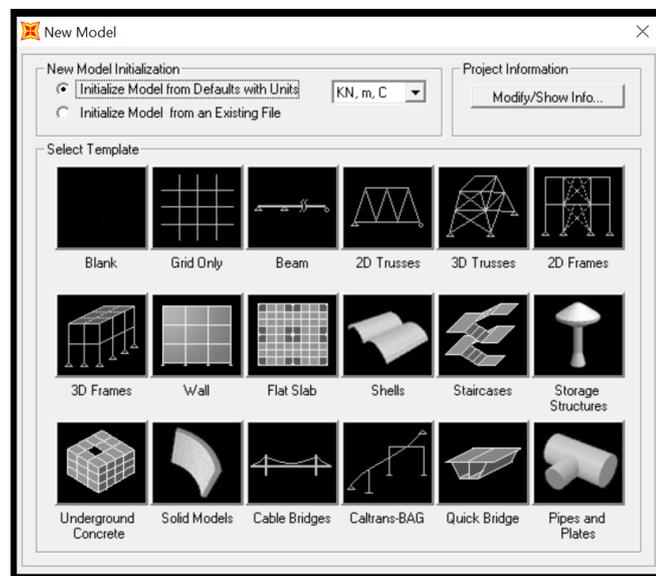
Adapun langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan metode SAP2000 14 yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

1. Buat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup
 - a. Tetapkan satuan yang akan dipakai misalkan kN, m, c yang ada diujung bawah kanan.



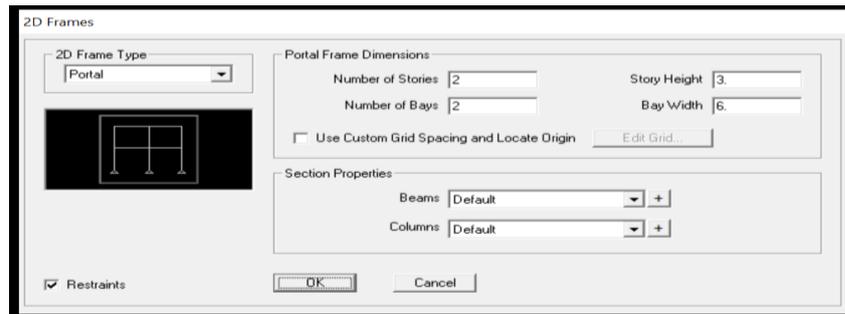
Gambar 2.5 Tampilan Satuan

- b. Klik file lalu pilih **New Model** atau CTRL + N



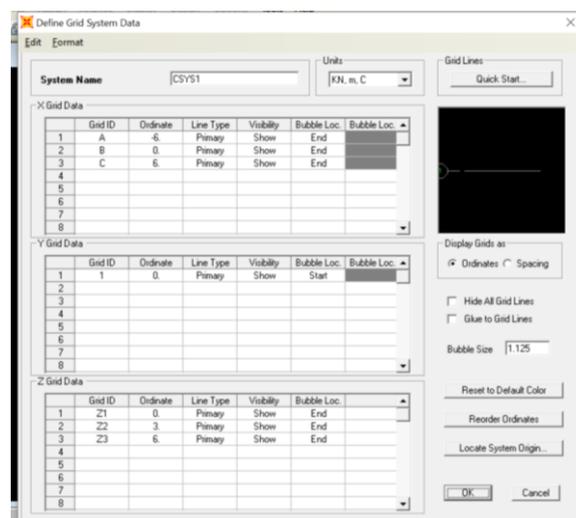
Gambar 2.6 Tampilan New Model

- c. Pilih model template *2D Frames*. Isi *Number of stories*, *story height*, *number of bays* dan *bay width*, masukan sesuai data-data perencanaan. Kemudian klik ok



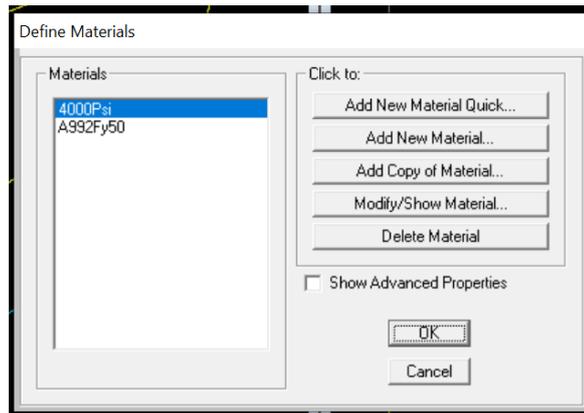
Gambar 2.7 Tampilan *2D Frames*

- d. Untuk mengatur kembali jarak-jarak pada portal. Dapat dilakukan dengan cara pilih *Custom Grid Spacing and Locate Origin* yang ada pada tampilan *2D Frames* lalu klik edit grid. Maka akan muncul tampilan *Define Grid System Data* (Gambar 2.8). Setelah itu dapat dilakukan sesuai dengan jarak portal data perencanaan yang ada dan sesuai arah x, z.



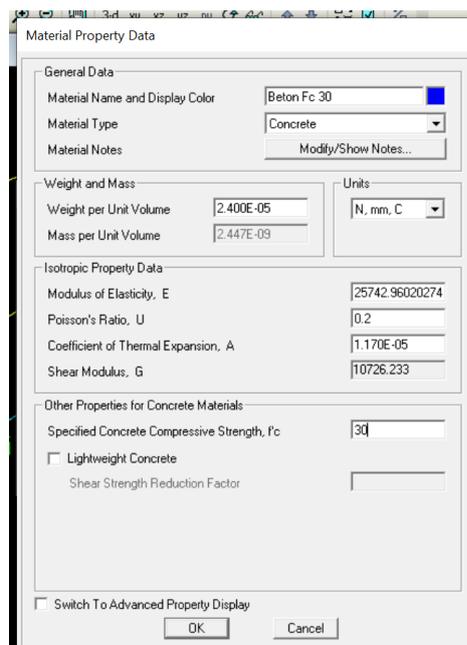
Gambar 2.8 *Define Grid System Data*

2. Memasukkan Material
 - a. Klik *Define* pada *Toolbar* lalu *Materials* maka akan muncul jendela *Define Materials*.



Gambar 2.9 Tampilan *Define Materials*

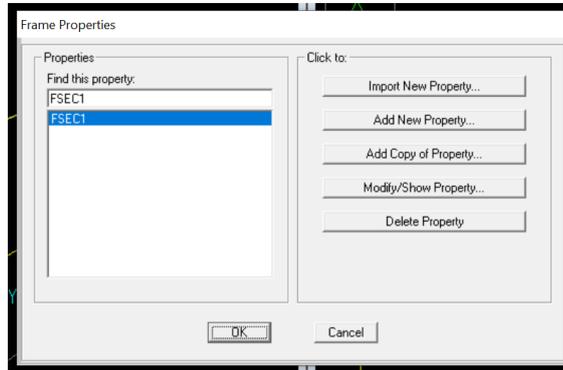
- b. Pilih *Add New Material*, akan muncul tampilan *Material Property Data*. Ubah nama material, lalu isi *Material Type* dengan pilih *Concrete*, ganti nilai *Weight per Unit Volume* terlebih dahulu dengan nilai 24 kN,m (nilai berat jenis beton) lalu baru ubah satuannya ke N, mm, c. Ubah nilai *Modulus of Elasticity (E)* dengan rumus $4700 \times \sqrt{F_c}^{0.5}$. Ubah rasio (U) 0,2 lalu untuk *Specified Concrete Compressive Strength (fc)* diisi sesuai F_c yang direncanakan.



Gambar 2.10 Tampilan *Material Property Data*

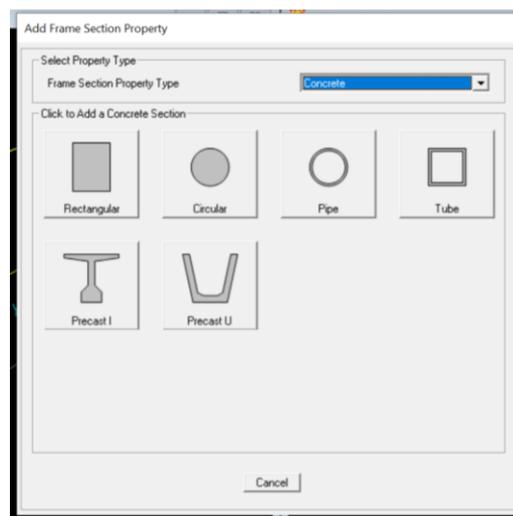
3. Memasukkan nilai dimensi kolom dan balok

- a. Klik *Define* lalu *Section Properties* pilih *Frame Section*, setelah itu akan tampil *Frame Properties* seperti pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Tampilan *Frame Properties*

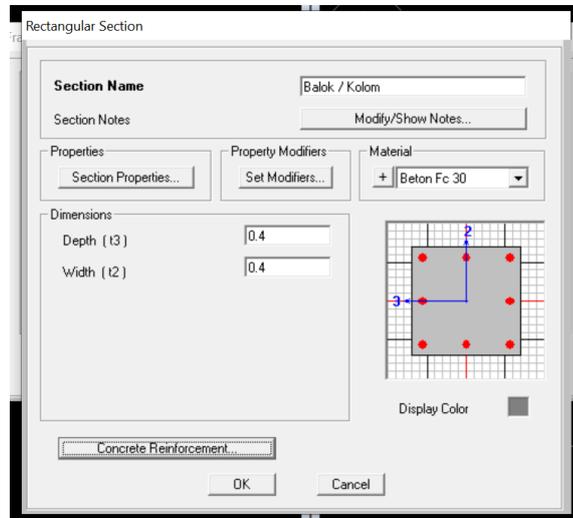
- b. Klik *Add New Property*, nanti akan muncul tampilan *Add Frame Election Property*. Pada *Select Property Type* ganti *Frame Section Property Type* menjadi *Concrete*. Lalu pilih *Rectangular* pada *click to add a concrete section*.



Gambar 2.12 Tampilan *Add Frame Section Property*

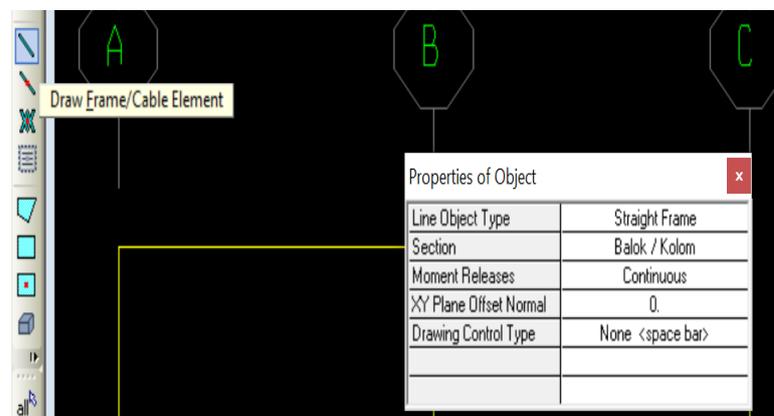
- c. Maka akan muncul tampilan seperti Gambar 2.13. Ganti *Section Name* dengan nama Balok beserta ukurannya (untuk balok), Kolom beserta ukurannya (untuk kolom). Ganti material dengan material yang sudah di buat. Ganti ukuran tinggi (*Depth*) dan lebar (*Width*) sesuai dengan

ukuran Balok/Kolom yang direncanakan. Klik *Concrete Reinforcement*, klik *Column* (untuk kolom), *Beam* (untuk balok) lalu klik OK.



Gambar 2.13 Tampilan *Rectangular Section*

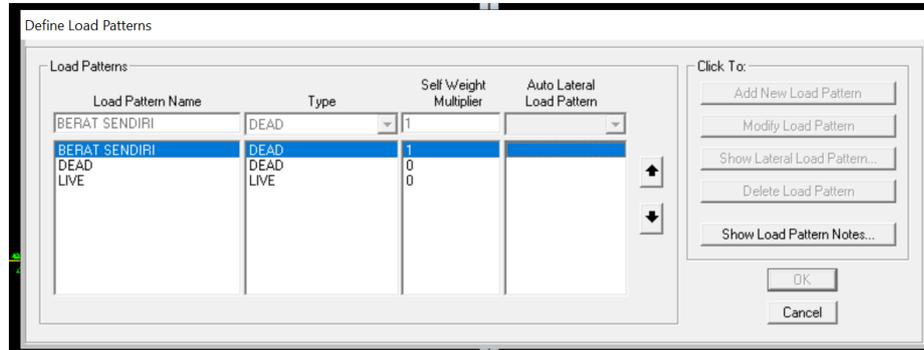
- d. Untuk menentukan *frame* balok atau kolom tersebut yaitu dengan cara menggambar. Klik *Draw Frame/Cable Element* yang ada di toolbar bagian kiri, lalu muncul *Properties of Object* dibagian *section* ganti sesuai *frame* balok/kolom yang ingin di gambar. Setelah itu pilih balok atau kolom.



Gambar 2.14 *Properties of Object*

4. Membuat cases beban mati dan beban hidup
 - a. Klik *Define* lalu pilih *Load Pattern* buat nama pembebanan, Berat sendiri dijadikan 1 karena beban sendiri di hitung secara otomatis, beban mati

dan beban hidup 0. Lalu klik *Add New Load Pattern* seperti pada Gambar 2.15. Apabila sudah selesai klik OK.

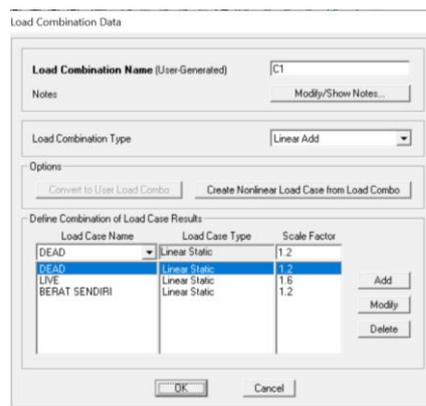


Gambar 2.15 Tampilan *Define Load Patterns*

b. Input beban kombinasi (Load Combination), yaitu:

$$W_D = 1,2 \text{ Berat Sendiri} + 1,2 \text{ Beban Mati} + 1,6 \text{ Beban Hidup}$$

Blok seluruh *frame* yang akan di kombinasi, kemudian pilih menu pada toolbar, klik *Define* pilih *Combinations* lalu pilih *add new combo*, kemudian akan terlihat seperti Gambar 2.16



Gambar 2.16 Tampilan *Loads Combination*

c. Input nilai beban mati dan beban hidup

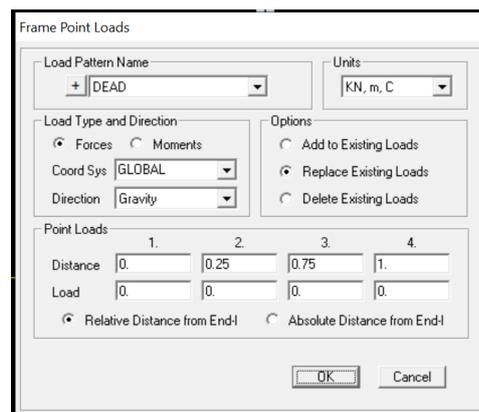
1) Akibat beban merata

Blok *frame* yang akan di input, lalu pilih menu pada toolbar *Assign* pilih *Frame Loads* klik *Distributed* lalu pilih beban mati atau beban hidup untuk pembebanan tersebut pada *Load Pattern Name*. klik absolute distance from end-1 (agar dapat mengatur jarak yang

diinginkan) lalu atur jarak (distance) di titik 1 diisi = 0 dan di titik 2 diisi = panjang frame, atau dapat dilakukan menggunakan uniform load untuk beban merata yang beban sama rata.

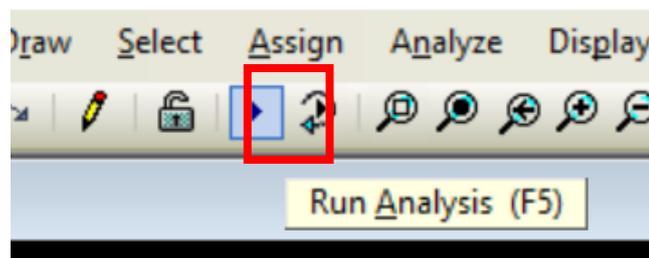
2) Akibat beban terpusat

Sama halnya seperti menginput data pada pembebanan merata, hanya saja setelah memilih menu *frame* lalu pilih *points*, maka akan tampilan seperti Gambar 2.17



Gambar 2.17 Tampilan *Frame Point Loads*

5. *Run analysis* atau F5, seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.18 *Run Analysis*

2.5.5 Perencanaan Balok Induk

Balok induk merupakan penyangga struktur utama pada bangunan yang secara fisik mengikat kolom-kolom utama bangunan. Seluruh gaya-gaya yang bekerja pada balok ini akhirnya didistribusikan ke pondasi melalui kolom bangunan. Langkah perhitungan balok induk sama seperti balok anak, yang membedakan hanya data momen lentur yang dihitung berdasarkan data gaya

dalam dari perhitungan portal pada program SAP2000 14. Adapun langkah-langkah perhitungan balok induk sebagai berikut:

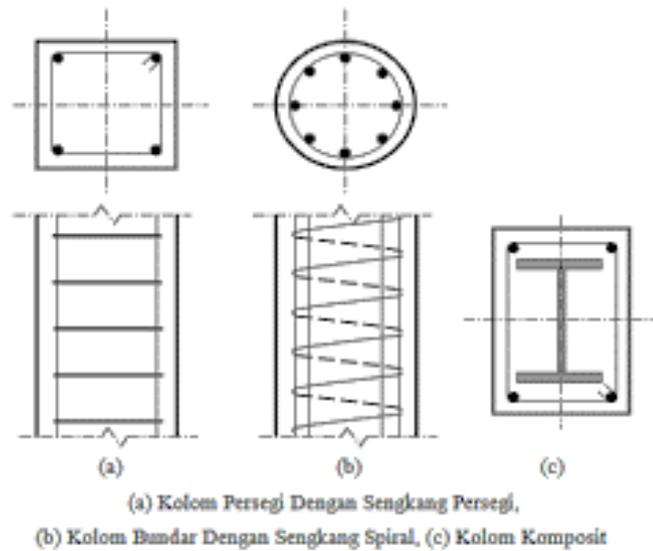
1. Menentukan dimensi balok induk
2. Menentukan mutu beton dan baja yang akan digunakan
3. Menghitung pembebanan pada balok induk untuk diproses di program SAP2000 14 untuk mendapatkan data gaya dalamnya.
4. Menentukan momen tumpuan, lapangan dan gaya geser maksimum berdasarkan hasil analisa menggunakan program SAP2000 14.
5. Menghitung tulangan tumpuan dan lapangan
6. Menghitung penulangan geser

2.5.6 Perencanaan Kolom

Kolom adalah salah satu komponen struktur vertikal yang secara khusus sebagai penyangga beban aksial tekan (dengan atau tanpa adanya momen lentur) dengan bagian tinggi yang ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral kecil. Kolom memikul beban vertikal yang berasal dari pelat lantai atau atap dan menyalurkannya ke pondasi. Karena kolom merupakan komponen tekan, maka kegagalan pada satu kolom dapat menyebabkan keruntuhan lantai yang bersangkutan dan keruntutan total seluruh struktur.

Berdasarkan jenis tulangan sengkang, adapun jenis kolom terbagi menjadi tiga kategori, diantaranya sebagai berikut :

- a. Kolom dengan sengkang persegi, tulangan memanjang/vertikal dan disusun dengan jarak tertentu sepanjang tinggi kolom.
- b. Kolom dengan bentuk spiral, tulangan memanjang dan meningkatkan daktilitas kolom berbentuk spiral
- c. Kolom komposit, yaitu gabungan antara beton dan profil baja sebagai pengganti tulangan didalamnya.

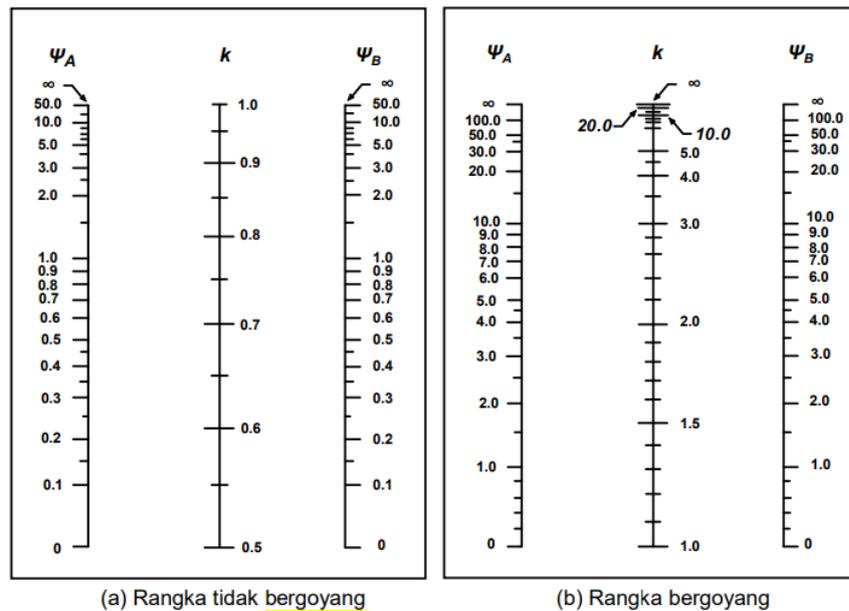


Gambar 2.19 Jenis Kolom

Analisa penampang kolom, biasanya dapat diklasifikasikan berdasarkan eksentrisitasnya. Apabila eksentrisitasnya semakin besar, maka akan terjadi keruntuhan tarik yang ditunjukkan dengan didahului luluhnya batang tulangan tarik. Untuk keruntuhan tekan, apabila P_n melebihi gaya tekan dalam kondisi seimbang (P_n) atau eksentrisitas lebih kecil daripada eksentrisitas pada kondisi seimbang (eb), maka penampang kolom akan mengalami keruntuhan tekan.

Setiap struktur bangunan beton bertulang harus mempunyai kolom-kolom dengan kekakuan yang sedemikian rupa sehingga untuk setiap pembebanan, stabilitas sktruktur secara keseluruhan tetap terjamin. Proses analisis dan desain untuk elemen kolom harus dipertimbangkan beberapa faktor bila kolom termasuk kolom panjang dan kolom pendek. Mulai dari tinggi/panjang kolom yang dipergunakan untuk menentukan rasio kelangsingan kolom (klu), ukuran penampang, rasio kelangsingan dan kondisi tumpuan ujung (ψ).

$$\psi = \frac{\Sigma(\frac{EI}{l} \text{ kolom})}{\Sigma(\frac{EI}{l} \text{ balok})}$$



Gambar 2.20 Diagram nomogram faktor panjang efektif kolom (k)

Batasan antara kolom pendek dan kolom panjang sangat ditentukan oleh rasio kelangsingannya, pengaruh kelangsingan boleh diabaikan jika (a) dan (b) terpenuhi:

- Untuk elemen struktur bergoyang $\frac{k.lu}{r} < 22$
- untuk elemen struktur tidak bergoyang $\frac{k.lu}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) < 40$

Dimana,

M_1 = nilai lebih kecil di momen ujung terfaktor pada kolom (\pm)

M_2 = nilai lebih besar di momen ujung terfaktor pada kolom (+)

k = faktor penampang efektif

lu = panjang terkekang dari elemen kolom

r = jari-jari putaran dimana 0,3(h) untuk persegi, 0,25(D) untuk kolom bulat

Adapun langkah-langkah perencanaan kolom sebagai berikut :

- Menentukan pembebanan tulangan yang digunakan dan mutu bahan.
- Mencari eksentrisitas gaya yang terjadi dengan persamaan :

$$e = \frac{Mu}{Pu}$$

Dimana,

Mu = Momen

Pu = Gaya aksial rencana

periksa terhadap syarat eksentrisitas minimum ;

$$e_{\min} = 15 + 0,03 h$$

3. Menghitung jumlah luas penampang tulangan pokok memanjang dibatasi dengan rasio penulangan ρg antara 1% - 8% .

$$A_{s\text{total}} = \rho g \cdot b \cdot d$$

4. Menghitung faktor tahanan ujung ψ_a dan ψ_b dengan rumus :

$$\Psi = \frac{\sum(\frac{EI}{I_c})}{\sum(\frac{EI}{I_b})}$$

Untuk ujung kolom yang berupa:

sendi nilai $\psi = \infty$

jepit nilai $\psi = 0$

Untuk mendapatkan nilai faktor panjang efektif kolom (k) pada diagram nomogram yaitu, hubungkan kedua nilai Ψ_a dan Ψ_b tersebut dengan suatu garis lurus yang akan memotong garis skala nilai k yang berada di tengah.

5. Menghitung angka kelangsingan kolom

6. Menghitung perbesaran momen

Untuk perhitungan El portal tidak bergoyang, maka :

$$\beta ds = \frac{1,2D}{1,2D+1,6L}$$

Untuk perhitungan El portal bergoyang, maka :

$$\beta ds = 0$$

Menentukan kekakuan lentur komponen struktur tekan:

$$EI = \frac{0,2 \times Ec \times Ig + Es \times Ise}{1 + \beta ds}$$

$$Pc = \frac{\pi^2 EI}{(klu)^2}$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75 \cdot \Sigma P_c}} = \frac{1}{1 - \frac{16278,117}{0,75 \cdot 231752,277}} = 1,102 \geq 1$$

$$M_c = \delta_s \cdot M_u$$

Sehingga

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

Dimana,

E_c = modulus elastisitas beton

E_s = modulus elastisitas baja tulangan

I_g = momen inersia beton kotor

I_{se} = momen inersia terhadap sumbu pusat penampang komponen struktur

βds = bagian dari momen rencana

7. Pemeriksaan P_u terhadap beban keadaan seimbang

$$c_b = \frac{600 (def)}{600 + f_y}$$

$$a_b = \beta_1 \cdot C_b$$

$$\epsilon_s' = 0,003 \left(\frac{c_b - d'}{c_b} \right)$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

Jika $\epsilon_s' > \epsilon_y$ maka, $f_s' = f_y$

Jika $\epsilon_s' < \epsilon_y$ maka, $f_s' = \epsilon_s' \cdot E_s$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c \cdot a_b \cdot b$$

$$C_s = A_s' \cdot f_s'$$

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$P_{nb} = C_c + C_s - T$$

$\emptyset \cdot P_{nb} > P_u \rightarrow$ Keruntuhan Tarik

$\emptyset \cdot P_{nb} < P_u \rightarrow$ Keruntuhan Tekan

Dimana :

$\emptyset = 0,65$ untuk kolom persegi

$\emptyset = 0,70$ untuk kolom spiral

(Agus Setiawan, Hal 292)

Cek Kondisi Keruntuhan Tarik :

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'}$$

$$\rho = \frac{As}{b \times d}$$

$$Pn = 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot d \cdot \left(\frac{h-2e}{2d} + \sqrt{\left(\frac{h-2e}{2d}\right)^2 + 2 \cdot m \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{d'}{d}\right)} \right)$$

Cek Kondisi Keruntuhan Tekan :

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'}$$

$$\rho = \frac{As}{b \times d}$$

$$Pn = \left(\frac{As' \times fy}{\frac{\theta}{(d-d') + 0,50}} + \frac{b \times h \times fc'}{\frac{3 \times h \times \theta}{d'} + 1,18} \right)$$

Apabila $\emptyset \cdot Pn > Pu$ maka AMAN

8. Pemeriksaan Pn terhadap sumbu yang ditinjau

$$ab = \beta_1 \cdot c \text{ (dimisalkan)}$$

$$f's = 600 \left(\frac{c-d'}{c} \right)$$

Gaya-gaya yang berkerja pada kolom:

$$Cc = 0,85 \cdot fc' \cdot ab \cdot b$$

$$T = As \cdot fs$$

$$Cs = As' \cdot (fs' - 0,85 \cdot fc')$$

$$P_{n1} = Cc + Cs - T$$

$$e' = e + d''$$

$$P_{n2} = \frac{1}{e'} \times \left(Cc \left(d - \frac{ab}{2} \right) + Cs (d-d') \right)$$

$$\left(1 - \frac{P_{n1}}{P_{n2}} \right) 100\% < 1\% \quad (\text{OK})$$

Dimana,

Cc = Gaya tekan beton

Cs = Gaya tekan baja tulangan

T = Gaya tarik baja tulangan

9. Perhitungan kapasitas beban

$$P_o = 0,85 \cdot f_c \cdot A_g + A_{st} (f_y - 0,85 \cdot f_c)$$

Hitung P_n dengan persamaan *Resiprokal Brasler*:

$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{P_{ny}} + \frac{1}{P_{nx}} - \frac{1}{P_o}$$

Desain kolom dilakukan berdasarkan beban terfaktor yang tidak boleh lebih besar daripada kuat rencana penampang yaitu :

$$\phi M_n > M_n$$

$$\phi P_n > P_n$$

Dengan $\phi = 0,65$ untuk sengkang persegi dan $\phi = 0,70$ untuk sengkang spiral

10. Perencanaan sengkang kolom

a) Jarak spasi tulangan sengkang tidak boleh besar dari nilai yang terkecil berikut ini:

- 48 kali diameter sengkang
- 16 kali diameter tulangan memanjang
- Dimensi terkecil penampang kolom

b) Hitung gaya geser ultimit (V_u) dari beban terfaktor yang bekerja pada struktur. Nilai V_u yang diambil sebagai dasar desain adalah nilai V_u pada lokasi penampang kritis, yaitu sejarak d dari muka tumpuan.

c) Hitung nilai ϕV_c dari persamaan :

$$\phi V_c = \phi (0,17 \cdot (1 + \frac{Nu}{14 \cdot A_g}) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}) \cdot b_w \cdot d$$

Dengan $\phi = 0,75$

d) Periksa nilai V_u

- Jika $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$, tidak dibutuhkan tulangan geser.
- Jika $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$, dibutuhkan tulangan geser minimum, dapat dipasang tulangan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum
- Jika $V_u > \phi V_c$, tulangan geser harus disediakan langkah berikutnya.

e) Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan berikut :

$$A_{v_{\min}} = 2 (1/4 \cdot \pi \cdot \phi_{\text{sengkang}}^2)$$

$$A_{v_{\min}} = \frac{75 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot s}{1200 \cdot f_y}$$

$$A_{v_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{b \cdot s}{f_y}$$

$$S_1 = \frac{n \text{ kaki} \cdot \text{luas sengkang} \phi_{\text{sengkang}}}{A_{v_{\min}} \text{ pakai}}$$

$$S_2 = \frac{A_v \cdot F_y t}{0,35 \cdot b} \geq \frac{A_v \cdot f_y}{0,62 \cdot b_w}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm, jika } V_s \leq V_{c1} = 0,33 \sqrt{f_c} b_w \cdot d$$

atau

$$S_{\text{maks}} = \frac{d}{4} \leq 300 \text{ mm, jika } V_{c1} < V_s \leq V_{c2} = 0,66 \sqrt{f_c} b_w \cdot d$$

2.5.7 Perencanaan *Tie Beam*

Tie beam merupakan salah satu struktur bawah bangunan yang terletak diatas pondasi dan menghubungkan pondasi, fungsi dari *tie beam* sebagai penahan beban yang ada diatasnya seperti dinding, jendela, kusen dan sejenisnya, selain itu *tie beam* berfungsi sebagai pengikat antar kolom sehingga struktur bangunan menjadi kaku dan aman terhadap guncangan akibat angin, gempa dan lainnya.

Adapun langkah-langkah perhitungan *tie beam* sebagai berikut :

1. Perencanaan dimensi *tie beam*
2. Menentukan mutu beton dan baja yang akan digunakan
3. Penentuan pembebanan *tie beam* untuk kemudian akan diproses menggunakan program SAP2000 1v4 untuk mendapatkan gaya dalamnya.

Adapun pembebanannya adalah :

- a. Berat sendiri *tie beam*
 - b. Berat dinding
 - c. Berat plesteran
4. Menghitung momen dan gaya geser maksimum berdasarkan hasil analisa menggunakan program SAP2000 14

5. Penulangan yang direncanakan adalah :
 - a. Penulangan lapangan
 - b. Penulangan tumpuan
 - c. Penulangan geser

2.5.8 Perencanaan Pondasi

Pondasi merupakan bagian struktur bangunan yang berada di bawah permukaan tanah berfungsi untuk memikul bangunan di atasnya dan mendistribusikan beban tersebut ke lapisan tanah pendukung, sehingga bangunan dalam keadaan stabil. Atas dasar definisi tentang pondasi ini maka jelas bahwa perencanaan pondasi harus dihitung dengan cermat terhadap beban-beban yang dipikul dikarenakan pondasi adalah bagian yang paling penting dalam konstruksi.

Pondasi dapat digolongkan berdasarkan dimana beban itu ditopang oleh tanah yang dihasilkan sehingga terdapat dua klasifikasi pondasi yaitu :

1) Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal merupakan pondasi yang mendukung bebannya secara langsung yang biasanya digunakan ketika permukaan tanah yang cukup kuat dan kaku untuk mendukung beban yang dikenakan, dimana jenis struktur yang didukungnya tidak terlalu berat dan tinggi. Pondasi dangkal umumnya memiliki kedalaman kurang $\frac{1}{3}$ dari lebar pondasi sampai dengan kedalaman kurang dari 3m. Pondasi dangkal pada umumnya tidak cocok dalam tanah yang lemah seperti tanah urug dengan kepadatan yang sangat buruk dan juga pondasi dangkal tidak cocok untuk jenis tanah gambut. Adapun jenis-jenis pondasi dangkal seperti :

a. Pondasi Tapak (*Pad Foundations*)

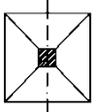
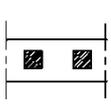
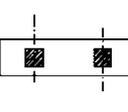
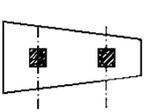
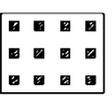
Pondasi tapak digunakan untuk mendukung titik beban tunggal pada bangunan, seperti kolom struktural. Biasanya pondasi tapak dibangun dalam bentuk bulat (melingkar) dan juga persegi. Jenis pondasi ini biasanya dibangun dengan struktur lapisan beton bertulang dengan ketebalan yang sama .

b. Pondasi Memanjang (*Strip Foundations*)

Pondasi memanjang atau pondasi menerus adalah jenis pondasi yang digunakan untuk mendukung beban memanjang atau beban garis, baik untuk mendukung beban dinding atau beban kolom. Pondasi memanjang biasanya dapat dibuat dalam bentuk memanjang dengan potongan persegi maupun trapesium. Jenis pondasi ini dibangun dengan campuran pasangan batu pecah, batu kali dan cor beton tanpa tulangan.

c. Pondasi Rakit (*Raft Foundation*)

Pondasi rakit digunakan untuk menampung beban di area yang luas agar lebih menyebar. Pondasi rakit ini disusun dari pleat beton besar dengan beberapa jalur kolom-kolom bergaris sesuai permukaan tanah. Pondasi rakit terdiri dari pelat beton bertulang yang digunakan pada tanah lunak atau longgar yang daya tahannya rendah.

Tipe Fundasi	Fundasi Telapak	Fundasi LaJur	Fundasi Gabungan		Fundasi Rakit
			Segi Empat	Trapeusium	
Denah Fundasi					
Potongan					

Gambar 2.21 Jenis-jenis Pondasi Dangkal

2) **Pondasi Dalam**

Pondasi dalam merupakan pondasi yang didirikan permukaan tanah dengan kedalaman tertentu dimana daya dukung dasar pondasi dipengaruhi oleh beban struktural dan kondisi permukaan tanah, pondasi dalam biasanya dipasang pada kedalaman lebih dari 3 m dibawah elevasi permukaan tanah. Suatu pondasi dapat dikategorikan sebagai pondasi dalam apabila perbandingan antara kedalaman dengan lebar pondasi lebih dari sepuluh ($D_f/B > 10$). Pondasi dalam berfungsi untuk meneruskan beban konstruksi ke

lapisan tanah keras yang berada jauh dari permukaan tanah. Adapun jenis-jenis pondasi dalam sebagai berikut :

a. Pondasi *Bore Pile*

Bahan yang digunakan untuk tipe pondasi ini adalah beton bertulang yang di cor di tempat. Pelaksanaan pondasi tipe ini membutuhkan peralatan bor baik secara manual (diameter lubang bor max 30 cm) maupun menggunakan mesin bor untuk membuat lubang dengan kedalaman rencana. Setelah kedalaman sudah didapatkan kemudian pondasi pile dilakukan dengan pengecoran beton bertulang terhadap lubang yang sudah di bor.

b. Pondasi Tiang Pancang (*Pile*)

Bahan yang digunakan pada pondasi ini diantaranya bahan kayu (balok kayu), beton (berbentuk persegi, segitiga, maupun silinder), dan berbentuk sheet pile. Untuk memasukkan tiang pancang ke dalam bumi menggunakan alat berat, metode yang digunakan mendesak tiang ke dalam tanah bisa *hammer pile*, getar dan ditekan. Karena ujung tiang pancang lancip menyerupai paku oleh karena itu tiang pancang tidak memerlukan proses pengeboran.

Pada laporan akhir ini, pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang dan *pile cap*. Adapun langkah-langkah perencanaan pondasi tiang pancang dan *pile cap* :

1. Perhitungan Pondasi

- a) Menentukan daya dukung ijin melalui perhitungan berdasarkan data-data yang ada.

Kekuatan bahan tiang pancang :

$$Q_{\text{bahan}} = 0,3 \times f_c \times A_b$$

- Kekuatan tahanan :

$$Q_{\text{ijin}} = \frac{A_b \times p}{F_b} + \frac{0 \times l \times c}{F_s}$$

- b) Menentukan Jumlah Tiang

$$Q = (P \times 10\%) + P + \text{berat poer}$$

Lalu didapat,

$$n = \frac{Q}{Q_{ijin}}$$

Maka, Q_{ijin} di ambil nilai terkecil antara Q_{ijin} dan Q_{bahan}

Dimana,

L = Total panjang tiang (m)

D = Diameter penampang tiang (m)

Ab = Luas penampang ujung tiang (m²)

O = Keliling tiang (m)

Qult= Kapasitas ultimit pondasi tiang tunggal (ton)

Qijin= Kapasitas ijin pondasi tiang tunggal (ton)

2. Menentukan jarak antar tiang

Apabila setelah dilakukan perhitungan jumlah tiang pancang langkah-langkah perencanaan selanjutnya adalah menentukan jarak antar masing-masing tiang pancang. Jarak tiang sebesar sebesarnya :

$$2,5 D \leq s \leq 3 D$$

Dimana,

S = Jarak antar tiang

D = Ukuran *pile* (tiang)

3. Menentukan efisiensi kelompok tiang berdasarkan metode *converse labarre*

$$\emptyset = \arctg \frac{B}{S}$$

$$Eg = 1 - \frac{\emptyset}{90} \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{m.n} \right]$$

Dimana,

Eg = Efisiensi kelompok tiang

B = Diameter tiang (m)

s = jarak antar tiang (m)

m = jumlah baris tiang dalam kelompok tiang (buah)

n = jumlah kolom tiang dalam kelompok (buah)

4. Menentukan kekuatan tiang kelompok

$$Q_{\text{ultigrup}} = Q_{\text{ijin}} \times n \times E_g$$

5. Pengangkatan tiang pancang

- a) Pengangkatan Pola 1 (pada waktu pemindahan)

Kondisi pengangkatan tiang pancang dan momen yang ditimbulkan dengan dua tumpuan

$$M_1 = M_2$$

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

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

Lalu hitung berat sendiri tiang pancang, menghitung momen yang timbul

$$M_1 = M_2 = \frac{1}{2}qa^2 \text{ dan } D_{\text{maks}} = \frac{1}{2}qL$$

- b) Pengangkatan Pola 2

Kondisi pengangkatan tiang pancang dan momen yang ditimbulkan dengan satu tumpuan

$$M_1 = M_2$$

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

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

Lalu hitung berat sendiri tiang pancang, menghitung momen yang timbul

$$M_1 = M_2 = \frac{1}{2}qa^2 \text{ dan } D_{\text{maks}} = \frac{L^2 - 2aL}{2(L-a)}$$

Sehingga, dari dua kondisi pengangkatan diatas diambil nilai M dan Dmaks yang paling besar.

6. Memperhitungkan tulangan tiang pancang.

Perhitungan tulangan berdasarkan kebutuhan pada waktu pengangkutan

- a) Tulangan pokok tiang pancang

Menentukan nilai ρ , apabila $f_c' > 28$ MPa dan $f_y = 400$ Mpa, maka

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05(f_c' - 28)}{7}$$

$$\rho_{\text{maks}} = \left[\frac{0,003 + f_y/E_s}{0,008} \right] \left[0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \right]$$

$$\rho = \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot MU}{1,7 \cdot \phi \cdot f_c' \cdot b \cdot d^2}} \right]$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y}$$

Dalam penggunaan ρ terdapat ketentuan, yakni $\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}}$

Menentukan luas tulangan :

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d$$

Dimana,

b = Ukuran tiang

d = Tinggi efektif

Menentukan jumlah tulangan:

$$n = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{1/4 \pi d^2}$$

Dimana,

A_s = Luas tulangan

d = diameter tulangan

b) Tulangan geser tiang pancang

V_u didapatkan dari pola pemancangan

Hitung nilai ϕV_c dari persamaan :

$$\phi V_c = \phi (0,17 \lambda \sqrt{f_c}) b_w \cdot d$$

Dengan $\phi = 0,75$

Periksa nilai V_u

- Jika $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$, tidak dibutuhkan tulangan geser.
- Jika $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$, dibutuhkan tulangan geser minimum, dapat dipasang tulangan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum
- Jika $V_u > \phi V_c$, tulangan geser harus disediakan langkah berikutnya.

Jika $V_u > \phi V_c$, hitung gaya geser yang harus dipikul oleh tulangan geser menggunakan persamaan berikut:

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s \quad \text{atau} \quad V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan berikut :

$$S_t = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

Tentukan jarak maksimum tulangan sengkang sesuai dengan persyaratan dalam SNI-2847-2019. Jarak maksimum tersebut diambil dari nilai terkecil antara s_1 dan s_2 berikut ini :

- $S_2 = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm}$, jika $V_s \leq V_{c1} = 0,33 \sqrt{f_c} b_w \cdot d$
- $S_2 = \frac{d}{4} \leq 300 \text{ mm}$, jika $V_{c1} < V_s \leq V_{c2} = 0,66 \sqrt{f_c} b_w \cdot d$
- $S_3 = \frac{A_v \cdot f_y}{0,35 \cdot b_w}$, untuk $f_c' > 30 \text{ MPa}$

atau

- $S_3 = \frac{A_v \cdot f_y}{0,62 \cdot b_w}$, untuk $f_c' < 30 \text{ MPa}$

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

7. Memperhitungkan *pile cap*

Pile cap biasanya terbuat dari beton bertulang berfungsi untuk mengikat tiang-tiang pancang menjadi satu kesatuan dan memindahkan beban kolom kepada tiang. Adapun langkah-langkah menentukan perhitungan *pile cap* sebagai berikut:

- a. Menentukan beban yang bekerja, bisa dilihat dari analisa portal pada program SAP2000 14
- b. Menentukan dimensi *pile cap*
- c. Menentukan tulangan yang akan digunakan dan jumlah kebutuhan tulangannya
- d. Kontrol kekuatan geser
 - Untuk aksi dua arah

$$V_u = \frac{pu}{2}$$

a) Geser dua arah di sekitar kolom

Nilai kuat geser pons dua arah untuk beton ditentukan dari nilai terkecil antara:

$$B_o = 2(a_1 + d) + 2(a_2 + d)$$

$$\phi V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{bc}\right) \sqrt{f_c'} \lambda b_o d$$

$$\phi V_{c2} = 0,083 \left(2 + \frac{a_1 \cdot d}{b_o}\right) \sqrt{f_c'} b \cdot d$$

$$\phi V_{c3} = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

Dengan $\phi = 0,75$

Periksa nilai V_u

- Jika $V_u < \phi V_c$, tidak dibutuhkan tulangan geser.
- Jika $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$, dibutuhkan tulangan geser,

b) Geser dua arah sekitar tiang pancang :

$$B_o = 2(h + c/2 + d/2)$$

$$\phi V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{bc}\right) \sqrt{f_c'} \lambda b_o d$$

$$\phi V_{c2} = 0,083 \left(2 + \frac{a_1 \cdot d}{b_o}\right) \sqrt{f_c'} b \cdot d \quad 133,137$$

$$\phi V_{c3} = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

Dengan $\phi = 0,75$

Periksa nilai V_u

- Jika $V_u < \phi V_c$, tidak dibutuhkan tulangan geser.
- Jika $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$, dibutuhkan tulangan geser.

- Untuk aksi dua arah

a) Gaya Geser Terfaktor

$$V_u = \frac{pu}{2}$$

b) Gaya Geser Nominal

$$\phi V_c = \phi (0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}) b \cdot d$$

Dengan $\phi = 0,75$

Periksa nilai V_u

- Jika $V_u < \phi V_c$, tidak dibutuhkan tulangan geser.
- Jika $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$, dibutuhkan tulangan geser.

e. Perhitungan Tulangan Sengkang Pile

$$\phi V_{S\text{perlu}} = V_u - \phi V_c$$

$$V_{S\text{perlu}} = \frac{\phi V_{S\text{perlu}}}{\phi}$$

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

$$V_{S\text{perlu}} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$$V_{S1} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d$$

Tentukan jarak maksimum tulangan sengkang sesuai dengan persyaratan dalam SNI-2847-2019. Jarak maksimum tersebut diambil dari nilai terkecil antara s_1 dan s_2 berikut ini :

- $S_2 = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm}$, jika $V_s \leq V_{c1} = 0,33 \sqrt{f'c} b_w \cdot d$
 - $S_2 = \frac{d}{4} \leq 300 \text{ mm}$, jika $V_{c1} < V_s \leq V_{c2} = 0,66 \sqrt{f'c} b_w \cdot d$
 - $S_3 = \frac{A_v \cdot f_y}{0,35 \cdot b_w}$, untuk $f_c' > 30 \text{ MPa}$
- atau
- $S_3 = \frac{A_v \cdot f_y}{0,62 \cdot b_w}$, untuk $f_c' < 30 \text{ MPa}$

f. Perhitungan Tulangan Pokok Pasak

- Kuat tekan rencana kolom

$$\phi P_n = \phi 0,85 \cdot f'c \cdot A_g$$

$\phi P_n > P_u$, maka beban pada kolom dapat dipindahkan dengan dukungan saja. Tetapi disyaratkan untuk menggunakan tulangan pasak minimum

- Kontrol Panjang penyaluran tulangan pasak

$$L_{db} = 0,25 \times f_y \times \frac{db}{\sqrt{frc}} \geq 0,04 \times f_y \times db$$

2.6 Manajemen Proyek

Manajemen proyek merupakan proses POAC yaitu merencanakan (*planning*), mengorganisir (*organizing*), pengarahan (*actuating*) dan pengawasan (*controlling*) untuk mencapai tujuan proyek dan menggunakan sumber daya proyek yang ada agar mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Yang dimana proyek konstruksi diharapkan dapat menyelaraskan antara biaya proyek yang ekonomis, menghasilkan mutu pekerjaan yang berkualitas dan selesai tepat waktu, karena biaya, mutu dan waktu merupakan elemen yang saling mempengaruhi.

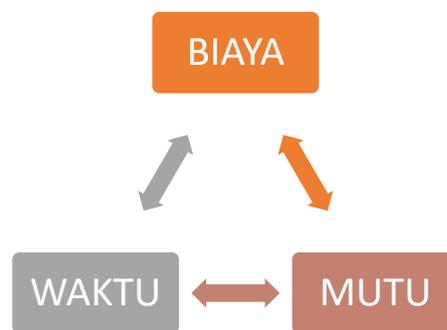


Diagram 2.1 Siklus Biaya, Mutu, Waktu (BMW)

2.6.1 Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)

Rencana kerja dan syarat-syarat merupakan dokumen yang berisikan nama proyek berikut dengan penjelasan-penjelasanannya berupa jenis, besar dan lokasinya, serta tata cara pelaksanaan dan keterangan-keterangan lainnya yang hanya dapat dijelaskan dalam bentuk tulisan. RKS ini biasanya diberikan bersamaan dengan gambar yang semua menjelaskan mengenai proyek yang akan dilaksanakan.

2.6.2 Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada dan dihitung dalam setiap jenis pekerjaan. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu

pekerjaan agar didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek.

2.6.3 Analisa Harga Satuan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan biaya per satuan volume yang berhubungan dengan tiap pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Fungsi dari harga satuan pekerjaan ini agar dapat mengetahui harga satuan dari tiap pekerjaan. Dari harga yang terdapat dalam analisa harga satuan ini nantinya didapat harga keseluruhan dari hasil perkalian dengan volume pekerjaan. Analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

2.6.4 Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya atau disebut RAB ini adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah tenaga kerja, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. Tujuan RAB ini adalah untuk memberikan gambaran yang pasti mengenai bentuk konstruksi, besar biaya dan pelaksanaan atau penyelesaian yang dimana dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat.

2.6.5 Rencana Pelaksanaan

A. *Network Planning* (NWP)

Dalam menyelesaikan pekerjaan konstruksi dibutuhkan suatu perencanaan waktu yang akan diperlukan untuk menyelesaikan tiap pekerjaan yang akan dilaksanakan.

Network Planning merupakan salah satu model yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek, dimana produknya adalah kegiatan-kegiatan yang ada dalam proyek dan informasi yang dihasilkan adalah sumber daya yang digunakan.

Kegunaan dari *Network Planning* adalah :

- Mengkoordinasikan berbagai pekerjaan

- Mengetahui apakah suatu pekerjaan bebas atau tergantung dengan pekerjaan lainnya
- Mengetahui logika proses yang berlangsung dan hasil proses itu sendiri

Proses penyusunan *Network Planning* secara garis besar meliputi :

1. Mengkaji dan mengidentifikasi lingkup proyek
2. Menyusun hubungan logika ketergantungan antar kegiatan
3. Memberikan perkiraan waktu untuk setiap kegiatan
4. Mengidentifikasi jalur kritis dan float
5. Menentukan jadwal yang paling ekonomis dan meminimalkan fluktuasi pemakaian sumber daya

B. Barchart dan Kurva S

Barchart merupakan salah satu bentuk penjadwalan waktu yang berfungsi untuk menyelesaikan suatu jenis pekerjaan. Dengan diagram batang tersebut diharapkan pekerjaan dapat diselesaikan pada waktu yang direncanakan. Pada diagram ini menguraikan tentang uraian setiap pekerjaan mulai dari tahap awal sampai berakhirnya pekerjaan, bobot pekerjaan dan pelaksanaan pekerjaan.

Menurut Husen (2009) Kurva S atau *Hanumm curve* adalah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hanumm berdasarkan pengamatan terhadap sejumlah proyek sejak awal hingga akhir proyek. Sehingga kurva s dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkannya terhadap jadwal rencana, dari sinilah diketahui apakah ada keterlambatan atau percepatan jadwal proyek.