

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

Perancangan struktur dan konstruksi bangunan bertingkat adalah proses merancang bangunan yang tidak hanya berhubungan dengan permasalahan struktur saja, namun juga aspek bangunan yang lain yang harus dilakukan secara menyeluruh dan terpadu. Rancangan bangunan yang berhasil adalah rancangan yang dapat mengoptimalkan perpaduan kepentingan pada bangunan, sehingga pertimbangan-pertimbangan desain harus dipadukan dengan seluruh kepentingan bangunan itu. Dalam perancangan struktur suatu bangunan gedung bertingkat ada banyak faktor yang harus diperhatikan, antara lain meliputi fungsi gedung, keamanan, kekuatan, kekakuan, kestabilan, keindahan serta pertimbangan ekonomis. Jadi, suatu bangunan harus didesain sehingga memenuhi kriteria bangunan yang kuat, aman, nyaman tetapi tetap ekonomis.

Dalam mewujudkan bangunan yang berkualitas dari segi keamanan serta kenyamanan, dan ekonomis diperlukan perencanaan dan perhitungan struktur gedung sesuai dengan peraturan sehingga memenuhi persyaratan pembangunan gedung. Sehingga dari sekian banyak faktor yang harus diperhatikan dalam perancangan struktur gedung bertingkat tinggi, keamanan merupakan faktor yang utama. Gaya leteral maupun gaya aksial harus diperhitungkan agar struktur memiliki kemampuan untuk dapat menahan gaya-gaya tersebut. Dalam perancangan suatu struktur gedung, perlu dilakukan analisis terhadap reaksi yang ditimbulkan oleh gaya-gaya yang bekerja terhadap struktur gedung. Struktur bangunan dipengaruhi oleh beban mati (*dead load*) berupa berat sendiri, beban hidup (*live load*) berupa beban akibat penggunaan ruangan dan beban khusus seperti penurunan fondasi, tekanan tanah atau air, pengaruh temperatur dan beban akibat gempa.

Dalam bab ini akan dibahas lagi mengenai tata cara, langkah-langkah sekaligus teori-teori perhitungan yang memuat rumus perhitungan struktur mulai

dari struktur atas yang meliputi konstruksi rangka atap, pelat atap, pelat lantai, tangga, balok, dan kolom sampai dengan perhitungan struktur bawah yang terdiri dari *sloof* dan fondasi. Studi pustaka bertujuan untuk mendapatkan informasi dan data yang akan membuat perancangan menjadi lebih akurat dan terarah. Hal tersebut menghasilkan konstruksi bangunan yang ekonomis dan aman, bila rangkaian kegiatan yang berlangsung sesuai.

2.2 Ruang Lingkup Perancangan

Ruang lingkup perancangan konstruksi pada pembangunan Gedung Rumah Susun Aparatur Sipil Negara (ASN) Pemerintah Daerah Kota Lubuklinggau ini meliputi beberapa tahapan yakni :

2.2.1 Tahap Perancangan Konstruksi

Perancangan adalah penggambaran, perencanaan dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari berbagai elemen yang terpisah ke dalam satu kesatuan yang utuh dan berfungsi (Syifaun Nafisah, 2003). Adapun ruang lingkup perancangan Bangunan Gedung Rumah Susun Aparatur Sipil Negara (ASN) Pemerintah Daerah Kota Lubuklinggau meliputi beberapa tahapan yaitu :

1. Tahap Pra-Perencanaan (*Premiliary Design*)

Pada tahap ini ahli struktur harus mampu berkomunikasi dengan baik dengan arsitek mengenai pemilihan komponen-komponen struktur yang penting, baik dimensi maupun posisinya. Dan pada pertemuan pertama biasanya perancang akan datang dan membawa informasi mengenai:

- a. Sketsa denah, gambar tampak dan potongan-potongan gedung beserta segala atributnya.
- b. Penjelasan mengenai fungsi setiap lantai dan ruangan.
- c. Konsep awal dari sistem komponen vertikal dan horizontal dengan informasi mengenai luas dan lantai gedung serta informasi awal mengenai rencana pengaturan denah lantai, denah *entrance*, *function room*, ruang tangga dan lain-lainnya.

- d. Rencana dari komponen-komponen non struktural, misalnya dinding arsitektural dan lain-lain.

Selanjutnya dengan bekal dari informasi yang telah didapatkan (sesuai dengan contoh di atas), seorang ahli arsitektur harus mampu memberikan masukan mengenai :

- a. Pengaturan komponen vertikal, termasuk ukuran kolom, jarak kolom, dan penempatan kolom.
- b. Sistem komponen horizontal termasuk sistem balok dan lantai.
- c. Sistem fondasi.
- d. Usulan mengenai komponen non struktural pada bangunan.

2. Tahap Perencanaan

- a. Perencanaan bentuk arsitektur bangunan

Dalam perencanaan arsitektur bangunan ini, seorang perencana lebih dulu merealisasikan keinginan-keinginan dari pemilik bangunan sesuai dengan desain yang diinginkannya.

- b. Perencanaan bentuk struktur bangunan

Untuk membangun suatu bangunan, perencana mulai menghitung komponen struktur berdasar dari bentuk arsitektural yang telah didapat. Proses perencanaan dan konstruksi suatu struktur bangunan pada umumnya diatur oleh suatu aturan tertentu

Menurut Daniel L. Schodek (2008), struktur adalah suatu sarana yang berfungsi untuk menyalurkan beban dan akibat penggunaannya dan/atau kehadiran bangunan tersebut ke dalam tanah. Struktur pada suatu bangunan harus bisa mencapai syarat struktur yang baik agar struktur tersebut bersifat kokoh, aman, dan stabil. Adapun struktur pada bangunan gedung terdiri dari beberapa elemen struktur, yaitu :

1. Struktur Bangunan Atas (*Upper Structure*)

Struktur bangunan atas yang direncanakan harus mampu mewujudkan perancangan estetika dari segi arsitektur dan harus menjamin mutunya dan juga dari segi keamanannya bagi penggunanya. Untuk itu, bahan bangunan

yang nantinya akan digunakan sebagai bahan dasar dari konstruksi hendaknya memenuhi kriteria sebagai berikut :

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

Adapun struktur atas dari suatu bangunan antara lain:

- a. Perhitungan Rangka Atap
 - b. Perhitungan Pelat Lantai
 - c. Perhitungan Tangga
 - d. Perhitungan Portal
 - e. Perhitungan Balok
 - f. Perhitungan Kolom
2. Struktur Bangunan Bawah (*Sub Structure*)

Struktur bangunan bawah merupakan struktur yang menerima beban dari struktur atas, untuk diteruskan ke tanah di bawahnya. Adapun perencanaan struktur bangunan bawah meliputi :

- a. Perhitungan *Sloof*
- b. Perhitungan Fondasi Tiang Pancang

2.2.2 Dasar-Dasar Perancangan Konstruksi

Dalam menyelesaikan perhitungan perencanaan pembangunan Gedung Rumah Susun Aparatur Negara Sipil (ASN) Pemerintah Daerah Kota Lubuklinggau. Laporan ini berpedoman pada peraturan yang dibuat oleh Badan Standarisasi Nasional yang berlaku di Indonesia dan berbagai jenis buku, diantaranya yaitu:

1. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung Berdasarkan SNI 2847:2019

Pada pedoman ini berisikan persyaratan-persyaratan umum serta ketentuan-ketentuan teknis perencanaan dan pelaksanaan struktur beton untuk

bangunan gedung sebagai pedoman dalam perencanaan dan pelaksanaan untuk mendapatkan struktur yang aman.

2. Beban design minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain SNI 1727:2020

Pada pedoman ini berisikan pembebanan yang diizinkan untuk perencanaan bangunan gedung dan memuat beban-beban yang harus diperhitungkan dalam konstruksi bangunan.

3. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983)

Dalam peraturan ini berisikan peraturan-peraturan pembebanan untuk perencanaan bangunan dan memuat ketentuan-ketentuan beban yang diizinkan dalam perhitungan konstruksi bangunan gedung.

4. Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013 oleh Agus Setiawan

Buku ini berisi dasar-dasar pengertian sistem struktur beton bertulang dan ketentuan komponen struktur beton bertulang berdasarkan SNI 2847:2013 serta perhitungan untuk konstruksi beton.

5. Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang oleh W.C. Vis dan Gideon Kusuma

Buku ini memuat pengertian-pengertian umum dan perhitungan gaya yang terjadi pada konstruksi beton. Buku ini juga berisi penjelasan mengenai grafik dan tebal pelat ataupun kolom yang digunakan dalam perhitungan struktur beton.

2.2.3 Klasifikasi Gedung

Klasifikasi bangunan gedung ditentukan berdasarkan:

1. Tingkat kompleksitas, meliputi:
 - a. Bangunan gedung sederhana;
 - b. Bangunan gedung tidak sederhana; dan
 - c. Bangunan gedung khusus.
2. Tingkat permanensi, meliputi:
 - a. Bangunan gedung darurat atau sementara;

- b. Bangunan gedung semi permanen; dan
 - c. Bangunan gedung permanen.
3. Tingkat risiko kebakaran, meliputi:
- a. Bangunan gedung tingkat risiko kebakaran rendah;
 - b. Bangunan gedung tingkat risiko kebakaran sedang; dan
 - c. Bangunan gedung tingkat risiko kebakaran tinggi.
4. Zonasi gempa, ditetapkan berdasarkan percepatan puncak batuan dasar, meliputi:
- a. Zona $< 0,05$ g;
 - b. Zona $0,05 - 0,1$ g;
 - c. Zona $0,1 - 0,15$ g;
 - d. Zona $0,15 - 0,2$ g;
 - e. Zona $0,2 - 0,25$ g;
 - f. Zona $0,25 - 0,3$ g;
 - g. Zona $0,3 - 0,4$ g;
 - h. Zona $0,4 - 0,5$ g;
 - i. Zona $0,5 - 0,6$ g;
 - j. Zona $0,6 - 0,7$ g;
 - k. Zona $0,7 - 0,8$ g;
 - l. Zona $0,8 - 0,9$ g;
 - m. Zona $0,9 - 1,0$ g;
 - n. Zona $1,0 - 1,2$ g;
 - o. Zona $1,2 - 1,5$ g;
 - p. Zona $1,5 - 2,0$ g; dan
 - q. Zona $> 2,0$ g.
5. Lokasi, meliputi:
- a. Bangunan gedung di lokasi padat;
 - b. Bangunan gedung di lokasi sedang; dan
 - c. Bangunan gedung di lokasi renggang.
6. Ketinggian, meliputi:
- a. Bangunan gedung bertingkat tinggi;

- b. Bangunan gedung bertingkat sedang; dan
 - c. Bangunan gedung bertingkat rendah.
7. Kepemilikan, meliputi:
- a. Bangunan gedung milik negara;
 - b. Bangunan gedung milik badan usaha; dan
 - c. Bangunan gedung milik perorangan.

Klasifikasi bangunan gedung untuk penyelenggaraan IMB (Izin Mendirikan Bangunan) ditentukan berdasarkan kompleksitas bangunan gedung sebagai berikut:

1. Bangunan gedung sederhana, meliputi:
 - a. Bangunan gedung sederhana 1 (satu) lantai; dan
 - b. Bangunan gedung sederhana 2 (dua) lantai.
2. Bangunan gedung tidak sederhana, meliputi:
 - a. Bangunan gedung tidak sederhana bukan untuk kepentingan umum;
 - b. Bangunan gedung tidak sederhana untuk kepentingan umum.
3. Bangunan gedung khusus

2.2.4 Klasifikasi Pembebanan

Pembebanan merupakan faktor penting dalam merancang struktur bangunan. Kesalahan dalam perancangan beban atau penerapan beban pada perhitungan salah satu faktor utama kegagalan struktur. Oleh sebab itu sebelum melakukan perancangan dan desain struktur, perlu adanya gambaran yang jelas mengenai perilaku dan perhitungan besar beban yang bekerja pada struktur beserta karakteristiknya agar bangunan yang didesain nantinya akan aman pada saat dibangun dan digunakan sesuai fungsinya.

Besar beban rencana yang bekerja pada suatu struktur diatur oleh peraturan pembebanan yang berlaku, meliputi:

1. Beban Mati atau *Dead Load* (D)

Berdasarkan SNI 1727:2020, Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafond, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, *klading* gedung dan

komponen arsitektural dan structural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengakut material. Berat sendiri dari bahan-bahan bangunan penting dan dari beberapa komponen gedung yang harus ditinjau didalam menentukan beban mati dari suatu gedung, harus diambil menurut **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan Gedung

Bahan Bangunan	Berat Sendiri
Baja	7.850 kg/m ³
Batu alam	2.600 kg/m ³
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1.500 kg/m ³
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m ³
Batu pecah	1.450 kg/m ³
Besi tuang	7.250 kg/m ³
Beton	2.200 kg/m ³
Beton bertulang	2.400 kg/m ³
Kayu (kelas 1)	1.000 kg/m ³
Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa ayak)	1.650 kg/m ³
Pasangan bata merah	1.700 kg/m ³
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2.200 kg/m ³
Pasangan batu cetak	2.200 kg/m ³
Pasangan batu karang	1.450 kg/m ³
Pasir (kering udara sampai lembab)	1.600 kg/m ³
Pasir (jenuh air)	1.800 kg/m ³
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1.850 kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1.700 kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000 kg/m ³
Timah hitam (timbel)	11.400 kg/m ³

(Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1989, hal 2)

Tabel 2.2 Berat Sendiri Komponen Bangunan Gedung

Adukan, per cm tebal:	
- dari semen	21 kg/m ²
- dari kapur, semen merah atau tras	17 kg/m ²
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14 kg/m ²
Dinding pasangan bata merah:	
- satu batu	450 kg/m ²
- setengah batu	250 kg/m ²
Dinding pasangan batako:	
Berlubang:	
- tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m ²
- tebal dinding 10 cm (HB 10)	120 kg/m ²
Tanpa lubang	
- tebal dinding 15 cm	300 kg/m ²
- tebal dinding 10 cm	200 kg/m ²
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari:	
- semen asbes (eternity dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m ²
- kaca, dengan tebal 3 – 4 mm	10 kg/m ²
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m ²	40 kg/m ²
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s. minimum 0,80 m	7 kg/m ²
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso, per m ² bidang atap	50 kg/m ²
Penutup atap sirap dengan reng dan kaso, per m ² bidang atap	40 kg/m ²
Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng	10 kg/m ²

Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan per cm tebal	24 kg/m ²
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m ²

(Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1989, hal 2-3)

Catatan:

- (1) Nilai ini tidak berlaku untuk beton pengisi.
- (2) Untuk beton getas, beton kejut, beton mampat dan beton padat lain sejenis, berat sejenis, berat sendirinya harus ditentukan tersendiri.
- (3) Nilai ini adalah nilai rata-rata; untuk jenis-jenis kayu tertentu lihat Pedoman Perencanaan Konstruksi Kayu.

2. Beban Hidup Atau *Live Load* (L)

Berdasarkan SNI 1727:2020, Beban Hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir atau beban mati.

Semua beban hidup yang memungkinkan dalam proses konstruksi perlu dipertimbangkan untuk memperoleh hasil perhitungan yang maksimal. Beban-beban yang perlu diketahui beratnya, harus berdasarkan aturan-aturan yang berlaku seperti yang disebutkan pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L_o dan Beban Hidup Terpusat Minimum

Hunian atau Penggunaan	Merata L_o psf (Kn/m ²)	Terpusat I_b (kN)
Sistem lantai akses		
- Ruang kantor	50 (2,4)	2.000 (8,9)
- Ruang komputer	100 (4,79)	2.000 (8,9)
Ruang pertemuan		
- Kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	

- Lobi	100 (4,79)	
- Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	
- Panggung pertemuan	100 (4,79)	
- Lantai podium	150 (7,18)	
- Tribun penonton stadion	100 (4,79)	
- Arena dengan kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	
- Ruang pertemuan lainnya	100 (4,79)	
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	100 (4,79)	
- Lantai lain	Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	
Dudukan mesin elevator (pada area 2 in.x 2 in. [50 mm x 50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in.x 1 in. [25 mm x 25 mm])		200 (0,89)
Jalur penyelamatan saat kebakaran	100 (4,79)	
Hunian satu keluarga saja	40 (1,92)	
Tangga permanen		Lihat Pasal 4.5.4

<p>Garasi/Parkir (Lihat Pasal 4.10)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mobil penumpang saja - Truk dan bus 	<p>40 (1,92)</p> <p>Lihat Pasal 4.10.2</p>	<p>Lihat Pasal 4.10.1</p> <p>Lihat Pasal 4.10.2</p>
<p>Pegangan tangga dan pagar pengaman Batang pegangan</p>	<p>Lihat 4.5.1</p>	<p>Lihat 4.5.1</p> <p>Lihat 4.5.2</p>
<p>Helipad (Lihat Pasal 4.11)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Helikopter dengan berat lepas landas sebesar 3.000 lb (13,35 kN) atau kurang - Helikopter dengan berat lepas landas Lebih dari 3.000 lb (13,35 kN) 	<p>40 (1,92)</p> <p>60 (2,87)</p>	<p>Lihat Pasal 4.11.2</p> <p>Lihat Pasal 4.11.2</p>
<p>Rumah sakit</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ruang operasi, laboratorium - Ruang pasien - Koridor diatas lantai pertama 	<p>60 (2,87)</p> <p>40 (1,92)</p> <p>80 (3,83)</p>	<p>1.000 (4,45)</p> <p>1.000 (4,45)</p> <p>1.000 (4,45)</p>
<p>Perpustakaan</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ruang baca - Ruang penyimpanan - Koridor di atas lantai pertama 	<p>60 (2,87)</p> <p>150 (7,18)</p> <p>80 (3,83)</p>	<p>1.000 (4,45)</p> <p>1.000 (4,45)</p> <p>1.000 (4,45)</p>
<p>Pabrik</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ringan - Berat 	<p>125 (6,00)</p> <p>250 (11,97)</p>	<p>2.000 (8,90)</p> <p>3.000 (13,35)</p>
<p>Gedung perkantoran</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian - Lobi dan koridor lantai pertama 	<p>100 (4,79)</p>	

- Kantor	50 (2,40)	2.000 (8,90)
- Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2.000 (8,90)
		2.000 (8,90)
Lembaga hukum		
- Blok sel	40 (1,92)	
- Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
- Tempat bowling, billiard, dan penggunaan sejenis	75 (3,59)	
- Ruang dansa dan ballroom	100 (4,79)	
- Gimnasium	100 (4,79)	
Rumah tinggal		
- Hunian satu dan dua keluarga		
- Loteng yang tidak dapat dihuni tanpa gudang	10 (0,48)	
- Loteng yang tidak dapat dihuni dengan gudang	20 (0,96)	
- Loteng yang dapat dihuni dan ruang tidur	30 (1,44)	
- Semua ruang kecuali tangga	40 (1,92)	
- Semua hunian rumah tinggal lainnya		
- Ruang pribadi dan koridornya	40 (1,92)	
- Ruang publik	100 (4,79)	
- Koridor ruang publik	100 (4,79)	
Atap		
- Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96)	
- Atap yang digunakan penghuni	Sama dengan penggunaan yang dilayani	
- Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,70)	

- Atap vegetatif dan atap lansekap		
- Atap bukan untuk hunian	20 (0,96)	
- Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,79)	
- Atap untuk penggunaan lainnya	Sama dengan penggunaan yang dilayani	
- <i>Awning</i> dan kanopi	5 (0,24)	
- Atap konstruksi fabric yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan		
- Rangka penumpu layar penutup	5 (0,24)	
	berdasarkan area tributari dari atap yang didukung oleh komponen struktur rangka	200 (0,89)
- Semua konstruksi lainnya	20 (0,96)	
- Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai tempat bekerja		2000 (8,90)
- Titik panel tunggal dari kord bawah rangka batang atap atau suatu titik sepanjang komponen struktur utama pendukung atap diatas pabrik, gudang penyimpanan dan pekerjaanya, dan garasi bengkel		
- Semua komponen struktur atap utama lainnya		300 (1,33)
- Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		300 (1,33)

Sekolah		
- Ruang kelas	40 (1,92) 80	1.000 (4,45)
- Koridor di atas lantai pertama	(3,83)	1.000 (4,45)
- Koridor lantai pertama	100 (4,79)	1.000 (4,45)
Scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Jalan di pinggir untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97)	8.000 (35,60)
Tangga dan jalan keluar	100 (4,79) 40	300 (1,33)
- Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	(1,92)	300 (1,33)
Gudang diatas langit-langit	20 (0,96)	
Gudang penyimpanan dan pekerja (harus dirancang untuk beban lebih berat jika diperlukan)		
- Ringan	125 (6,00)	
- Berat	250 (11,97)	
Toko		
- Eceran		
- Lantai pertama	100 (4,79)	1.000 (4,45)
- Lantai diatasnya	75 (3,59)	1.000 (4,45)
- Grosir, di semua lantai	125 (6,00)	1.000 (4,45)
Penghalang kendaraan		Lihat Pasal 4.5.3
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79)	

(Sumber : SNI 1727:2020)

2.3 Beton

Berdasarkan SNI-03-2847-2002, beton adalah campuran antara semen *Portland* atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton disusun dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Sedangkan beton bertulang adalah kombinasi dari beton serta tulangan baja, yang bekerja bersama-sama untuk memikul beban yang ada. Tulangan baja akan memberikan kuat tarik yang tidak dimiliki oleh beton. Selain itu tulangan baja juga mampu memikul beban tekan, seperti digunakan pada elemen kolom beton. (Setiawan, 2016:2)

Modulus elastisitas beton merupakan properti mekanik struktur beton yang sangat penting. Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan terhadap benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 19.2.2 memberikan korelasi antara nilai modulus elastis beton dengan kuat tekan dan berat jenisnya. Dinyatakan bahwa :

1. Untuk nilai w_c diantara 1400 dan 2560 kg/m³

$$E_c = w_c^{1.5} 0,043 \sqrt{f'_{C'}} \text{ (MPa)}$$

2. Untuk beton normal

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_{C'}} \text{ (MPa)}$$

2.4 Baja

Baja adalah logam paduan dengan besi (Fe) sebagai unsur dasar dan karbon (C) sebagai unsur paduan utamanya. Sifat baja dapat berubah drastis dengan mengubah kadar karbon dan menambah elemen lain seperti silikon, nikel, mangan, dan tembaga. Kadar karbon biasanya sangat rendah yaitu sekitar 0,2-0,3% berdasarkan berat dan tidak lebih dari 0,5%. Sifat kimiawi dari baja sangat penting karena berpengaruh pada kemudahan untuk dilas, ketahanan terhadap korosi, ketahanan terhadap keruntuhan getas, dll. *American Standard for Testing Material*

(ASTM) telah mensyaratkan persentase maksimum dari karbon, mangan, silicon, dll, yang diijinkan untuk baja struktur. Meskipun sifat fisik dan mekanik dari baja banyak ditentukan oleh komposisi kimia, sifat baja juga dipengaruhi oleh proses pembuatan dan riwayat pembebanan serta proses pemanasan. Adapun sifat baja tersebut adalah Kekuatan, Kelenturan, Kealotan, Kekerasan, Ketahanan terhadap korosi, dan Liat (*Toughness*).

Baja struktur dikelompokkan dalam baja karbon multifungsi (A36), baja karbon struktur (A529), baja karbon kekuatan tinggi dengan bahan tambahan rendah (A572), baja struktur tahan korosi kekuatan tinggi dengan bahan tambahan rendah (A242 dan A588), dan pelat baja dengan pendinginan dan penempaan (A514 dan A852). Dalam merencanakan struktur haruslah penting memperhatikan sifat penting dari bahan struktur baja yang akan digunakan. Adapun sifat-sifat penting dari bahan baja yang harus diperhatikan diantaranya:

1. Modulus Elastisitas (E)

Modulus elastisitas untuk semua baja (yang secara relatif tidak tergantung dari kuat leleh) adalah 28000 sampai 30000 ksi atau 193000 sampai 207000 Mpa. Nilai untuk desain lazimnya diambil sebesar 29000 ksi atau 200000 Mpa. Berdasarkan Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI), nilai modulus elastisitas baja adalah

$$E = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \text{ atau } 2,1 \times 10^5 \text{ MPa.}$$

2. Modulus Geser (G)

Modulus geser setiap bahan elastis dihitung berdasarkan formula:

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)}$$

Keterangan :

μ = perbandingan poisson yang diambil sebesar 0,3 untuk baja.

Dengan menggunakan

$\mu = 0,3$ maka akan memberikan

$G = 11000 \text{ ksi atau } 77000 \text{ MPa}$

Berdasarkan Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI), nilai modulus geser (gelincir) baja adalah $0,81 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ atau $0,81 \times 10^5 \text{ MPa}$.

3. Koefisien Ekspansi (α)

Koefisien ekspansi adalah koefisien pemuaian linier. Koefisien ekspansi baja diambil sebesar 12×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$.

4. Tegangan Leleh (σ)

Tegangan leleh ditentukan berdasarkan mutu baja.

5. Massa Jenis Baja

Sifat – sifat ini termasuk massa jenis baja, yang sama dengan 490 pcf atau $7,850 \text{ t/m}^3$, atau dalam berat satuan, nilai untuk baja sama dengan 490 pcf atau $76,975 \text{ kN/m}^3$, berat jenis baja umumnya adalah sebesar $7,850 \text{ t/m}^3$.

2.5 Metode Perancangan Struktur

2.5.1 Perancangan Rangka Atap

Atap adalah salah satu bagian dari bangunan yang berfungsi sebagai penutup seluruh ruangan yang ada di bawahnya terhadap pengaruh panas, hujan, angin, debu dan untuk keperluan perlindungan. Rangka atap berfungsi sebagai penahan beban dari bahan penutup atap sehingga umumnya berupa susunan balok-balok (dari kayu/bambu/baja) secara vertikal dan horizontal kecuali pada struktur atap dak beton. Salah satu bagian dari rangka atap adalah kuda-kuda. Mengingat berat, kekuatan bahandan bentuk atap, maka bentuk dan ukuran kuda-kuda dapat bervariasi. Beban-beban yang bekerja pada rangka atap adalah :

a. Beban Mati (qD)

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

- 1) Beban sendiri kuda-kuda
- 2) Berat penutup atap
- 3) Berat gording

b. Beban Hidup (qL)

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

- 1) Beban pekerja
- 2) Beban air hujan

3) Beban angin (w)

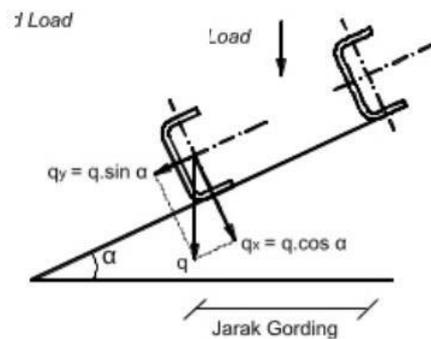
Adapun Langkah-langkah perhitungan rangka atap yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Gording

Gording adalah batang memanjang yang sejajar balok tembok yang diletakkan di atas kaki kuda-kuda untuk menumpu kasau dan balok jurai dalam. Dalam perancangan struktur bangunan gedung khususnya pada perencanaan gording, struktur gording dirancang kekuatannya berdasarkan pembebanan beban mati dan beban hidup.

Kombinasi pembebanan yang ditinjau adalah beban pada saat pemakaian yaitu beban mati yang ditambahkan dengan beban air hujan. Sedangkan beban sementara yaitu beban mati yang ditambahkan dengan beban pekerja pada saat pelaksanaan pekerjaan. Apabila gording ditempatkan dibawah penutup atap, maka komponen beban atap dipindahkan tegak lurus gravitasi ke gording. Akibatnya terjadi pembebanan sumbu ganda yang menjadikan momen pada sumbu x dan sumbu y, yaitu M_x dan M_y

a. Pembebanan Akibat Beban Mati (D)

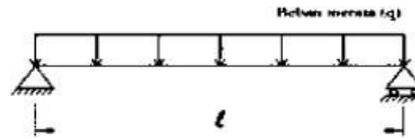


Gambar 2.1 Uraian Beban Gording

(Sumber : Laporan Perencanaan Gedung Jasmine)

$$q_{uy} = q_u \times \sin \alpha \text{ (Y)}$$

$$q_{ux} = q_u \times \cos \alpha \text{ (X)}$$

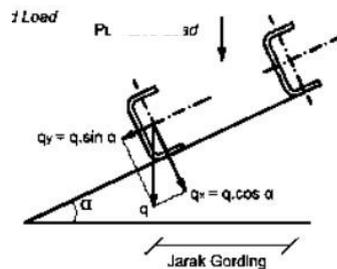


Gambar 2.2 Beban Merata Gording
(Sumber : Laporan Perencanaan Gedung Jasmine)

$$\text{Momen pada sumbu x, } M_x = \frac{1}{8} \times q_x \times l^2$$

$$\text{Momen pada sumbu y, } M_y = \frac{1}{8} \times q_y \times l^2$$

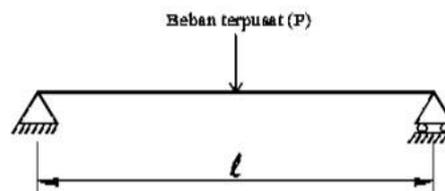
b. Pembebanan Akibat Beban Hidup



Gambar 2.3 Uraian Beban Gording
(Sumber : Laporan Perencanaan Gedung Jasmine)

$$\text{Beban pada sumbu x, } P_x = P \cos \alpha$$

$$\text{Beban pada sumbu y, } P_y = P \sin \alpha$$



Gambar 2.4 Beban Terpusat Gording
(Sumber : Laporan Perencanaan Gedung Jasmine)

$$\text{Momen pada sumbu x, } M_x = \frac{1}{4} \times P_x \times l^2$$

$$\text{Momen pada sumbu y, } M_y = \frac{1}{4} \times P_y \times l^2$$

Kombinasi momen arah x dan arah y

$$M_{ux} = 1,2 \cdot M_{xD} + 1,6 \cdot M_{xL}$$

$$M_{uy} = 1,2 \cdot M_{yD} + 1,6 \cdot M_{yL}$$

c. Kekuatan Penampang

- 1) Profil berpenampang kompak jika, $\lambda \leq \lambda_p$
- 2) Profil berpenampang tidak kompak jika, $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$
- 3) Profil berpenampang langsing jika, $\lambda > \lambda_r$

(Sumber : Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD, 2008:85)

Cek kekompakkan plat sayap

$$\lambda_f = \frac{b}{t_f}; \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}}; \lambda_r = \frac{170}{\sqrt{f_y - f_r}}$$

Cek kekompakkan plat badan

$$\lambda_f = \frac{h}{t_w}; \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}}; \lambda_r = \frac{1702550}{\sqrt{f_y}}$$

Keterangan :

- Fr = Tegangan tekan residual pada plat sayap
 = 70 MPa untuk penampang rol
 = 115 MPa untuk dilas
- Fy = Tegangan leleh minimum

d. Momen Nominal

- 1) Momen nominal untuk penampang kompak, $L_b \leq L_p$

$$M_n = M_p = Z \times F_y$$

- 2) Momen nominal untuk $\lambda = \lambda_f$

$$M_n = M_p = (f_y - f_r) S_x$$

- 3) Momen nominal untuk $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$

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

Keterangan :

- Fy = tegangan leleh, MPa
 Fr = tegangan sisa, MPa

S_x = modulus penampang elastic di sumbu x (mm³)

e. Kontrol Lendutan

1) Kontrol Lendutan Akibat Beban Merata

Untuk memeriksa syarat lendutan, momen yang diperhitungkan adalah :

$$M = \frac{1}{8} \times q_1 \times L^2$$

Batas lendutan maksimum untuk tipe elemen struktur gording adalah :

$$\delta = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot EI} = \frac{5 \cdot M \cdot L^2}{48 \cdot EI} < \frac{L}{240}$$

2) Kontrol Lendutan Akibat Beban Terpusat

Syarat lendutan terhadap beban terpusat tidak boleh lebih dari $\frac{L}{240}$. Pembatasan ini dimaksudkan agar balok memberikan kemampuan layanan yang baik (*serviceability*).

$$\delta = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot EI} < \frac{L}{240}$$

(Sumber : Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD, hal.90)

2. Konstruksi Rangka Baja (Kuda-Kuda)

Kuda-kuda adalah suatu susunan rangka batang yang berfungsi untuk mendukung beban atap termasuk juga beratnya sendiri dan sekaligus dapat memberikan bentuk pada atapnya. Pada dasarnya konstruksi kuda-kuda terdiri dari rangkaian batang yang senantiasa selalu membentuk segitiga. Dengan mempertimbangkan berat atap serta bahan dan bentuk penutupnya, maka konstruksi kuda-kuda satu sama lain akan berbeda. Namun demikian setiap susunan rangka batang haruslah merupakan suatu kesatuan bentuk yang kokoh yang nantinya mampu memikul beban yang diberikan padanya tanpa mengalami perubahan.

Konstruksi kuda-kuda diperhitungkan terhadap pembebanan, antara lain :

a. Beban Mati

1) Beban sendiri kuda-kuda

2) Beban penutup atap

3) Beban gording

b. Beban Hidup

1) Beban air hujan

2) Beban angin sebelah kiri

3) Beban angin sebelah kanan

4) Beban pekerja

Pada masing-masing beban diatas, kemudian dapat dicari nilai gaya-gaya batangnya dengan menggunakan program SAP 2000 V.14.

Perhitungan konstruksi rangka dapat dihitung dengan cara :

a) Cara Grafis, yang terdiri dari :

1) Keseimbangan titik simpul

2) Cremona

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

b) Cara Analitis

1) Keseimbangan titik simpul

Keseimbangan titik simpul ini harus memenuhi beberapa persyaratan, antara lain :

(1) Batang-batang harus kaku dan simpul

(2) Sambungan pada titik buhul/simpul engsel tidak terjadi pergeseran

(3) Penyambungan batang adalah sentries yakni sumbu-sumbu batang bertemu pada satu titik

(4) Pembebanan yang menyebar dapat dipindahkan pada titik simpul yang bersangkutan

2) Riter

Cara ini digunakan untuk mengontrol pekerjaan dari Cremona dan langsung menghitung gaya batang yang lain. Cara memotong rangka konstruksi harus benar-benar terpotong yang belum diketahui arah besarnya maka dianggap gaya tarik.

c. Beban Kombinasi

Berdasarkan beban-beban tersebut di atas, maka struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan di bawah ini :

$$1,4 D$$

$$1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$$

$$1,2 D + 1,6 L (L_a \text{ atau } H) + (\gamma L L \text{ atau } 0,8W)$$

$$1,2 D + 1,3 W + \gamma L L + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$$

$$1,2 D \pm 1,0 E + \gamma L L$$

$$0,9 D \pm (1,3 W \text{ atau } 1,0 E)$$

Keterangan :

D = Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen termasuk dinding, lantai, atap, plafond, partisi tetap, tangga, dan peralatan yang bersifat tetap.

L = Beban hidup yang ditimbulkan akibat penggunaan Gedung, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan dan lainnya.

L_a = Beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, material atau selama penggunaan biasa oleh orang dan beban bergerak.

H = Beban hidup, tidak termasuk diakibatkan genangan air

W = Beban angin

E = Beban gempa, yang ditentukan atau penggantinya

γL = 0,5 bila $L < 5$ kPa, dan $\gamma L = 1$ bila $L > 5$ kPa

Berikut adalah komponen-komponen yang terjadi pada rangka baja :

a. Komponen struktur yang mengalami gaya tekan

Kekuatan tekan nominal (P_n) harus ditentukan berdasarkan keadaan batas berupa tekuk lentur.

$$P_n = F_{cr} \times A_g$$

Tegangan kritis (F_{cr}) ditentukan sebagai berikut :

$$1) \text{ Bila } \frac{Lc}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{fy}} \text{ (atau } \frac{fy}{fe} \leq 2,25)$$

$$Fcr = (0,658 \frac{fy}{fe}) fy$$

$$2) \text{ Bila } \frac{Lc}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{fy}} \text{ (atau } \frac{fy}{fe} > 2,25)$$

$$Fcr = 0,877 \cdot Fe$$

Keterangan :

A_g = Luas penampang bruto komponen struktur, mm^2

E = Modulus elastisitas baja 200.000 MPa

Fe = Tegangan tekuk elastis, MPa = $\frac{\pi^2 E}{(\frac{Lc}{r})^2}$

Fy = Tegangan leleh minimum, MPa

r = Radius girasi, mm

(Sumber : SNI 1729 : 2020 : 34)

b. Komponen struktur yang mengalami gaya tarik aksial

1) Kuat Tarik Rencana

Komponen struktur yang memiliki gaya tarik aksial terfaktor N_u , harus memenuhi persamaan (berdasarkan SNI 03-1729-2020) :

$$N_u \leq \phi N_n$$

Dengan ϕN_n adalah nilai kuat tarik rencana yang besarnya diambil sebagai nilai terendah diantara dua perhitungan menggunakan harga-harga ϕ dan nilai N_n di bawah ini ;

$$\phi = 0,9 ; N_n = A_g \times Fy$$

$$\phi = 0,9 ; N_n = A_g \times Fu$$

Keterangan :

A_g = Luas penampang bruto (mm^2)

A_e = Luas penampang efektif (mm^2)

Fy = Tegangan leleh (MPa)

Fu = Tegangan tarik (MPa)

2) Penampang efektif

Luas penampang efektif komponen struktur yang mengalami gaya

tarik ditentukan sebagai berikut :

$$A_e = A_n \times U$$

Keterangan :

A = Luas penampang

U = Faktor reduksi

x = Eksentritas sambungan, jarak tegak lurus arah gaya tarik antara titik berat penampang komponen yang disambung dengan sambungan (mm).

L = Panjang sambungan dalam arah gaya tarik, yaitu jarak antara dua baut yang terjauh pada suatu sambungan atau panjang las dalam gaya tarik (mm).

c. Komponen yang mengalami gaya tekan aksial

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

$$P_n = A_g \times F_{cr}$$

Dimana,

$$F_{cr} = \frac{f_y}{\omega}$$

Sehingga,

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

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

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

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

Keterangan :

N_n = Kuat tekan nominal komponen struktur

A_g = Luas penampang bruto (mm^2)

F_{cr} = Tegangan kritis penampang (mm^2)

f_y = Tegangan leleh material (MPa)

3. Sambungan

a. Perencanaan Sambungan Baut

Suatu baut yang memikul gaya terfaktor (R_u), harus memenuhi persamaan berikut (SNI 1729 : 2020 B3-1) :

$$R_u < \phi R_n$$

Keterangan :

ϕ = reduksi kekuatan geser (0,75)

R_n = kuat geser nominal berikut

Pada desain sambungan baut, untuk menghitung kekuatan geser dan tarik desain menggunakan rumus yang sama (ϕR_n) menurut pasal J3.6:

$$R_n = F_n \times A_b$$

$$\phi = 0,75$$

Keterangan :

A_b = Luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir, in.2 (mm^2)

F_n = tegangan tarik nominal, F_{nt} , atau tegangan geser, F_{nw} dari Tabel J3.2

Pada desain sambungan baut, untuk menghitung kombinasi gaya tarik dan geser dalam sambungan tipe tumpuan menurut pasal J3.7 :

$$R_n = F'_{nt} \times A_b$$

$$\phi = 0,75$$

Keterangan :

F'_{nt} = Tegangan tarik nominal yang dimodifikasi mencakup efek tegangan geser, ksi (MPa)

$F'_{nt} = 1,3 F_{nt} - F_{nt} \phi F_{nv} f_{rv} \leq F_{nt}$ (SNI 1729:2015 J3-3a)

F_{nt} = Tegangan geser dari tabel J3.2, ksi (Mpa)

F_{rv} = Tegangan geser yang diperlukan menggunakan kombinasi beban ksi (Mpa)

Ukuran jarak tepi minimum buat ditentukan diameter baut pada tabel J3.4M. Syarat-syarat perencanaan sambungan pada baut ada dua, yaitu:

- 1) Syarat minimum :
 - a) Jarak sumbu ke sumbu baut (S)

$$S \geq 3d \quad d = \text{diameter baut}$$
 - b) Jarak sumbu baut paling pinggir ke tepi pelat (SI)

$$\begin{aligned} \text{Tepi potongan tangan} &\geq 1,75 d \\ \text{Tepi potongan mesin} &\geq 1,5 d \\ \text{Tepi hasil cetak} &\geq 1,25 d \end{aligned}$$
- 2) Syarat maksimum :
 - a) Jarak sumbu kesumbu baut (S)

$$\begin{aligned} S &< 15 \text{ tp (tp = tebal pelat tipis)} \\ S &< 200 \text{ MM} \end{aligned}$$
 - b) Jarak sumbu baut paling pinggir ke tepi pelat (SI)

$$SI < 12 \text{ tp } S < 150 \text{ mm}$$

b. Perencanaan Sambungan Las

- 1) Pengelasan konstruksi sipil harus dilakukan dengan las listrik. Untuk las sudut harus ditentukan dengan panjang kaki las yang ditentukan sebagai tw_1 dan tw_2 . Tebal minimum las sudut pada perencanaan sambungan las dapat dilihat pada **Tabel 2.4** berikut.

Tabel 2.4 Tebal Minimum Las Filet

Ketebalan Materail dari Bagian Paling Tipis yang Tersambung, in. (mm)	Ukuran Minimum las Sudut, ^[a] in. (mm)
Sampai dengan ¼ (6)	1/8(3)
Lebih besar dari ¼ (6) sampai dengan ½ (13)	3/16(5)
Lebih besar dari ½ (13) sampai dengan ¾ (19)	1/4(6)
Lebih besar dari ¾ (19)	5/16(8)

(Sumber : SNI 1729:2020. Hal. 116, Tabel J2.4)

- 2) Kuat Las sudut

Pada desain sambungan las tumpul, untuk menghitung kekuatan desain (ϕR_n) diperjelas dengan disediakan pada tabel J2.5. Pada desain sambungan las sudut, untuk menghitung kekuatan desain

(ϕR_n) menurut pasal J2.4 :

$$R_n = F_{nw} \times A_{we}$$

$$\Phi = 0,75$$

Keterangan :

$$F_{nw} = 0,60 F_{EXX} (1,0 + 0,50 \sin^{1,5} \Theta) \text{ ksi (MPa)}$$

(SNI 1729:2020 J2-5)

$$F_{EXX} = \text{Kekuatan klasifikasi logam pengisi, ksi (MPa)}$$

$$\Theta = \text{Sudut pembebanan yang diukur dari sumbu longitudinal las, derajat ukuran minimum las sudut ditentukan dari tebal bagian paling tipis yang tersambung}$$

2.5.2 Perancangan Pelat Lantai

Pelat lantai adalah suatu elemen horizontal utama yang berfungsi untuk menyalurkan beban hidup, baik yang bergerak maupun statis ke elemen pemikul beban vertikal, yaitu balok, kolom maupun dinding (Setiawan, 2106). Pelat lantai pada umumnya dicor secara bersamaan dengan balok sehingga menjadi struktur yang monolit.

Pada umumnya struktur pelat beton dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok, yaitu:

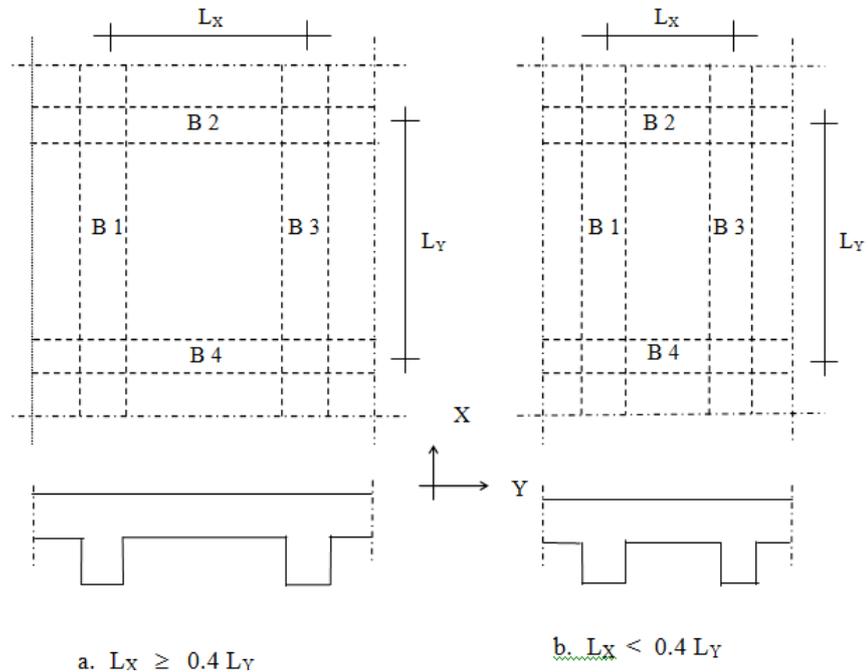
a. Pelat Satu Arah (*One Way Slab*)

Jika sistem pelat hanya ditumpu di kedua sisinya, maka pelat tersebut akan melentur atau mengala, I lendutan dalam arah tegak lurus dari sisi tumpuan. Beban akan didistribusikan oleh pelat dalam satu arah saja yaitu ke arah tumpuan. Pelat jenis ini disebut juga dengan pelat satu arah.

Apabila pelat tertumpu di ke empat sisinya, dan rasio bentang panjang terhadap bentang pendek lebih besar atau sama dengan 2, maka hampir 95% beban akan dilimpahkan dalam arah bentang pendek, dan pelat akan menjadi sistem pelat satu arah. Sistem pelat satu arah cocok digunakan pada bentangan 3-6 meter, dengan beban hidup sebesar 2,5-5% kN/m².

Ciri-cirinya adalah:

- Pelat ditumpu pada sisi yang saling berhadapan.
- Pelat persegi yang ditumpu pada dua sisinya dengan perbandingan antar sisi panjang pelat (l_y) dan sisi lebar pelat (l_x) > 2 atau secara matematis dapat ditulis $\frac{l_y}{l_x} > 2$.



Gambar 2.5 Pelat Satu Arah

(Sumber : Nawar Syarif "Definisi Pekat Satu Arah")

b. Pelat Dua Arah

Apabila struktur pelat beton ditopang di keempat sisinya, dan rasio antara bentang panjang terhadap bentang pendeknya kurang dari 2, maka pelat tersebut dikategorikan sebagai sistem pelat dua arah. Sistem pelat dua arah sendiri dapat dibedakan menjadi beberapa jenis berikut:

1. Sistem balok-pelat dua arah

Pada sistem struktur ini pelat ditumpu oleh balok di keempat sisinya. Beban dari pelat ditransfer ke keempat balok penumpu yang selanjutnya menransfer bebannya ke kolom. Sistem pelat dua arah dengan balok ini dapat digunakan untuk bentangan 6-9 meter, dengan beban hidup

sebesar 2,5-5,5 kN/m² . Balok akan meningkatkan kekuatan pelat, sehingga lendutan yang terjadi akan relatif kecil.

2. Sistem slab datar (*flat slab*)

Ini merupakan sistem struktur pelat beton dua arah yang tidak memiliki balok penumpu di masing-masing sisinya. Beban pelat ditransfer langsung ke kolom. Kolom cenderung akan menimbulkan kegagalan geser pons pada pelat, yang dapat dicegah dengan beberapa alternatif:

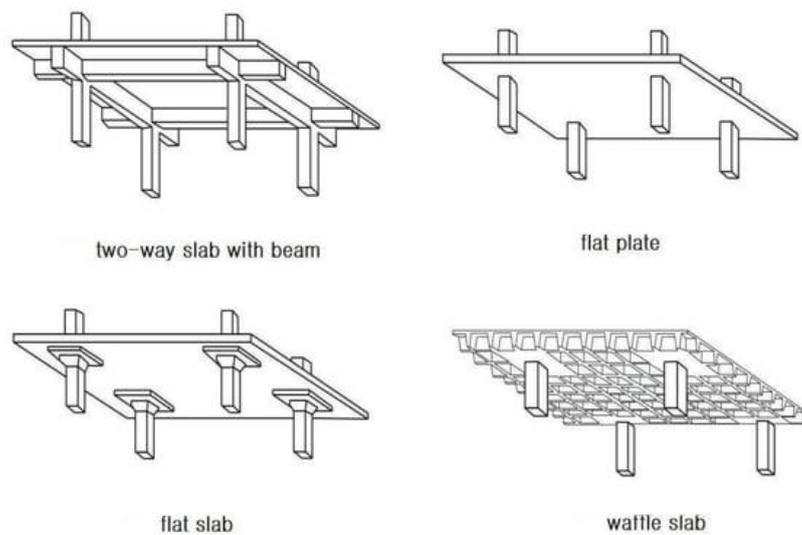
- Memberikan penebalan setempat pada pelat (*drop panel*) serta menyediakan kepala kolom (*coloumn capital*).
- Menyediakan penebalan panel namun tanpa kepala kolom, panel di sekitar kolom harus cukup tebal untuk memikul terjadinya tegangan tarik diagonal yang muncul akibat geser pons.
- Menggunakan kepala kolom tanpa ada penebalan panel, namun hal ini jarang diaplikasikan Sistem slab datar dapat digunakan untuk bentangan 6-9 meter, dengan beban hidup sebesar 4-7 kN/m².

3. Sistem pelat datar (*flat plate*)

Sistem ini terdiri dari pelat yang tertumpu langsung ke kolom tanpa adanya penebalan panel dan kepala kolom. Potensi kegagalan struktur terbesar akan timbul akibat geser pons, yang akan menghasilkan tegangan tarik diagonal. Sebagai akibat tidak adanya penebalan panel dan kepala kolom, maka dibutuhkan ketebalan pelat yang lebih besar atau dengan memberikan penulangan ekstra di area sekitar kolom. Setiap slab datar dapat digunakan untuk struktur pelat dengan bentangan 6-7,5 m dan beban hidup sebesar 2,5-4,5 kN/m².

4. Pelat dua arah berusuk dan pelat *waffle*

Ini merupakan sistem dua arah dengan ketebalan pelat antara 50 mm hingga 100 mm yang ditumpu oleh rusuk-rusuk dalam arah. Jarak antar rusuk antara 500 mm 750 mm. Tepi-tepi pelat dapat ditopong balok, atau dapat juga pelat langsung menumpu pada kolom dengan memberikan penebalan pada pelat di sekitar kolom. Sistem pelat yang disebutkan terakhir sering disebut dengan istilah pelat *waffle*.



Gambar 2.6 Jenis-jenis pelat dua arah

(Sumber : *Midas Structure*)

a) Desain Pelat Satu Arah

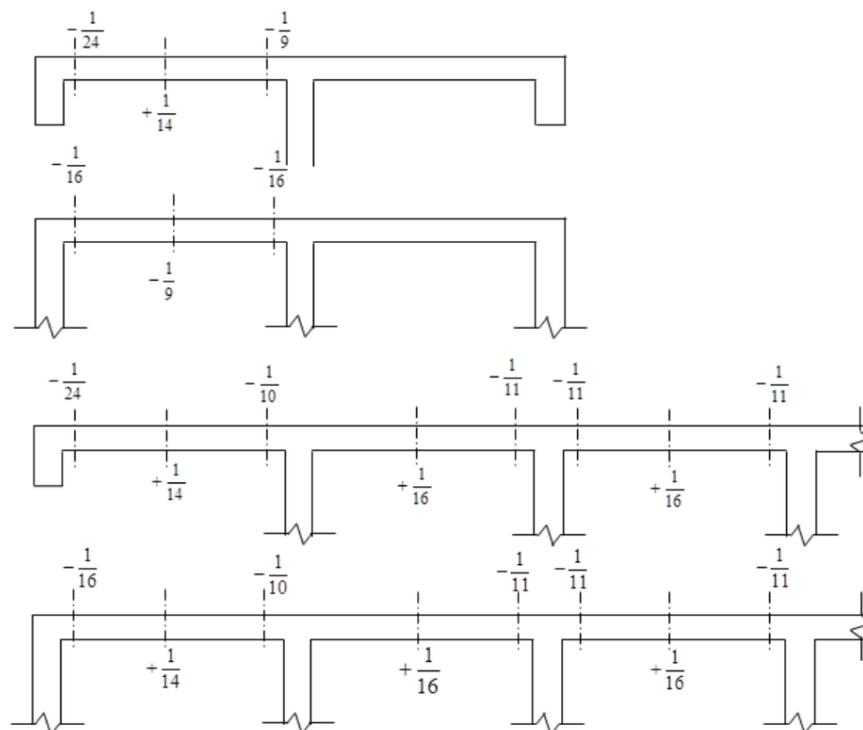
Pelat beton yang memiliki perbandingan panjang antara bentang panjang terhadap bentang pendek lebih atau sama dengan 2 dikategorikan sebagai pelat satu arah. Pada sistem pelat satu arah, hampir seluruh beban dilimpahkan dalam arah pendek. Desain pelat satu arah pada umumnya dapat dilakukan seperti halnya struktur balok yang dianggap memiliki lebar 1 meter.

Jika pelat hanya terdiri dari satu bentangan saja, dengan anggapan tertumpu sederhana di kedua sisinya, maka momen lentur yang timbul akibat beban q yang terdistribusi merata adalah $M = qL^2 / 8$, dengan L adalah panjang bentang panjang antara kedua tumpuan. Bila pelat yang sama tertumpu pada beberapa tumpuan, maka akan timbul momen positif dan momen negatif pada pelat yang dapat dihitung melalui prosedur analisis struktur, atau dapat juga menggunakan koefisien momen yang diberikan dalam SNI 2847:2019, Pasal 8.3.2. Nilai koefisien momen tersebut dapat digunakan jika:

1. Beda panjang bentang tidak terlalu jauh, dengan batasan panjang bentang tidak boleh melebihi 2,0 dari bentang pendek

2. Beban yang bekerja adalah beban merata
3. Beban hidup tidak melebihi 3 kali beban mati

Beban hidup tidak melebihi 3 kali beban mati Bila kondisi diatas tidak dipenuhi, maka harus dilakukan analisis struktur untuk menentukan momen-momen yang timbul pada struktur pelat menerus tersebut. Nilai koefisien momen seperti disyaratkan dalam SNI 2847:2019, Pasal 8.3.2 diperlihatkan dalam Gambar 2.3 berikut:



Gambar 2.7 Koefisien Momen Untuk Balok dan Pelat Menerus
(Sumber : Struktur Beton Lanjutan)

Peraturan SNI memberikan beberapa batasan dalam hal desain pelat satu arah:

1. Desain dilakukan dengan menggunakan asumsi lebar 1 meter.
2. Ketebalan minimum pelat satu arah yang menggunakan $f_y = 420$ MPa sesuai SNI 2847:2019 Tabel 7.3.1.1 harus ditentukan sebagaimana terlihat pada **Tabel 2.5**

Tabel 2.5 Ketebalan Minimum Pelat Solid Satu Arah Nonprategang

Kondisi Tumpuan	h Minimum
Tumpuan sederhana	1/20
Satu ujung menerus	1/24
Kedua ujung menerus	1/28
Kantilever	1/10

(Sumber: SNI 2847:2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung)

Untuk f_y selain 420 MPa, persamaan pada Tabel di atas harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y / 700)$.

- Selimit beton untuk struktur pelat tidak boleh kurang dari 20 mm, untuk pelat yang tidak berhubungan langsung dengan cuaca dan tanah.
- Struktur pelat satu arah tegak lurus terhadap tulangan lentur. Persyaratan ini diatur dalam SNI 2847:2019, Tabel 24.4.3.2 Rasio luasan tulangan ulir susut dan suhu terhadap luas penampang beton bruto harus memenuhi batasan seperti ditunjukkan dalam **Tabel 2.6**

Tabel 2.6 Persyaratan tulangan susut dan suhu untuk pelat

Jenis Tulangan	f_y MPa	Rasio tulangan minimum	
Batang ulir	< 420	0,0020	
Batang ulir atau kawat las	≥ 420	Terbesar dari	0,0018 x 420
			f_y
			0,0014

(Sumber : SNI 2847:2019)

- Kecuali untuk pelat rusuk, maka jarak antar tulangan utama pada pelat harus kurang dari 3 kali ketebalan pelat atau tidak lebih dari 450 mm dan jarak antar tulangan yang disyaratkan tidak boleh melebihi 5 kali dan tidak lebih dari 450 mm (SNI 2847:2019, Pasal 7.7.2.3).

b) Desain Balok Pelat Dua Arah

1. Analisa Dimensi Balok

Tabel 2.7 Tebal Minimum Pelat

Tebal minimum, h				
Komponen	Tertumpu	Satu ujung	Kedua ujung	Kantilever
Struktur	Sederhana	Menerus	Menerus	
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau pelat rusuk satu-arah	1/16	1/18,5	1/21	1/8

(Sumber: SNI 2847:2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung)

- Menentukan tebal minimum pelat dua arah, SNI 2847:2019 Pasal 8.3.1 menentukan ketebalan minimum pelat untuk mencegah terjadinya lendutan berlebih. Ketebalan pelat dapat ditentukan menggunakan rumus empiris sebagai berikut:

Tabel 2.8 Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang dengan balok diantara tumpuan pada semua sisinya

αf_m	h minimum, mm	
$0,2 \alpha f_m \leq 0,2$	Terbesar dari :	$\frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta (\alpha f_m - 0,2)}$
	Tidak boleh lebih dari :	125
$0,2 \alpha f_m \geq 0,2$	Terbesar dari :	$\frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$
	Tidak boleh lebih dari :	90
$\alpha f_m \leq 0,2$	Harus menggunakan Tabel 2.10	

(Sumber : SNI 2847:2019)

Pada pelat tepi tidak menerus, harus disediakan balok dengan $\alpha f_m \leq 0,80$ atau ketebalan minimum harus memenuhi dan harus diperbesar paling sedikit 10 persen pada pelat yang tidak menerus.

Tabel 2.9 ketebalan minimum pelat dua arah non prategang tanpa balok interior (mm)

Tegangan leleh, f_y MPa	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa Balok pinggir	Dengan Balok pinggir		Tanpa Balok pinggir	Dengan Balok pinggir	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
240	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

(Sumber: SNI 2847:2019)

Keterangan :

l_n = Panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah, diukur dari muka tumpuan pada pelat tanpa balok, dan muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok, dan muka ke muka balok atau tumpuan lain pada kasus lainnya (mm)

β = Rasio bentang bersih dalam arah panjang terhadap arah pendek dari pelat dua arah.

α_{fm} = Nilai rata-rata untuk semua balok tepi-tepi dari suatu pelat.

α_f = Rasio kekakuan lentur penampang balok ($E_c b I_b$), yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah dari pelat-pelat yang bersebelahan pada tiap sisi balok

$$\alpha_f = \frac{E_c b I_b}{E_c s I_s}$$

I_b = Momen inersia bruto dari penampang balok terhadap sumbu berat, penampang balok mencakup pula bagian pelat pada balok sebesar proyeksi balok yang berada diatas atau dibawah pelat, namun lebih dari empatkali tebal pelat.

I_s = Momen inersia bruto dari penampang pelat.

3. Menghitung beban-beban yang dipikul pelat seperti beban mati dan beban hidup serta menghitung momen ultimate (W_u).

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

Keterangan :

W_U = Momen rencana

W_D = Jumlah beban mati pelat (kN/m)

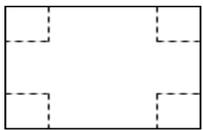
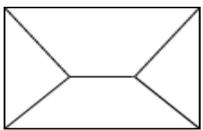
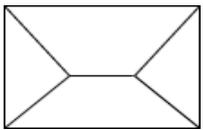
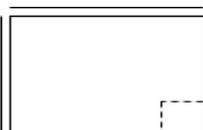
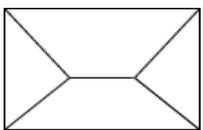
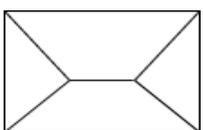
W_L = Jumlah beban hidup pelat (kN/m)

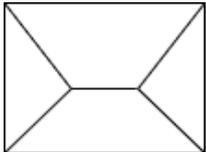
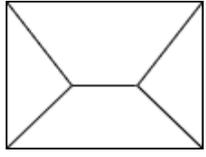
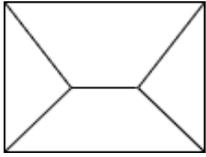
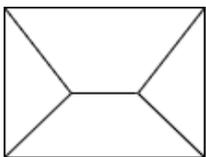
4. Mencari momen rencana (M_U)

Mencari momen yang bekerja pada arah x dan y.

Momen – momen yang menentukan sesuai dengan Tabel 14 dari buku Dasar – dasar Perencanaan Beton Bertulang Jilid 1 karangan *W.C. Vis* dan *Gideon H. Kusuma* dapat dilihat pada **Tabel 2.10** berikut ini :

Tabel 2.10 Mencari Momen Arah X dan Y

Skema	Penyaluran beban berdasarkan 'metode amplop' kali W_u lantai 1x	Momen Per Meter Lebar
<p>CARA I</p> 		$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$
<p>CARA II</p> 		$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
<p>CARA III</p> 		$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$
<p>CARA VI</p> 		$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$
<p>CARA V</p> 		$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$

<p style="text-align: center;">CARA VI</p> 		$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L_2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L_2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L_2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$
<p style="text-align: center;">CARA VII</p> 		$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L_2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L_2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L_2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$
<p style="text-align: center;">CARA VIII</p> 		$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L_2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L_2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L_2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L_2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$
<p style="text-align: center;">CARA VII</p> 		$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L_2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L_2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L_2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L_2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$

(Sumber : W.C. Vis dan Gideon H. Kusuma)

Keterangan :

M_{lx} = momen lapangan maksimum per meter lebar di arah x.

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

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

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

M_{tix} = momen jepit tak terduga (insidental) per meter lebar di arah x.

M_{tiy} = momen jepit tak terduga (insidental) per meter lebar di arah y.

5. Mencari tulangan dari momen yang didapat rasio tulangan dalam beton (p) dan memperkirakan besarnya diameter tulangan utama dan untuk menentukan tingi efektif arah x (d_x) dan arah y (d_y) yaitu:

Untuk tulangan tumpuan:

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

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

Untuk tulangan lapangan:

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

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

6. Tentukan Nilai $k = \frac{Mu}{\emptyset bd^2}$ untuk mendapatkan nilai (rasio tulangan)

Keterangan :

K = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan (MPa)

Mu = Momen terfaktor pada penampang (kN/m)

b = Lebar penampang (mm) diambil 1 m

d_{eff} = Tinggi efektif pelat (mm)

\emptyset = Faktor kuat rencana (0,9)

7. Menentukan rasio penulangan (ρ) ditentukan dengan melihat tabel.

Jika,

$\rho > \rho_{max}$, maka ditambahkan balok anak untuk memperkecil momen.

Syarat : $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

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

$$\rho = \frac{0,85 f' c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot k}{0,85 f' c}} \right)$$

Jika $\rho_{min} > \rho$ maka dipakai ρ_{min}

Jika $\rho_{max} < \rho$ maka dipakai ρ

8. Menghitung luas tulangan (A_s) digunakan rumus:

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

Keterangan :

A_s = Luas tulangan (mm^2)

ρ = Rasio penulangan

d_{eff} = Tinggi efektif (mm)

9. Mencari jumlah tulangan (n)

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

10. Mencari jarak antar tulangan

$$s = \frac{A_s d}{A_s t x} \times 1000$$

11. Memasang tulangan

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

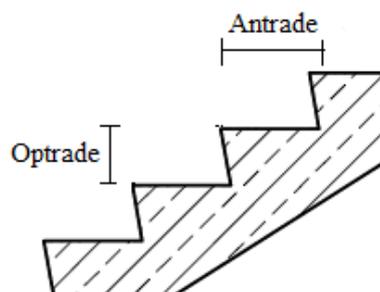
2.5.3 Perancangan Tangga

Tangga adalah sebuah jalur vertikal yang sangat umum digunakan pada setiap bangunan yang dimiliki lebih dari satu lantai (vertikal). Tangga merupakan jalur yang mempunyai undak – undak (trap) yang menghubungkan satu lantai dengan lantai di atasnya. Tangga memiliki kedudukan sangat penting karena membawa prestise bagi penghuni bangunan tersebut (Heru, 2017:107).

Secara garis besarnya tangga itu terdiri dari beberapa bagianbagian seperti berikut :

1. Anak Tangga (*Trede*)

Anak tangga merupakan bagian dari tangga yang berfungsi untuk memijakkan/melangkah kaki kearah vertikal maupun horizontal (datar). Bidang *trede* datar yang merupakan tempat berpijaknya telapak kaki disebut *antrede* (langkah datar), sedangkan bidang trede tegak yang dimana selisih dari tinggi antara dua *trede* yang berurutan dinamakan *optrade* (langkah tegak/naik).



Gambar 2.8 *Antrade* dan *Optrade* Pada Tangga
(sumber : studi pusaka Politeknik Negeri Bandung)

Adapun ketentuan-ketentuan konstruksi tangga sebagai berikut :

a) Untuk bangunan rumah tinggal

- Antrede = 25 cm (minimum)

- Optrede = 20 cm (maksimum)
 - Lebar tangga = 80 – 100 cm
- b) Untuk perkantoran dan lain-lain
- Antrede = 25 cm (minimum)
 - Optrede = 17 cm (maksimum)
 - Lebar tangga = 120 – 200 cm
- c) Syarat langkah 1 anak tangga
- 2 optrede + 1 antrede = 1 langkah
- 1 langkah = 58 cm – 64 cm (panjang satu langkah)
- d) Sudut kemiringan
- Maksimum = 45°
 - Minimum = 25°
- e) Lebar tangga
- Ukuran lebar tangga dipengaruhi oleh fungsi tangga pada jenis bangunan tertentu. Dengan kata lain lebar tangga sangat dipengaruhi oleh sejumlah orang yang akan menggunakan tangga tersebut.

Tabel 2.11 Daftar Ukuran Lebar Tangga Ideal

No	Digunakan untuk	Lebar efektif (cm)	Lebar total (cm)
1	1 orang	± 65	± 85
2	1 orang + anak	± 100	±120
3	1 orang + bagasi	± 85	± 105
4	2 orang	120 – 130	140 – 150
5	3 orang	180 – 190	200 – 210
6	> 3 orang	>190	>2109

(Sumber : Ilmu Bangunan Gedung, 1993)

2. Ibu Tangga (Boom)

Ibu tangga merupakan bagian tangga terdiri dari dua batang atau papan miring yang berfungsi menahan kedua ujung tangga.

3. Bordes

Bordes adalah bagian dari tangga yang merupakan bidang datar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat istirahat bila lelah. Bordes ini dibuat apabila jarak tempuh tangga sangat panjang yang mempunyai jumlah trede lebih dari 20 buah dan lebar tangga cukup akan tetapi ruangan yang tersedia

untuk tangga tidak mencukupi. Menurut Supriadi (1993:18) Untuk menentukan Panjang bordes seperti berikut ini :

$$\text{Panjang bordes (L)} = L_n + a \text{ s/d } 2a$$

Keterangan :

L_n = Satu langkah normal datar

a = Antrede

4. Pelengkap

Pelengkap tangkap terdiri dari tiang sandaran/pegangan dan ruji/*balustrade*.

- a. Tiang sandaran adalah tiang yang berdiri tegak dan ujung bawahnya tempat untuk memanjatkan boom serta ujung atasnya sebagai tempat dimana menumpanginya sandaran.
- b. Sandaran/pegangan adalah batang yang berfungsi sebagai pegangan tangan bagi yang menggunakan tangga tersebut yang mempunyai posisi sejajar dengan sisi atas boom.
- c. Ruji/*balustrade* merupakan susunan barisan papan-papan tegak yang berfungsi sebagai pagar pengaman yang letaknya berada disisi kanan dan kiri.

Syarat umum tangga diantaranya sebagai berikut :

- a. Penempatannya
 - 1) Penempatan tangga diusahakan sehemat mungkin untuk menggunakan ruangan.
 - 2) Ditempatkan sedemikian rupa supaya mudah ditemukan orang dan mendapatkan sinar pada waktu siang hari.
 - 3) Diusahakan penempatannya tidak mengganggu ataupun menghalangi lalu lintas banyak orang.
- b. Kekuatannya
 - 1) Bila menggunakan material kayu hendaknya memakai kelas I atau II, agar nanti tidak terjadinya pelenturan/goyang.
 - 2) Kokoh dan stabil bila di lalui sejumlah orang, barang dan sesuai dengan perencanaan.

c. Bentuknya

- 1) Bentuk konstruksi diusahakan sederhana, layak, sehingga dengan mudah dan cepat dalam proses pengerjaan.
- 2) Bentuknya rapi, indah dipandang dan serasi dengan keadaan disekitar tangga itu berada.

Langkah-langkah perhitungan tangga sebagai berikut :

a. Mendesign tangga, antara lain :

- 1) Rencanakan tinggi optrede dengan tinggi optrede 15 cm – 20 cm

$$2) \text{ Jumlah } optrede = \frac{h}{\text{ukuran } optrede}$$

- 3) Menentukan tinggi *optrede*

$$4) \text{ Tinggi } optrede \text{ sebenarnya} = \frac{h}{\text{ukuran } optrede}$$

- 5) Hitung ukuran antrade

$$\begin{aligned} Antrede &= Ln - 2 \text{ } optrede \\ &= 1 \text{ langkah } (58 \text{ cm} - 64 \text{ cm}) \end{aligned}$$

- 6) Hitung sudut kemiringan tangga

$$Arc \tan \theta = \frac{optred}{antrede}$$

- 7) Menentukan tebal pelat tangga

$$\begin{aligned} \text{tebal pelat} &= \frac{\left(\frac{1}{2} \times \text{tinggi tangga}\right)}{\frac{\sin \alpha}{28}} \end{aligned}$$

b. Menentukan pembebanan

Pembebanan pada pelat anak tangga dan bordes

- 1) Beban mati

- a) Berat sendiri bordes + anak tangga
- b) Berat penutup lantai
- c) Berat spesi
- d) Berat sandaran

- 2) Beban hidup

Beban hidup untuk tangga dan bordes beban merata = 4,79 kN/m²

(SNI 1727 – 2020 Tabel 4.3 – 1)

c. Menghitung gaya – gaya yang bekerja pada tangga dengan menggunakan program SAP 2000 V14.

d. Perhitungan tulangan tangga

1) Menentukan momen yang bekerja berdasarkan analisa program SAP 2000 V14.

2) Penentuan tulangan pokok dan tulangan susut dan suhu yang diperlukan.

3) Menentukan nilai R_n

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

4) Menentukan tinggi efektif (d_{eff})

$$d_{\text{effektif}} = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \text{ tulangan utama}$$

5) Menentukan rasio penulangan (ρ)

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

6) Menghitung luas tulangan (A_s)

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

Keterangan :

$$A_s = \text{Luas tulangan (mm}^2\text{)}$$

$$\rho = \text{Rasio penulangan}$$

$$d_{\text{effektif}} = \text{Tinggi efektif (mm)}$$

7) Mencari tulangan (n)

$$n = \frac{A_{\text{perlu}}}{A_b}$$

8) Mencari jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{1000 A_b}{A_s}$$

2.5.4 Perancangan Balok

Balok merupakan batang horizontal dari rangka struktural yang memikul beban tegak lurus sepanjang batang tersebut biasanya terdiri dari beberapa komponen struktural contohnya dinding, pelat atau atap bangunan dan menyalurkannya ke komponan tumpuan atau struktur yang berada dibawahnya.

Balok dikenal sebagai elemen lentur, yaitu elemen lentur struktur yang dominan dalam membawa gaya dalam berupa momen lentur dan momen geser.

Untuk menghitung daya dukung komponen balok lentur, karakteristik utama material beton yang kurang mampu menahan tegangan tarik akan menjadi dasar pertimbangan. Dalam proses desain suatu balok beton bertulang dengan momen ultimit, mengambil beberapa asumsi desain, sebagai berikut :

- a. Kesetimbangan harus tercapai disetiap penampang. Kesetimbangan adalah keseimbangan gaya pada penampang saat menghitung kekuatan nominal.
- b. Regangan beton dan tulangan nonprategang diasumsikan proporsional dengan jarak dari sumbu netral.
- c. Regangan pada beton prategang dan pada tulangan dengan lekatan (*bonded*) atau tanpa lekatan (*unbonded*) harus mengikutsertakan regangan yang diakibatkan oleh gaya prategang efektif.
- d. Perubahan regangan pada tulangan prategang dengan lekatan diasumsikan proporsional dengan jarak sumbu netral.
- e. Regangan maksimum untuk serat tekan terjauh pada beton diasumsikan sama dengan 0,003.
- f. Kekuatan Tarik beton diabaikan dalam perhitungan kekuatan lentur dan kekuatan aksial.
- g. Hubungan antara tegangan dan regangan beton dinyatakan dengan bentuk persegi, trapezium, parabolik atau bentuk lain yang memprediksikan kekuatan yang sesuai dengan hasil tes, sesuai dengan asumsi dalam SNI 2847:2019 pasal 22.2.

Faktor Reduksi Kekuatan

Kuat nominal dari suatu komponen struktur (baik yang memikul lentur, beban aksial, geser, maupun punter), yang dihitung berdasarkan kaidah-kaidah yang berlaku, harus dikalikan dengan suatu faktor reduksi yang besarnya kurang dari satu. Hasil kali antara kuat nominal dengan faktor reduksi disebut dengan istilah kuat rencana. Hal ini dilakukan dengan mengingat beberapa hal berikut:

1. Untuk mengantisipasi segala ketidakpastian dari kuat nominal penampang

akibat dimensi, material, serta keridakakuratan persamaan-persamaan dalam perencanaan.

2. Untuk merefleksikan tingkat daktilitas dan keandalan komponen struktur akibat efek yang ditimbulkan oleh beban kerja.
3. Untuk merefleksikan tingkat kepentingan suatu struktur. Dalam SNI 2847:2019, Pasal 21, Tabel 21.2, digunakan beberapa nilai faktor kekuatan, ϕ sebagai berikut :
 - a) Untuk penampang terkendali tarik $= \phi 0,90$
 - b) Untuk penampang terkendali tekan
 - 1) Dengan tulangan spiral $= \phi 0,75$
 - 2) Tulangan non-spiral $= \phi 0,65$
 - c) Untuk geser dan punter $= \phi 0,75$
 - d) Untuk tumpu pada beton $= \phi 0,65$

Berikut langkah-langkah perencanaan balok :

1. Menentukan mutu beton yang digunakan
2. Menentukan dimensi balok yang akan direncanakan
3. Menghitung pembebanan yang terjadi, yaitu
 - a) Beban Mati (*Dead Load*)
 - b) Beban Hidup (*Live Load*)
 - c) Berat Sendiri Balok
4. Menghitung beban ultimate

$$W_U = 1,2 W_D + 1,6 W_L$$
5. Menghitung momen rencana

$$M_U = 1,2 M_D + 1,6 M_L$$
6. Periksa dimensi penampang balok
 - a) Menentukan d_{eff}

$$d_{eff} = h - p - \phi \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan utama}$$
 - b) Mencari nilai ρ

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ (digunakan untuk mutu beton } \leq 30 \text{ Mpa) atau}$$

$$\rho_{\min} = \sqrt{\frac{f_c}{4f_y}} \text{ (digunakan untuk mutu beton } > 30 \text{ Mpa)}$$

$$\rho_b = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$$

$$\rho_{\text{hitung}} = \frac{f'_c}{f_y} \left(0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot Mu}{\phi \cdot f'_c \cdot b \cdot d_{\text{eff}} f^2}} \right)$$

Dengan beberapa syarat, seperti :

- Jika $\rho_{\min} < \rho_{\text{hitung}} < \rho_{\max}$ (**OKE**).
- Jika $\rho_{\text{hitung}} < \rho_{\min}$, maka penampang terlalu besar sehingga dimensi balok bisa dikurangi.
- Jika $\rho_{\text{hitung}} > \rho_{\max}$, maka penampang terlalu kecil sehingga dimensi balok harus dibesarkan.

7. Periksa dimensi penampang balok

a) Menentukan d_{eff}

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

b) Mencari nilai ρ

$$\rho_{\text{hitung}} = \frac{f'_c}{f_y} \left(0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot Mu}{\phi \cdot f'_c \cdot b \cdot d_{\text{eff}} f^2}} \right)$$

c) Hitung A_s yang diperlukan

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

d) Menentukan diameter tulangan yang dipakai dengan syarat A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan

8. Perencanaan 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 $\emptyset V_c$ dari persamaan:

$$\emptyset V_c = \emptyset (0,17 \sqrt{f'_c}) b_w d$$

Dengan:

$$\emptyset = 0,75$$

- c) Periksa nilai V_u
- Jika $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$, tidak dibutuhkan tulangan geser.
 - Jika $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$, dibutuhkan tulangan geser.
 - 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:

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s$$

Atau

$$V_s = \frac{v_u - \phi V_c}{\phi}$$

- e) Hitung nilai V_{c1} dan V_{c2}

$$V_{c1} = 0,33 \sqrt{f'c} b.d$$

$$V_{c2} = 0,66 \sqrt{f'c} b.d$$

Apabila $V_s < V_{c1}$, maka proses desain dapat dilakukan ke langkah berikutnya. Namun, bila $V_s > V_{c1}$ maka ukuran penampang harus diperbesar.

- f) Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan:

$$S_1 = \frac{A_v f_{yt} d}{V_s}$$

2.5.5 Perancangan Portal

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

1. Portal Akibat Beban Mati

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang. Pembebanan pada portal, yaitu :

- a. Berat sendiri pelat
- b. Berat penggantung dan plafon
- c. Berat penutup lantai

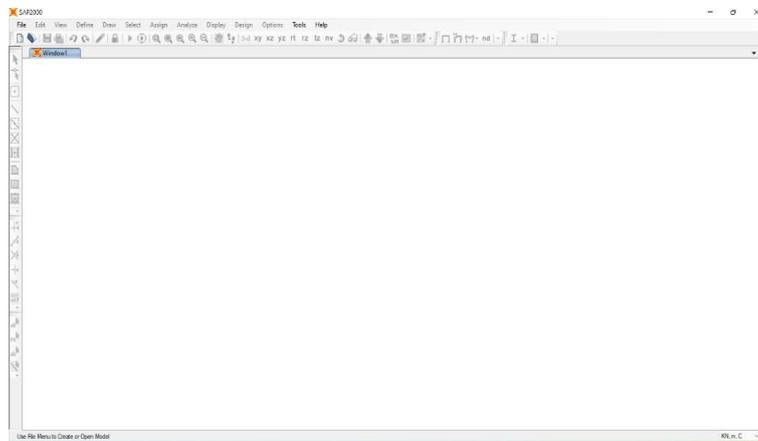
- d. Berat adukan
 - e. Berat dari pasangan dinding bata
2. Portal Akibat Beban Hidup

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

- a. Beban hidup untuk pelat lantai
- b. Beban hidup pada atap

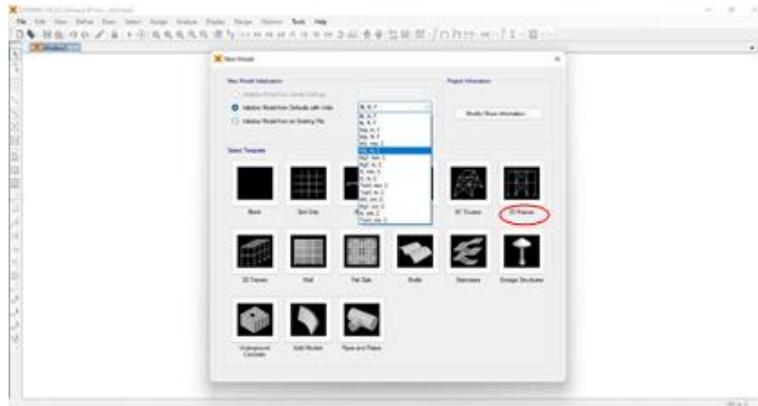
Langkah – langkah menghitung portal sebagai berikut :

1. Membuka aplikasi SAP 2000 V.14, maka akan keluar tampilan seperti pada **Gambar 2.9** berikut ini



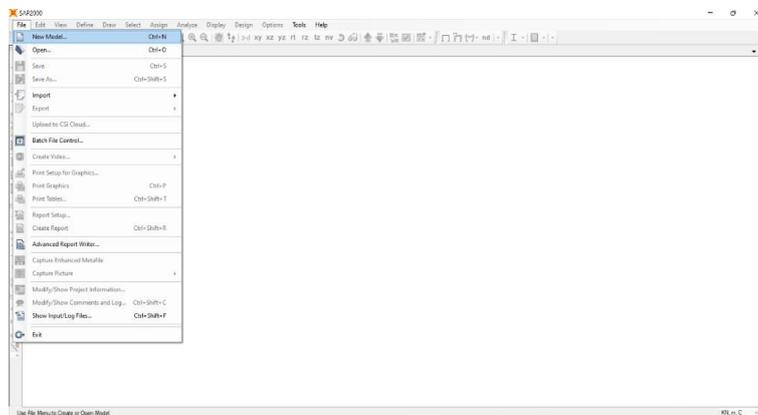
Gambar 2.9 Tampilan Awal SAP 2000 V.14
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

2. Pada menu bar, klik *file* kemudian *New model* seperti pada **Gambar 2.10** berikut ini :



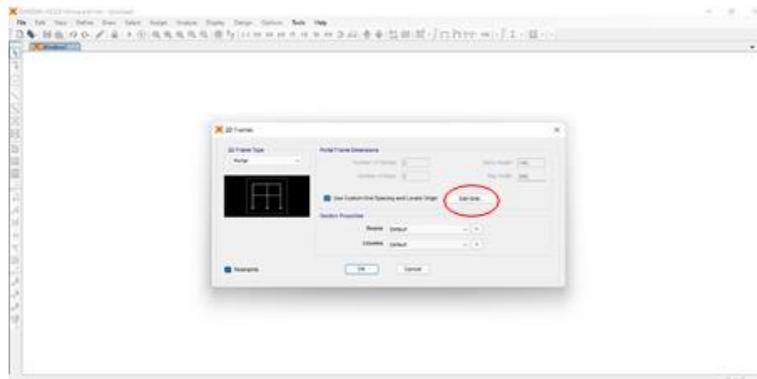
Gambar 2.10 Model Struktur Konstruksi
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

3. Kemudian akan muncul pilihan *New model*. Pilihlah satuan dalam KN, m, C dan klik model grid 2D *Frame* seperti pada **Gambar 2.11** berikut ini



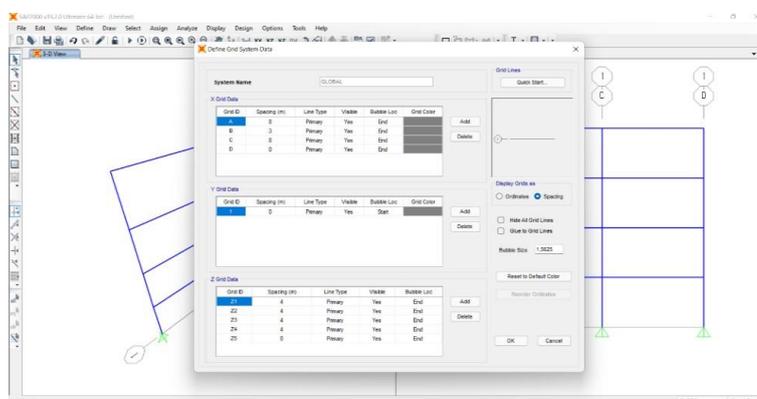
Gambar 2.11 Tampilan Membuat Struktur
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

4. Setelah memilih 2D *Frame*, akan muncul *pop up* untuk mengisi jumlah *Frame* dimensi portal. Kemudian berikan centang pada *use custom grid spacing* dan *locate origin* lalu klik edit seperti pada **Gambar 2.12** berikut ini:



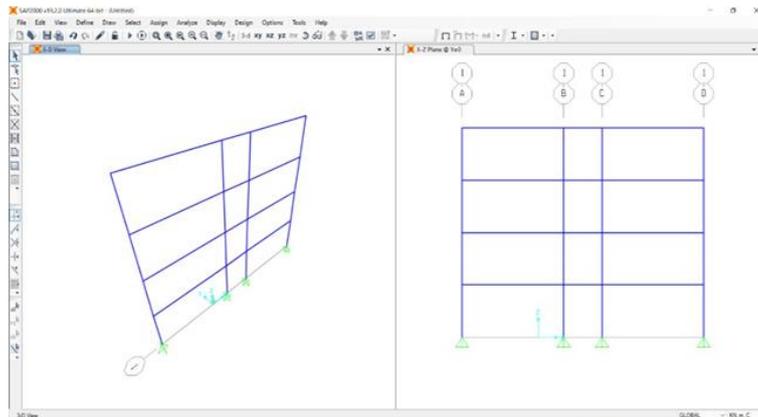
Gambar 2.12 Kotak Isian Untuk *Frame* dan Dimensi Portal
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

5. Kemudian akan muncul kotak isian *define grid system data*, isi *grid data* sesuai dengan kebutuhan untuk membuat portal, pilih *spacing* pada *display*, lalu klik ok seperti pada **Gambar 2.13** berikut ini :



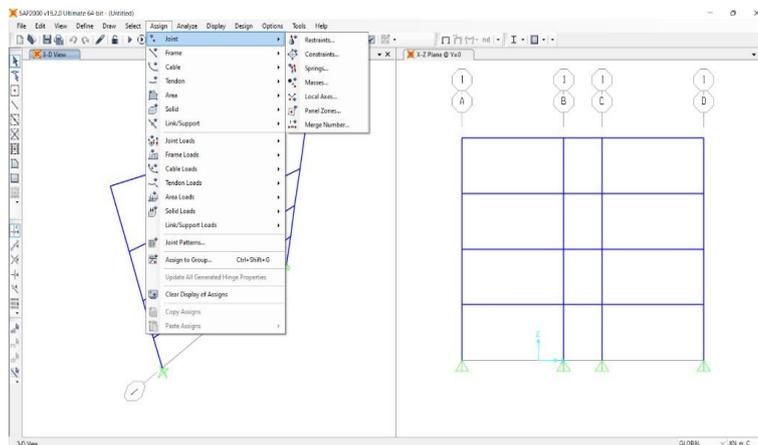
Gambar 2.13 Define Grid System Data
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

6. Tampilan akan kembali pada kotak isian untuk memilih *frame* dan dimensi portal, lalu klik ok, selanjutnya program akan secara otomatis menggambarkan frame – *frame* portal berdasarkan data yang dimasukkan seperti pada **Gambar 2.14** berikut ini :



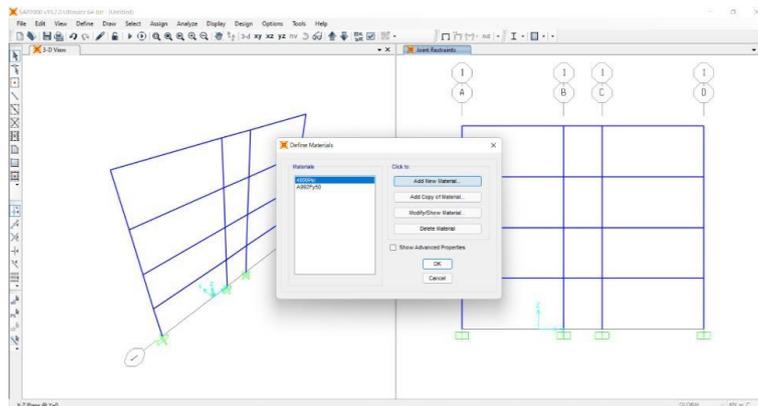
Gambar 2.14 *Frame Pada Portal*
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

7. Kemudian untuk mengubah tumpuan pada portal, terlebih dahulu blok tumpuan pada portal, lalu klik *assign > joint > restrains* seperti pada **Gambar 2.15** berikut ini :



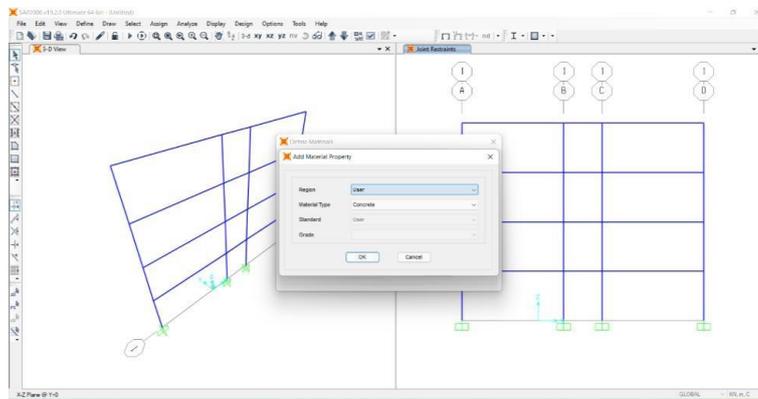
Gambar 2.15 *Tampilan Mengubah Tumpuan Portal*
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

apply, dan klik ok seperti pada **Gambar 2.16** berikut ini :



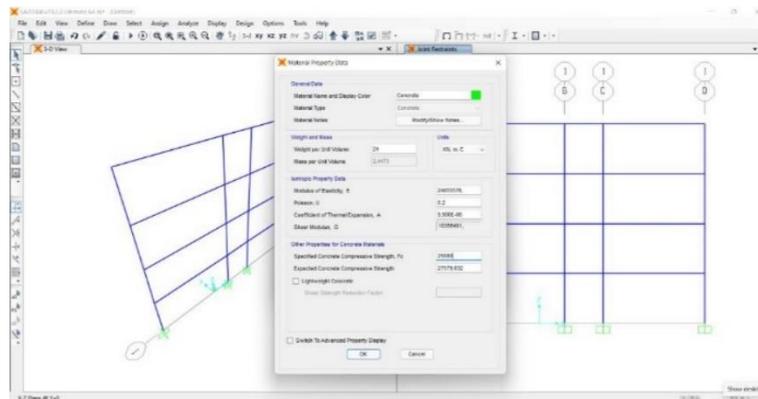
Gambar 2.18 Define Materials
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

10. Lalu pilih *region*, *material type*, dan standar sesuai bahan yang direncanakan, lalu klik ok seperti pada **Gambar 2.19** berikut ini :



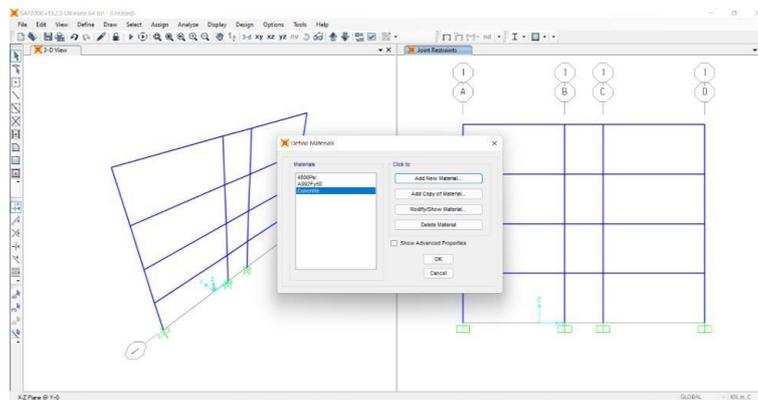
Gambar 2.19 Add Material Property
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

11. Tahap selanjutnya akan tampil *dialog material property data*, isi data sesuai dengan yang dibutuhkan, lalu klik ok seperti pada **Gambar 2.20** berikut ini:



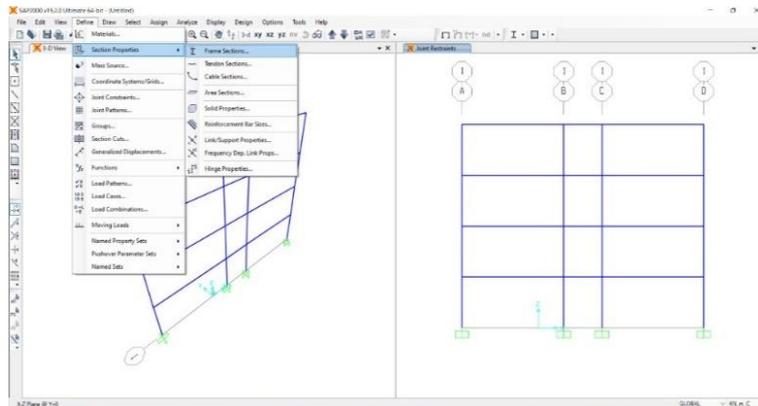
Gambar 2.20 Material Property Data
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

12. Setelah material property data tertutup, maka tampilan akan Kembali pada kotak *dialog define material*. Jika masih ingin menambahkan material lainnya klik add new material. Namun jika telah selesai klik ok seperti pada **Gambar 2.21** berikut ini :



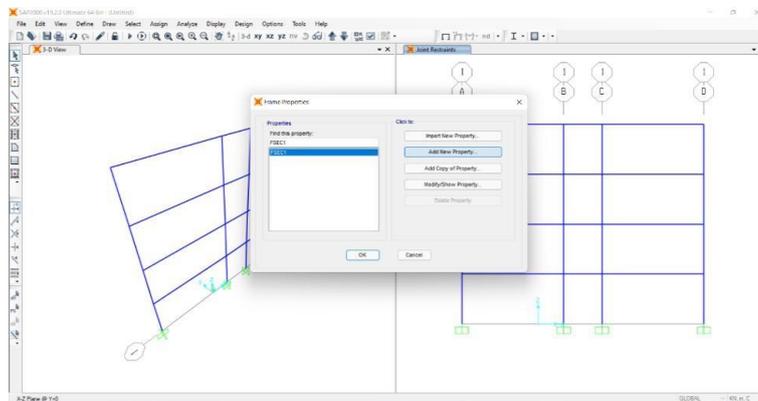
Gambar 2.21 Menyimpan Material
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

13. Selanjutnya menambahkan balok dan kolom, klik *define > section properties > frame section* seperti pada **Gambar 2.22** berikut ini :



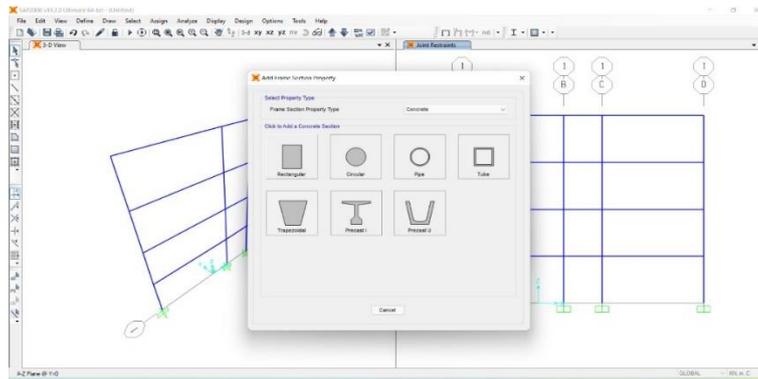
Gambar 2.22 Add Frame Section Properties
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

14. Pilihlah dan klik *add new property* untuk membuat balok atau kolom seperti pada **Gambar 2.23** berikut ini :



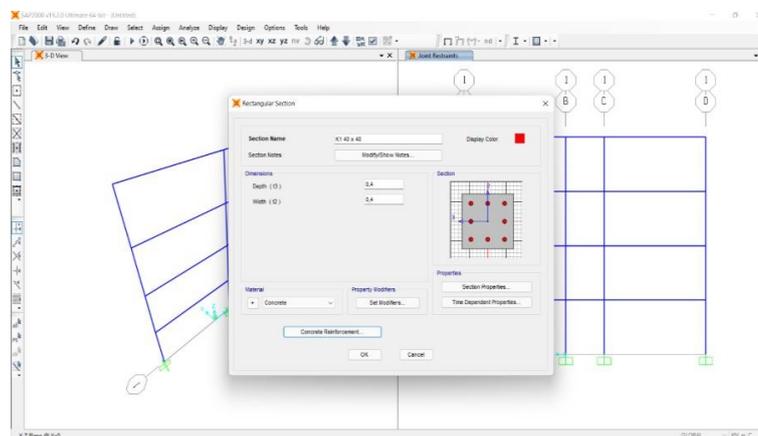
Gambar 2.23 Add New Property
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

15. Pilih *concrete* pada *frame section property type* dan klik *rectangular* seperti pada **Gambar 2.24** berikut ini :



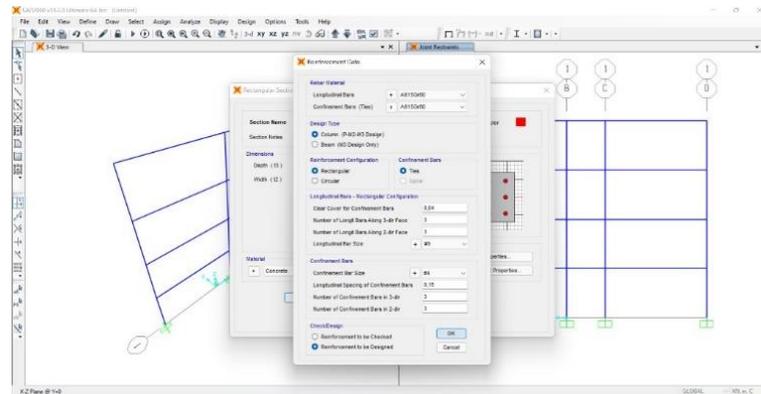
Gambar 2.24 Add Frame Section Property
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

16. Kemudian itu isilah *section name*, *dimensions* dan *material* yang direncanakan, lalu klik concrete reinforcement seperti pada **Gambar 2.25** berikut ini :



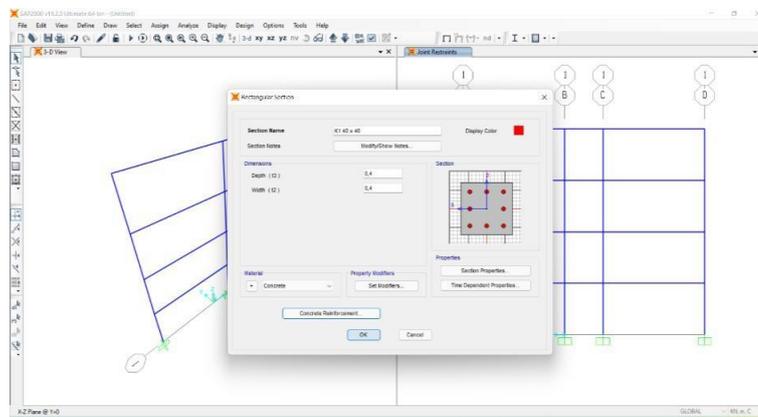
Gambar 2.25 Rectangular Section
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

17. Maka akan muncul kotak *dialog reinforcement data*, klik beam untuk membuat balok dan kolom untuk membuat kolom pada *design type* lalu klik ok seperti pada **Gambar 2.26** berikut ini :



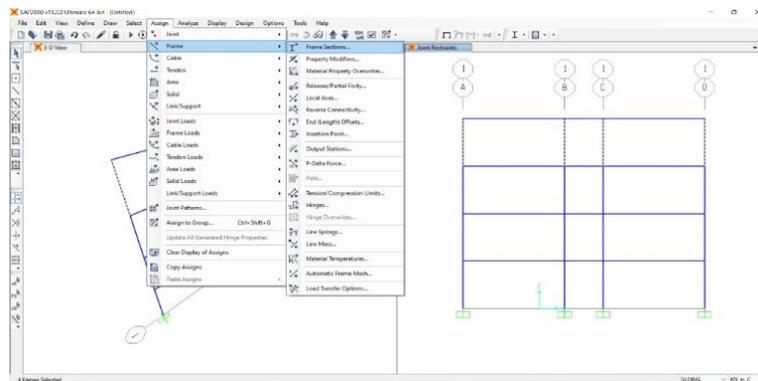
Gambar 2.26 Reinforcement Data
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

18. Setelah klik ok maka data akan menyimpan *frame property* yang telah ditambahkan seperti pada **Gambar 2.27** berikut ini :



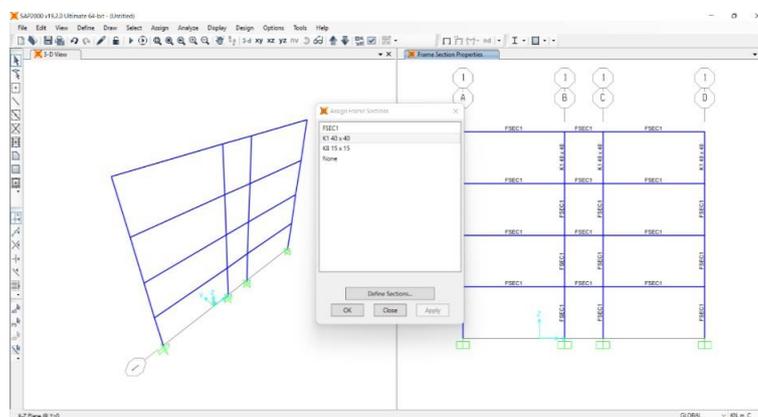
Gambar 2.27 Menyimpan Frame Properties
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

19. Ubahlah *frame properties* pada portal menjadi sesuai dengan yang direncanakan. Block balok atau kolom, lalu klik *assign > frame > section* seperti pada **Gambar 2.28** berikut ini :



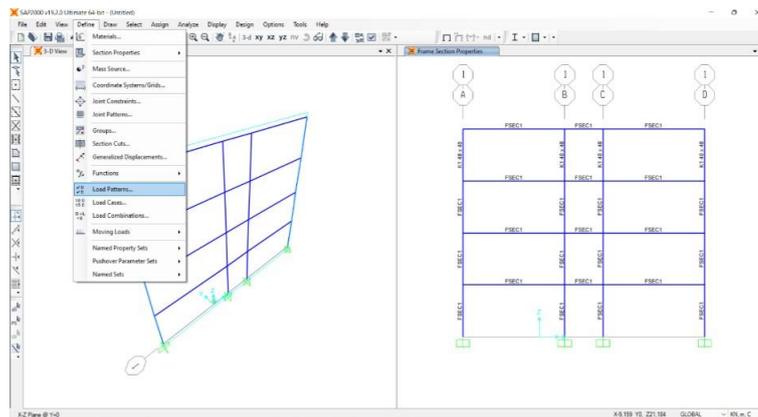
Gambar 2.28 Tampilan Mengubah Kolom dan Balok
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

20. Selanjutnya, akan menampilkan kotak *dialog assign frame sections*, pilih balok atau kolom yang akan direncanakan, klik *apply* dan klik ok seperti pada **Gambar 2.29** berikut ini :



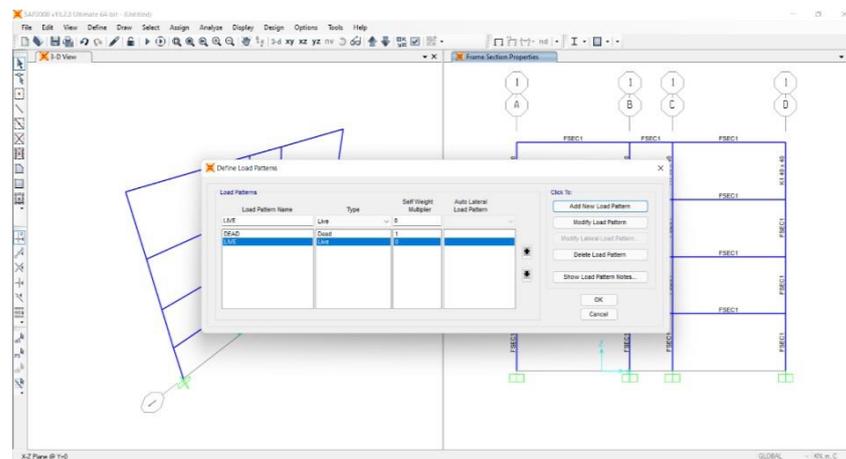
Gambar 2.29 Assign Frame Sections
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

21. Untuk menambahkan beban, klik *define > load patterns* seperti pada **Gambar 2.30** berikut ini :



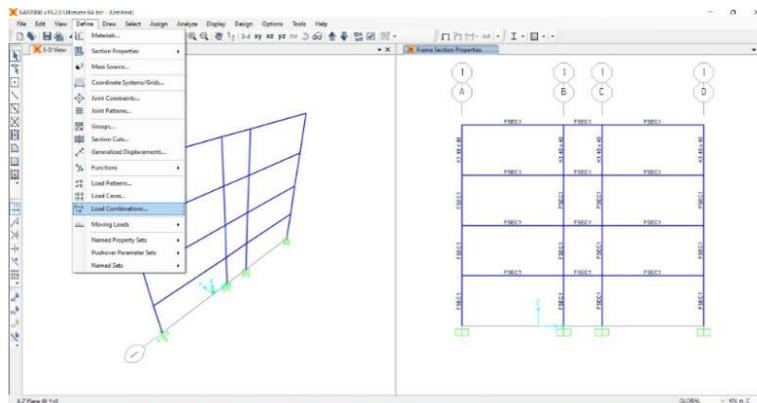
Gambar 2.30 Tampilan Menambahkan Beban
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

22. Pada kotak *dialog define load patterns*, tambahkan *load patterns*, *name*, *type*, dan *self weight multiplier*, pilih *add new load patterns*, lalu klik ok seperti pada **Gambar 2.31** berikut ini :



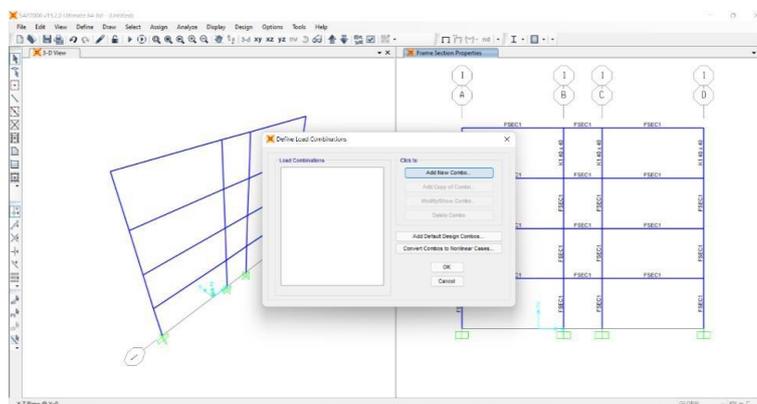
Gambar 2.31 Define Load Patterns
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

23. Penambahan beban kombinasi, klik *define > load combination* seperti pada **Gambar 2.32** berikut ini :



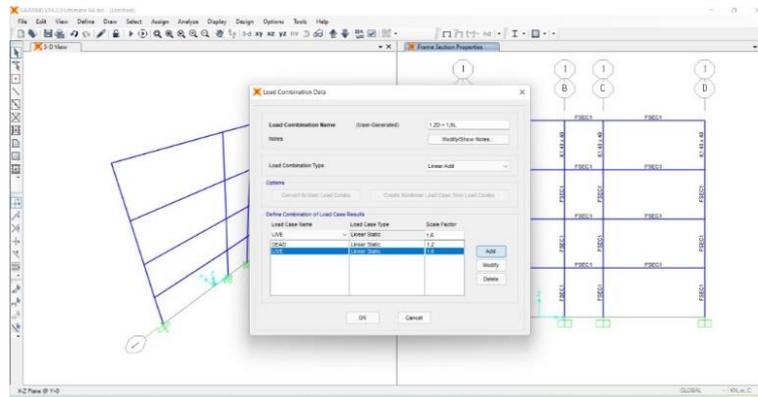
Gambar 2.32 Tampilan Menambahkan Beban Kombinasi
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

24. Kemudian akan tampil kotak dialog *define load combinations*, lalu pilih *add new combo* seperti pada **Gambar 2.33** berikut ini :



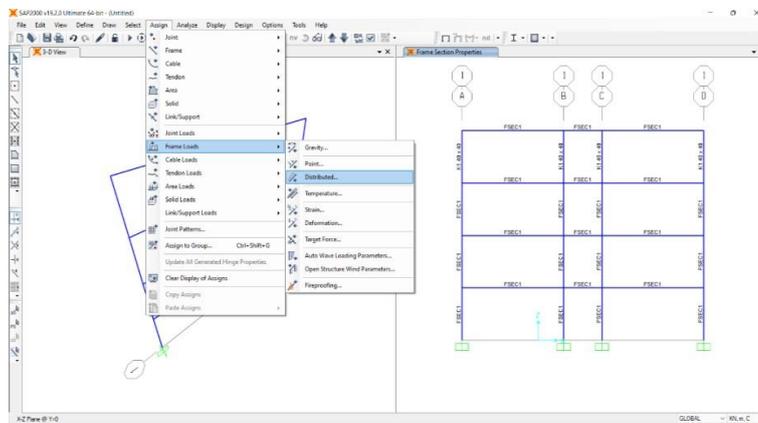
Gambar 2.33 Define Load Combinations
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

25. Pada kotak dialog *load combination data*, isilah *load combination name*, *define combination of load case results* sesuai dengan beban kombinasi yang direncanakan, klik ok seperti pada **Gambar 2.34** berikut ini :



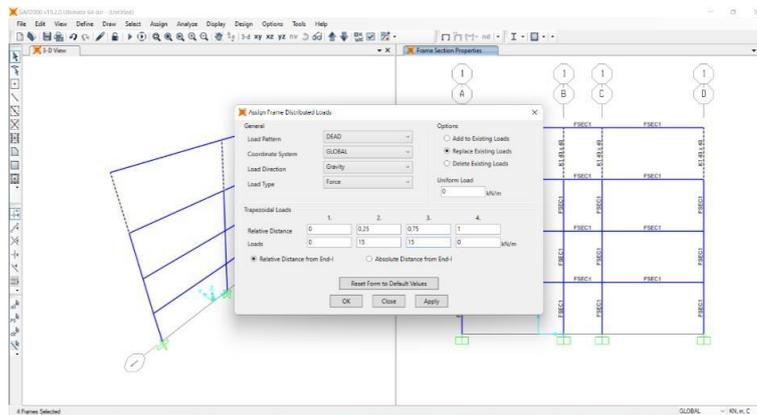
Gambar 2.34 Load Combination Data
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

26. Untuk memasukkan beban pada portal, klik *assign > frame loads > point* untuk beban terpusat, klik *assign > frame loads > distributed* untuk beban merata seperti pada **Gambar 2.35** berikut ini :



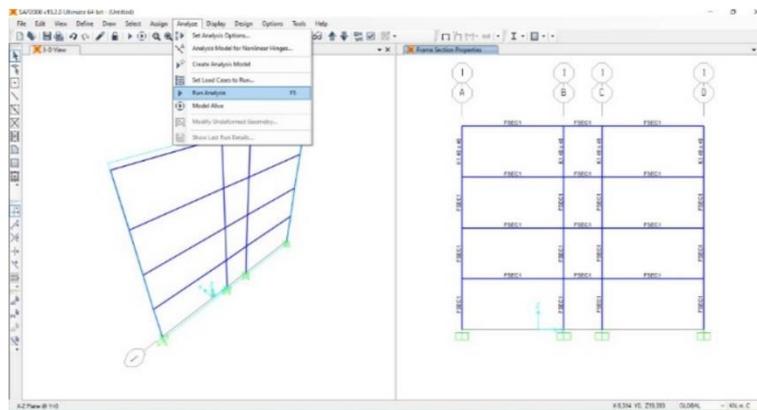
Gambar 2.35 Tampilan Menambahkan Beban pada Portal
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

27. Pilihlah jenis *load pattern* dan mengisi *load* sesuai dengan pembebanan seperti pada **Gambar 2.36** berikut ini :



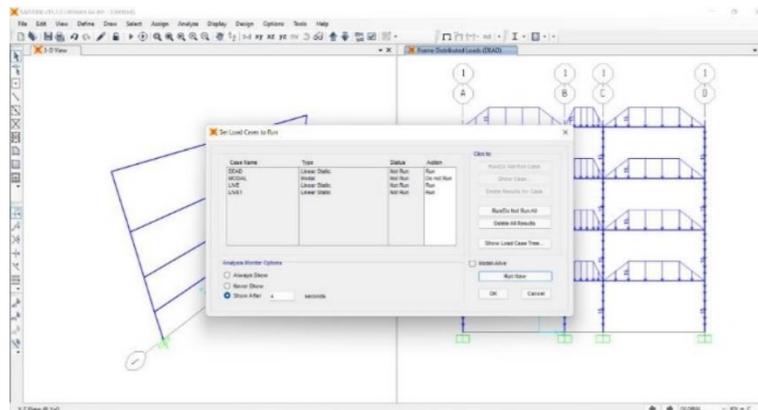
Gambar 2.36 Assign Frame Distributed Loads
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

28. Untuk menganalisis gaya yang bekerja pada portal, klik *analyze > run analysis* seperti pada **Gambar 2.37** berikut ini :



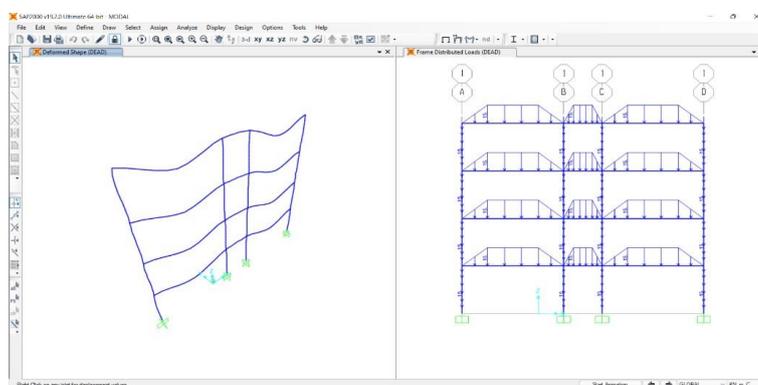
Gambar 2.37 Tampilan Menjalankan Analisis Gaya
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

29. Pada kotak dialog *set load to run*, pilihlah *case* yang akan dijalankan dengan cara mengklik *run/do not run case*, lalu klik *run now*, kemudian itu klik ok seperti pada **Gambar 2.38** berikut ini :



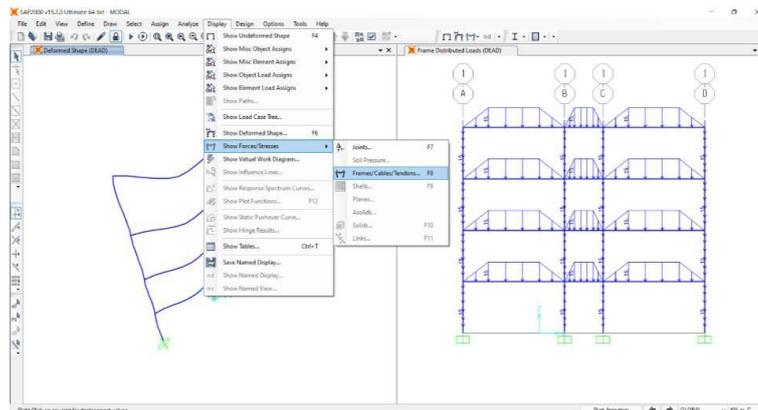
Gambar 2.38 Set Load Case to Run
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

30. Kemudian klik *run now*, maka program akan secara otomatis melakukan analisis. Portal akan terlihat seperti pada **Gambar 2.39** dibawah ini :



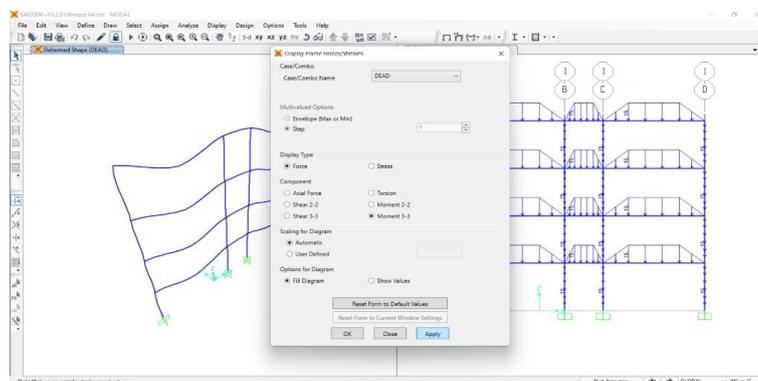
Gambar 2.39 Lendutan yang Terjadi pada Portal
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

31. Untuk mengetahui gaya hasil analisis akibat beban yang terjadi pada portal, klik *display > show force/stresse > farnes/cables/tendons* seperti pada **Gambar 2.40** berikut ini :



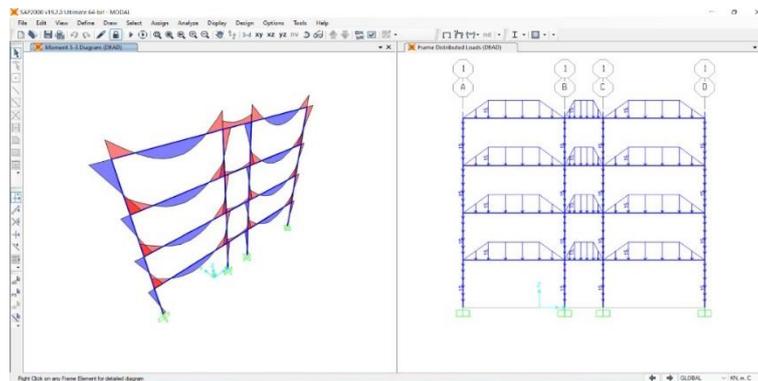
Gambar 2.40 Gaya - Gaya yang bekerja pada Portal
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

32. Setelah itu maka akan tampil kotak dialog *display frame force/stresses*, pilih *case/combo* dan *component* kemudian klik *apply*, lalu klik ok seperti pada **Gambar 2.41** berikut ini :



Gambar 2.41 Display Frame Force/Stresses
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

33. Kemudian klik kanan pada balok atau kolom yang hendak diketahui gaya – gaya yang bekerjanya seperti pada **Gambar 2.42** berikut ini :



Gambar 2.42 Diagram Gaya pada Portal
(Sumber : Aplikasi SAP 2000 V.14)

2.5.6 Perancangan Kolom

Kolom adalah salah satu komponen struktur vertikal yang secara khusus difungsikan untuk memikul beban aksial tekan (dengan atau tanpa adanya momen lentur) dan memiliki rasio tinggi/Panjang terhadap dimensi terkecilnya sebesar 3 atau lebih. Kolom memikul beban vertikal yang berasal dari pelat lantai atau atap dan menyalurkannya ke fondasi. Pada struktur fondasi bangunan gedung beton bertulang, balok, pelat dan kolom umumnya dicor secara monolit, sehingga akan menimbulkan momen lentur pada kolom akibat kondisi tumpuan ujung.

Disamping itu pada bangunan bertingkat tidak memungkinkan untuk menjamin kevertikalan kolom secara sempurna, dan akibatnya akan muncul beban yang eksentris terhadap pusat dari penampang kolom. Beban eksentris ini akan menimbulkan momen lentur. Jadi pada suatu struktur bangunan beton bertulang, sangat jarang dijumpai elemen kolom yang murni memikul beban aksial saja. (Setiawan, 2016:144).

Secara umum kolom dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori sebagai berikut :

1. Berdasarkan beban yang bekerja, kolom dapat diklasifikasikan menjadi :
 - a. Kolom dengan beban aksial
Beban kolom dianggap bekerja melalui pusat penampang kolom.
 - b. Kolom dengan beban eksentris
Beban kolom dianggap bekerja sejarak e dari pusat penampang kolom.

- c. Kolom dengan beban biaksial
Beban bekerja pada sembarang titik pada penampang kolom, sehingga menimbulkan momen terhadap sumbu x dan y secara simultan.
2. Berdasarkan panjangnya, kolom dapat dibedakan menjadi :
 - a. Kolom pendek
Jenis kolom keruntuhannya diakibatkan oleh hancurnya beton atau luluhannya tulangan baja dibawah kapasitas ultimit dari kolom tersebut.
 - b. Kolom Panjang
Jenis kolom yang dalam perencanaannya harus memperhitungkan rasio kelangsingan dan efek tekuk, sehingga kapasitasnya berkurang dibandingkan dengan kolom pendek.
 3. Berdasarkan bentuk penampang, kolom dapat berbentuk menjadi :
 - a. Bujur sangkar
 - b. Persegi Panjang
 - c. Lingkaran
 - d. Bentuk L
 - e. Segi delapan
 4. Berdasarkan jenis tulangan Sengkang yang digunakan :
 - a. Kolom dengan Sengkang Persegi
Mengikat tulangan memanjang/vertikal dari kolom, dan disusun dengan jarak tertentu sepanjang tinggi kolom.
 - b. Kolom dengan spiral
Untuk mengikat tulangan memanjang dan meningkatkan daktilitas kolom.
 5. Berdasarkan kekangan dalam arah lateral, kolom dapat dibedakan menjadi:
 - a. Dapat menjadi dari suatu portal yang dikekang terhadap goyangan.
 - b. Dapat menjadi bagian dari suatu portal bergoyang.
 6. Berdasarkan materialnya, kolom dapat berupa menjadi :
 - a. Kolom bertulangan biasa.
 - b. Kolom beton prategang.
 - c. Kolom komposit (terdiri dari beton dan profil baja).

Berikut langkah-langkah perancangan kolom, yaitu :

1. Tulangan untuk kolom dibuat penulangan simetris berdasarkan kombinasi Pu dan Mu.

2. Gaya Aksial design pada kolom

$$P_u = 1,4 D$$

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

$$P_u = 1,2 D + 1,0 L + 1,0 W$$

3. Gaya Lintang design pada kolom maksimum

$$V_u = 1,4 D$$

$$V_u = 1,2 D + 1,6 L + 1,0 W$$

(Sumber : SNI 2847:2019)

4. Momen design kolom maksimum untuk ujung atas dan ujung bawah

$$M_u = 1,4 D$$

$$M_u = 1,2 DL + 1,6 L$$

$$M_u = 1,2 DL + 1,0 LL + 1,0 W$$

(Sumber : SNI 2847 : 2019)

5. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi

$$\beta_{dns} = \frac{1,2 D}{1,2 D + 1,6 L}$$

(Sumber : SNI 2847 : 2013, 400)

6. Modulus elastisitas beton normal

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c'} \text{ (MPa)}$$

(Sumber : SNI 2847:2019, 456)

$$(El)_{eff} = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}}$$

$$(El)_{eff} = \frac{0,2 E_c I_g + E_s I_{se}}{1 + \beta_{dns}}$$

$$(El)_{eff} = \frac{E_c I}{1 + \beta_{dns}}$$

(Sumber : SNI 2847 : 2019, 107)

7. Nilai kekakuan kolom dan balok

$$I_k = \frac{1}{2} b \cdot h^3$$

$$I_b = \frac{1}{2} b \cdot h^3$$

$$I_c = 0,70 I_g \text{ (Kolom)}$$

$$I_c = 0,35 I_g \text{ (Balok)}$$

$$\frac{El}{Lc} = \frac{Ec \cdot I_g}{2,5 (1 + \beta \cdot d)} \text{ (Kolom)}$$

$$\frac{El}{Lc} = \frac{Ec \cdot I_g}{5 (1 + \beta \cdot d)} \text{ (Balok)}$$

(Sumber : SNI 2847 : 2019, 103)

8. Nilai Eksentrisitas

9. Menentukan nilai K_n dan R_n

$$K_n = \frac{P_n}{\phi \cdot F' \cdot A_g}$$

$$R_n = \frac{P_n}{F' \cdot A_g \cdot h}$$

10. Menentukan γ_a dan γ_b

$$\gamma = \frac{\sum \frac{E \cdot I_k}{I_b}}{\sum \frac{E \cdot I_b}{I_b}} \text{ (Tumpuan Jepit)}$$

$$\gamma = 10 \text{ (Tumpuan Sendi)}$$

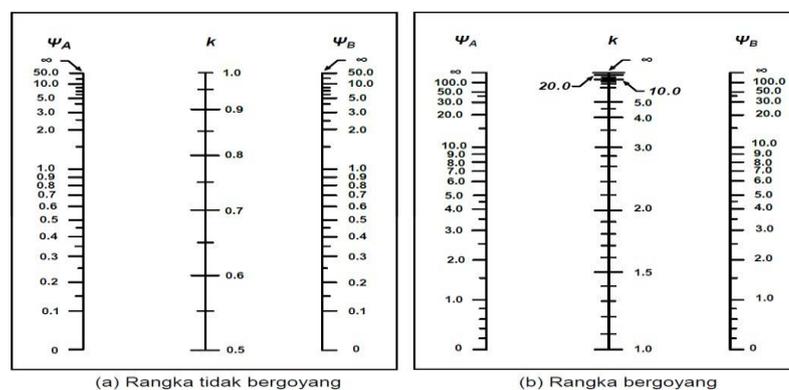
(Sumber : SNI 2847 : 2019, 308)

11. Menentukan faktor Panjang kolom (k)

Untuk nilai k didapatkan dari nomogram faktor Panjang efektif kolom.

12. Angka kelangsingan kolom

Kolom langsing dengan ketentuan (SNI 2847 : 2019, 93)



Gambar 2.43 Diagram Monogram untuk Menentukan Kelangsingan Kolom

(Sumber : Diagram Monogram)

- Angka tanpa pengaku lateral = $\frac{klu}{r} \leq 22$
- Angka pengaku lateral = $\frac{klu}{r} \leq 34 + 12(M1/M2)$ dan $\frac{klu}{r} \leq 40$

13. Faktor pembesaran kolom

$$M_c = M_{2ns} + \delta_s \times M_{2s}$$

δ_s = Faktor pembesaran ekstra pada struktur rangka tanpa pengaku

M_{2ns} = Momen kolom terbesar pada struktur rangka dengan pengaku

M_{2s} = Momen kolom terbesar pada struktur rangka tanpa pengaku

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

(Sumber : SNI 2847 : 2019, 108)

14. Desain penulangan

- a. Menghitung besar beban yang bekerja pada kolom (Pu), Nilai taksiran 1% - 3%

- b. Menghitung AStot

$$\rho = \rho' = c$$

Periksa Pu Terhadap Keruntuhan Seimbang

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

$$a_b = \beta_1 \cdot C_b$$

$$f'_c > 28 \text{ Mpa} \quad \text{dan} \quad f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f'_c - 28}{7}$$

$$\frac{\epsilon_s}{0,003} = \frac{C_b - d'}{C_b}$$

$$f_s' = \left(\frac{C_b - d'}{C_b} \right) \cdot 0,003 \leq f_y \quad (\text{tulangan tekan sudah luluh})$$

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

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$C_s = A_s' (f' - 0,85 \cdot f_c)$$

$$P_b = C_c + C_s - T$$

Nilai eksentrisitas pada kondisi seimbang dari

$$e_b = \frac{M_b}{P_b} \quad \text{atau} \quad e = \frac{2}{3} d$$

(Sumber : SNI 2847 : 2019, 161)

Ketentuan Keruntuhan

- Apabila $e > e_b$ maka terjadi keruntuhan tarik
- Apabila $e < e_b$ maka terjadi keruntuhan tekan

$$P_{n2} = \frac{1}{e'} \left[C_c \left(d - \frac{1}{2} \right) + C_s (d - d') \right]$$

(Sumber : SNI 2847 : 2019, 109)

2.5.7 Perancangan *Sloof*

Sloof merupakan salah satu struktur bawah suatu bangunan yang berfungsi menerima beban dinding di atasnya dan sebagai pengikat antar fondasi.

Langkah-langkah perhitungan dalam merancang *sloof* sebagai berikut:

1. Menentukan dimensi *sloof*, mutu beton dan mutu baja yang akan digunakan.
2. Menghitung pembebanan pada *sloof* untuk kemudian diproses menggunakan program SAP 2000 V.14 untuk mendapatkan gaya dalamnya.
 - a. Berat sendiri *sloof*
 - b. Berat dinding dan plesteran

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

$$U = 1,2D$$

Keterangan :

U = Beban terfaktor per unit panjang balok

D = Beban mati

3. Melakukan perhitungan tulangan lentur lapangan dan tumpuan
 - a. Tentukan d_{eff}

$$d_{\text{eff}} = h - \rho - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan}$$
 - b. K

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

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

Dengan:

A_s = luas tulangan tarik non-prategang

- Pilih tulangan dengan dasar A_s terpasang $\geq A_s$ rencana. Apabila $M_R < M_u$ balok akan berperilaku sebagai balok T murni.
- Penulangan lentur pada tumpuan

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \text{ didapat nilai } \rho \text{ dari table}$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \text{ (Gideon hal.54)}$$

- Pilih tulangan dengan dasar A_s terpasang $\geq A_s$ rencana

Keterangan:

A_s = Luas tulangan tarik non-prategang

ρ = Rasio penulangan tarik non-prategang

b_{eff} = Lebar efektif balok

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

4. Tulangan geser rencana

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{c} \right) \cdot b_w \cdot d$$

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

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$V_n = V_c + V_s$$

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

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

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

2.5.8 Perancangan Fondasi

Fondasi didefinisikan sebagai bagian dari struktur bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi untuk menyalurkan beban-beban yang diterima dari struktur atas ke lapisan tanah. Proses desain struktur fondasi memerlukan analisis yang cukup lengkap, meliputi kondisi jenis struktur atas, beban-beban kerja pada struktur, profil dari lapisan tanah bangunan struktur tersebut berada, serta kemungkinan terjadinya penurunan (*settlement*) (Setiawan, 2016).

Ada dua kriteria yang harus dipenuhi oleh fondasi, yaitu:

1. Mampu menahan bangunan di atasnya tanpa menimbulkan kegagalan konstruksi.
2. Beban yang diteruskan oleh fondasi ke tanah tidak boleh melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan.

Kriteria-kriteria di atas adalah kriteria khas *substructure* dan tidak terdapat pada bagian *superstructure*. Di samping diperlukannya penguasaan dari gaya-gaya yang bekerja pada fondasi, diperlukan juga pengenalan dan penguasaan akan sifat-sifat tanah. Oleh karena itu, pemilihan jenis fondasi merupakan salah satu tahap penting dalam perencanaan sebuah bangunan. Sehingga fondasi harus direncanakan sedemikian rupa agar kuat, stabil, dan aman agar tidak terjadi kegagalan konstruksi.

Adapun langkah-langkah perhitungan fondasi tiang pancang dan *pilecap* adalah sebagai berikut:

1. Menentukan daya dukung izin tanah melalui perhitungan dengan berdasarkan data-data yang ada sebagai berikut:
 - a. Berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang

$$Q_{\text{tiang}} = 0,3 \times f^c \times A_{\text{tiang}}$$

- b. Berdasarkan ketahanan tanah

$$Q_{\text{ultimit}} = 40 N \cdot A_b + \frac{\bar{N} \cdot A_s}{5} \quad \text{dan} \quad Q_{\text{izin}} = \frac{Q_{\text{ultimit}}}{F}$$

Keterangan :

N = nilai SPT pada ujung tiang

\bar{N} = rata-rata nilai SPT sepanjang tiang

A_b = luas penampang ujung tiang (m^2)

A_s = luas kulit/selimut tiang (m^2)

F = faktor keamanan daya dukung = 1,5 - 3

c. Daya dukung izin tiang

$$Q_{izin} = \frac{qc \cdot A_b}{F_b} + \frac{JHP \cdot O}{FS}$$

2. Menentukan jumlah tiang pancang

$$N = \frac{P_{total}}{Q}$$

3. Menentukan jarak antar tiang

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

$$S = 2,5D - 3D$$

Keterangan :

S = Jarak antar tiang

D = Ukuran *pile* (tiang)

4. Menentukan efisiensi dan daya dukung kelompok tiang

$$E_g = 1 - \frac{\theta}{90} \left\{ \frac{(n-1)m + (m-1)}{m \cdot n} \right\}$$

$Q_{izin \text{ Grup}}$ = $E_g \cdot Q_{izin} \cdot n$ (Daya dukung kelompok tiang)

5. Menentukan kemampuan tiang pancang terhadap sumbu x dan sumbu y

$$P_{max} = \frac{\sum v}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_{max}^*}{n y \sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_{max}}{n x \sum y^2}$$

Keterangan :

P = Beban yang diterima oleh tiang pancang

$\sum V$ = Jumlah total beban

N = Banyak tiang pancang dalam kelompok tiang (*pile group*)

Kontrol Kemampuan Tiang Pancang :

$$P_{izin} = \frac{P}{n}$$

$$P_{izin} < P$$

6. Perhitungan *pile cap*

Pile cap biasanya terbuat dari beton bertulang yang berfungsi untuk mengikat tiang-tiang pancang menjadi satu kesatuan dan memindahkan

beban kolom kepada tiang. Adapun langkah-langkah perencanaan *pile cap* adalah sebagai berikut:

a. Kontrol kekuatan geser secara kelompok

Untuk menghitung tulangan geser *pile cap* ditinjau dengan 2 cara, yaitu aksi dua arah dan aksi satu arah.

$$1) V_u = \frac{P_u}{\text{Jumlah Tiang}}$$

2) kuat geser pons dua arah untuk beton yang ditentukan dari nilai terkecil antara:

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} b_0 d$$

$$V_{c2} = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_0} + 2\right) \lambda \sqrt{f'c} b_0 d$$

$$V_{c3} = 0,33 \lambda \sqrt{f'c} b_0 d$$

Dengan faktor reduksi (ϕV_n) = 0,75 $V_n > V_u$ (OKE)

b. Perhitungan Tulangan *Pile Cap*

$$M_u = 2 \cdot V_u \cdot x$$

Dengan x adalah Jarak as tiang pancang ke tepi kolom

$$\rho = \frac{f'c}{f_y} \left(0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot M_u}{\phi \cdot f'c \cdot b \cdot def f^2}}\right)$$

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

(ambil yang terbesar)

$$A_s = \rho \cdot b \cdot h$$

Jarak Tulangan :

$$S = \frac{\frac{1}{4} \pi \cdot D^2}{A_s} \times bw$$

2.6 Manajemen Proyek

2.6.1 Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS)

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

nantinya. RKS biasanya diberikan bersamaan dengan gambar yang semuanya menjelaskan mengenai proyek yang akan dilaksanakan. Umumnya isi dari RKS terdiri dari tiga bagian yaitu umum, administrasi dan teknis.

1. Syarat Umum
 - a. Mengenai pemberi tugas atau pemilik proyek
 - b. bBentuk surat penawaran dan cara penyampaiannya
 - c. Syarat-syarat peserta lelang
 - d. Keterangan mengenai perencanaan (Desain)
2. Syarat Teknis
 - a. Jenis mutu dan bahan yang digunakan
 - b. Jenis dan uraian pekerjaan yang harus dilakukan
 - c. Cara pelaksanaan pekerjaan
 - d. *Merk* material atau bahan yang digunakan
3. Syarat Administrasi
 - a. Jangka waktu pelaksanaan pekerjaan
 - b. Syarat pembayaran
 - c. Tanggal dan waktu penyerahan
 - d. Denda atas keterlambatan
 - e. Besar jaminan penawaran
 - f. Besar jaminan pelaksanaan

2.6.2 Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan merupakan 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 Pekerjaan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan biaya – biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan – pekerjaan yang ada dalam suatu

proyek. Guna dari harga satuan ini agar kita dapat mengetahui harga – harga satuan dari tiap – tiap pekerjaan yang ada. Dari harga – harga yang terdapat dalam analisa harga satuan ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari hasil perkalian dengan volume pekerjaan. Dalam manajemen proyek analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

Analisa harga satuan terdiri dari harga bahan yang didapat dipasaran lalu dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan dan upah tenaga kerja yang dapat dilokasi, dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar dinamakan daftar harga satuan upah. Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja disetiap daerah berbeda-beda. Jadi dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu bangunan atau proyek harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja dipasaran dan lokasi pekerjaan.

2.6.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya – biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. Tujuan dari penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah untuk memberikan gambaran yang pasti mengenai besarnya biaya pelaksanaan atau penyelesaian.

Prosedur dalam penyusunan rencana anggaran biaya yaitu :

1. Melakukan pengumpulan data tentang jenis, harga serta kemampuan pasar menyediakan bahan/material konstruksi secara kontinu.
2. Melakukan pengumpulan data tentang upah pekerja yang berlaku di daerah lokasi proyek dan atau upah pada umumnya jika pekerja didatangkan dari luar daerah lokasi proyek.
3. Melakukan perhitungan analisa bahan dan upah dengan menggunakan analisa yang diyakini baik oleh si pembuat anggaran.
4. Melakukan perhitungan harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan.
5. Membuat rekapitulasi data – data.

2.6.5 Rencana Pelaksanaan

Rencana pelaksanaan pada proyek konstruksi dapat dibuat dalam berbagai macam bentuk, yaitu antara lain :

1. *Network Planning* (NWP)

Network planning merupakan suatu pengendalian pekerjaan di lapangan yang di tandai dengan simbol – simbol tertentu berupa urutan pekerjaan dalam suatu proyek yang berfungsi untuk melancarkan pekerjaan. *Network planning* juga disebut jadwal kegiatan pekerjaan yang berbentuk diagram *network* sehingga dapat diketahui pada area mana pekerjaan yang termasuk ke dalam lintasan kritis dan harus diutamakan pelaksanaannya.

Manfaat – manfaat dari *Network planning* adalah sebagai berikut :

- a) Mengatur jalannya proyek.
- b) Mengetahui pekerjaan mana yang harus didahulukan dan dapat diselesaikan tepat waktu.
- c) Mengetahui apakah suatu kegiatan tergantung atau tidak dengan kegiatan lainnya
- d) Sebagai rekayasa *value engineering* sehingga dapat ditentukan metode kerja termurah dengan kualitas terbaik.
- e) sebagai persyaratan dokumen tender lelang proyek.

Adapun beberapa tanda atau simbol – simbol yang digunakan pada *Network planning* yaitu :

a) Anak panah (*Arrow*), Kegiatan (*Activity*) dan *Job*

Anak panah ini menunjukkan bahwa hubungan antara kegiatan, demikian juga dicantumkan durasi. Sebuah anak panah mewakili suatu kegiatan. Awal busur dinyatakan sebagai permulaan kegiatan dan mata panah menunjukkan sebagai akhir kegiatan.



Gambar 2.44 Anak Panah (*Arrow*)

(Sumber : *Slide Share*)

b) Anak panah berwarna merah (*Red Arrow*)

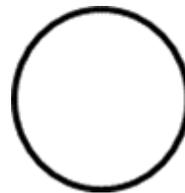
Anak panah berwarna merah merupakan kegiatan pada lintasan kritis. Kegiatan ini harus segera diselesaikan terlebih dahulu agar tidak terjadi keterlambatan dalam kegiatan yang telah direncanakan.



Gambar 2.45 Anak Panah Berwarna Merah (*Red Arrow*)
(Sumber : *Slide Share*)

c) Lingkaran kecil (*Node*), Kejadian/Peristiwa (*Even*)

Lingkaran kecil merupakan awal atau ujung dari pertemuan satu atau lebih kegiatan – kegiatan (anak panah). Node dapat diberi nomor urut.



Gambar 2.46 Lingkaran Kecil (*Node*)
(Sumber : *Slide Share*)

d) Anak panah terputus – putus: Kegiatan semu (*Dummy*)

Perbedaan dengan kegiatan biasa, *dummy* tidak menggunakan durasi (nol) dan tidak menggunakan sumber daya. *Dummy* hanya berfungsi sebagai penghubung antar kegiatan.



Gambar 2.47 Anak Panah Terputus – Putus (*Dummy*)
(Sumber : *Slide Share*)

2. *Barchat*

Barchat adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal dan kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai

dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat secara jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang.

Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah – langkah sebagai berikut :

- Daftar item kegiatan, yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
- Urutan pekerjaan, dari daftar item kegiatan tersebut disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.
- Waktu pelaksanaan pekerjaan adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir.

No.	Kegiatan	Durasi		Minggu																										
		Hari	Minggu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
1	A1. Direksi keet	1		■																										
2	A2. Pengukuran	2			■	■																								
3	A3. Mobilisasi	2					■	■																						
4	B11. Pembuatan Casson	7							■	■	■	■	■	■																
5	B12. Pemasangan Casson	8													■	■	■	■	■	■	■									
6	B21. Pembuatan pelat demaga	10								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■										
7	B22. Pemasangan pelat demaga	10																				■	■	■	■	■	■	■	■	■
8	C1. Pemasangan Fender	1																												■
9	C2. Pemasangan Etiland	1																												■

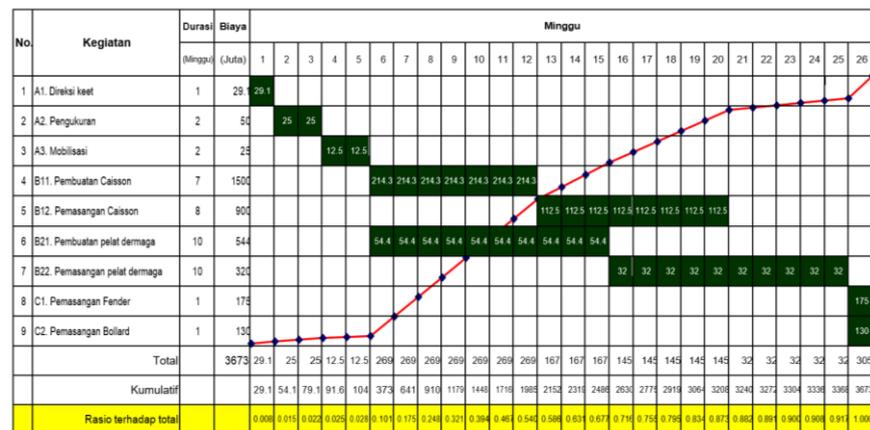
Gambar 2.48 Tabel *Barchat*
(Sumber : Slide Share)

3. Kurva S

Kurva “S” merupakan hasil plot dari barchat bertujuan untuk mempermudah untuk memahami kegiatan – kegiatan masuk dalam suatu jangka waktu pengamatan progress pelaksanaan proyek. Kurva S dapat menunjukkan kemampuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Dengan kurva S ini dapat mengetahui progress pada setiap waktu. Progress tersebut dapat berupa rencana dan pelaksanaan. Untuk setiap

barchat yang dilengkapi dengan progress dapat dibuat kurva s. Bentuk kurva s biasanya mempunyai kemiringan yang landai pada setiap permulaan dan tahap akhir dari pelaksanaan proyek.

Kurva s diperlukan untuk menggambarkan progress pada momen tertentu. Rencana progress yang dibuat dalam kurva s merupakan referensi/kesepakatan dari semua pihak atas progress yang dihasilkan oleh kontraktor pada setiap momen waktu tertentu. Bila kurva dari rencana progress dan rencana dibandingkan maka akan dapat diketahui secara visual besarnya kecenderungan dari penyimpangan terjadi, apakah pelaksanaan lebih cepat atau lebih lambat dari rencana yang disepakati. Dengan mengetahui hal ini tentu dapat dimulai tindakan – tindakan koreksi sehingga pekerjaan dapat dilakukan sesuai dengan yang dikehendaki atau rencana.



Gambar 2.49 Kurva S
(Sumber : Slide Share)