

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Uraian Umum

Konstruksi suatu bangunan adalah suatu kesatuan dan rangkaian dari beberapa elemen (struktur bangunan) yang direncanakan sedemikian rupa agar mampu menerima beban luar maupun dari dalam yang berupa berat sendiri tanpa mengalami perubahan bentuk yang melampaui batas persyaratan yang menjadi kerangka bangunan yang menopang semua beban yang diterima oleh bangunan tersebut. Bagian struktur bangunan tersebut mulai dari pondasi, balok, kerangka, pelengkung, dinding dan lain-lainnya.

Perancangan adalah suatu kegiatan yang sangat penting sebelum dilakukannya pelaksanaan proyek. Kesalahan dalam perancangan dapat mengakibatkan terjadinya kegagalan dalam suatu proyek. Perancangan yang baik dan matang dilakukan guna menghasilkan konstruksi yang baik dan aman, menghemat waktu dan tenaga dalam pengerjaannya, serta mengurangi kerugian akibat kegagalan. Ada tiga aspek yang harus diperhatikan perencana dalam melakukan analisis struktur yakni beban, kekuatan bahan dan keamanan.

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

a) Kuat (kokoh)

Struktur gedung harus dirancang kekuatan batasnya terhadap pembebanan. Kekuatan dan kestabilan struktur memiliki hubungan erat dengan kemampuan struktur dalam menahan beban-beban yang bekerja, baik beban arah vertikal dan horizontal. Kestabilan struktur adalah keadaan seimbang dari struktur setelah menerima beban-beban tersebut.

b) Ekonomis

Struktur yang dirancang harus mampu memikul beban yang akan bekerja pada suatu bangunan tersebut secara aman tanpa adanya kelebihan tegangan atau deformasi yang melampaui batas izin. Tetapi dalam perancangan juga harus memperhatikan segi ekonomi dan harus memperhatikan kondisi yang memungkinkan terjadinya keamanan dan kenyamanan dalam pelaksanaannya. Setiap konstruksi yang dibangun harus semurah mungkin dan disesuaikan dengan biaya yang ada tanpa mengurangi mutu dan kekuatan bangunan.

c) Artistik (Estetika)

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

Cara atau metode konstruksi tidak lepas dari penggunaan teknologi sebagai pendukung dan mempercepat proses pembuatan suatu bangunan, agar kegiatan pembangunan dapat berjalan sebagaimana mestinya sesuai dengan yang diharapkan dan lebih ekonomis dalam biaya pemakaian bahan. Dalam perancangan suatu bangunan gedung diperlukan beberapa teori mengenai perhitungan analisa struktur yang berpedoman pada peraturan yang berlaku di Indonesia (SNI).

2.2. Ruang Lingkup Perencanaan

Ruang Lingkup dari perancangan pembangunan Gedung Pusat Administrasi dan Pelayanan Medis RSUD Talang Ubi Kabupaten Pali ini meliputi beberapa tahapan, antara lain sebagai berikut:

2.2.1. Tahapan Perencanaan (Desain) Konstruksi

Perancangan dapat didefinisikan sebagai sebuah langkah untuk menyusun, mengatur, atau mengorganisasikan suatu hal atau topik sehingga menghasilkan *output* (hasil) yang sesuai dengan rencana. Selain itu perancangan bukanlah masalah kira-kira, manipulasi atau teoritis tanpa fakta atau data yang kongkrit melainkan persiapan perancangan harus dinilai. Maka dari itu perancangan menjadi sangat penting sebelum dilaksanakannya suatu proyek. Survei dan penyelidikan

tanah merupakan tahap awal dari perancangan. Perancangan Gedung bertingkat ataupun konstruksi lainnya harus dipikirkan dengan matang karena menyangkut investasi dana yang jumlahnya yang banyak. Perancangan bangunan rumah maupun gedung perlu memperhatikan kriteria–kriteria perancangan, agar aman dan nyaman untuk dihuni maupun indah dipandang. Kriteria perancangan konstruksi bangunan antara lain teknis, ekonomis, fungsional, estetika, ketentuan standar.

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

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

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

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

2. Tahap Perancangan

Tahap Perancangan terdiri dari perancangan gambar bentuk arsitek bangunan dan perencanaan konstruksi bangunan.

- a. Perancangan bentuk arsitek bangunan

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

- b. Perancangan konstruksi bangunan

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

Struktur bangunan gedung terdiri dari struktur atas dan bawah. Struktur atas adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang berada di atas muka tanah. Struktur bawah adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang terletak di bawah muka tanah, yang dapat terdiri dari struktur besmen, dan/atau struktur fondasinya.[1] Namun ada juga yang menyebutkan 3 bagian struktur bangunan yaitu, (*upper structure*), struktur bangunan tengah (*mid structure*), dan struktur bangunan bawah (*sub structure*) :

A. Struktur Bangunan Atas/ superstruktur (*Upper Structure*)

Struktur atas suatu gedung adalah seluruh bagian struktur gedung yang berada di atas muka tanah[1]. Struktur atas ini terdiri atas atap, pelat lantai, tangga, portal, balok, dan kolom yang masing-masing mempunyai peran yang sangat penting. Struktur bangunan atas harus sanggup mewujudkan perencanaan estetika dari segi arsitektur dan harus mampu menjamin mutu baik dari segi struktur yaitu keamanan maupun kenyamanan bagi penggunaannya. Untuk bagian struktur yang paling atas berfungsi sebagai penopang atap yang berbentuk memanjang ke atas. Contohnya seperti pondasi, kerangka dan lain-lain. Untuk itu, bahan bangunan yang nantinya akan digunakan sebagai bahan dasar dari konstruksi hendaknya memenuhi kriteria sebagai berikut:

- 1) Tahan api
- 2) Kuat
- 3) Mudah diperoleh, dalam arti tidak memerlukan biaya mobilisasi bahan yang demikian tinggi
- 4) Awet untuk jangka waktu pemakaian yang lama
- 5) Ekonomis, dengan perawatan yang relatif mudah

Adapun struktur atas pada suatu bangunan yaitu: struktur atap, struktur pelat lantai, struktur tangga, balok, serta kolom.

B. Struktur bangunan bawah (*Substruktur/ Lower Structure*)

Struktur bangunan bawah merupakan sistem pendukung bangunan yang menerima beban struktur atas, untuk diteruskan ke tanah dibawahnya. Adapun struktur bawah pada suatu bangunan yaitu struktur sloof dan pondasi bangunan itu sendiri. (Gideon dan Takim,1993). Struktur bawah adalah bagian-bagian bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah. Adapun struktur bawah pada suatu bangunan yaitu sloof, *basement*, dan pondasi

2.2.2. Dasar Dasar Perhitungan

Dalam perhitungan untuk Perencanaan Pembangunan Gedung Pusat Pelayanan Kesehatan Rumah Sakit Umum Daerah Talang Ubi Kabupaten Pali, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang dibuat oleh Badan Standardisasi yang berlaku di Indonesia, dan dari berbagai jenis buku dan jurnal, di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Persyaratan Beton struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (Berdasarkan SNI 03-2847-2019) oleh Badan Standardisasi Nasional, sebagai acuan perhitungan dalam melakukan perencanaan dan pelaksanaan struktur beton bertulang dengan ketentuan minimum agar hasil aman dan ekonomis.
2. Panduan Desain Sederhana Untuk Bangunan Beton Bertulang (ACI 314-16, MOD) (SNI 8900-2020).
3. Baja Tulangan Beton (SNI 2052-2017) oleh Badan Standarisasi Nasional.
4. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 03-1727-2020) oleh Badan Standardisasi Nasional.
5. Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (berdasarkan SNI 03-1729-2020) oleh Badan Standardisasi Nasional, sebagai pedoman dalam menghitung konstruksi baja khususnya untuk perhitungan atap baja.
6. Peraturan Australia (HB 212-2002) *Design Wind Speed for The Asia-Pacific Region* oleh John Holmes and Richard Weller.

Dalam menyelesaikan perhitungan struktur gedung ini penulis menambahkan sumber-sumber referensi dari buku dan beberapa cara lain yaitu:

- a. Untuk perhitungan portal akibat beban mati, beban hidup dan beban kombinasi menggunakan metode program SAP 2000 v14.
- b. Handbook Analisa dan Desain Struktur Baja Berdasarkan SNI 1727-2020 oleh Yudha Lesmana. Penerbit Nas Media Pustaka.
- c. Handbook Desain Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2019 oleh Yudha Lesmana. Penerbit Nas Media Pustaka
- d. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD Berdasarkan SNI 03-1729-2002 oleh Agus Setiawan. Penerbit Erlangga.
- e. Perencanaan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-2847-2013 oleh Agus Setiawan. Penerbit Erlangga.
- f. Manajemen Proyek Konstruksi oleh Wulfram I Ervianto, Penerbit ANDI Yogyakarta
- g. Analisa dan Desain Pondasi oleh Joseph E. Bowles, Penerbit Erlangga.

Beban-beban yang bekerja pada struktur seperti beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), beban gempa (*earthquake*), dan beban angin (*wind load*), beban hujan, kombinasi beban menjadi bahan perhitungan awal dalam perencanaan struktur untuk mendapatkan besar dan arah gaya-gaya yang bekerja pada setiap komponen struktur, kemudian dapat dilakukan analisis struktur untuk mengetahui besarnya kapasitas penampang dan tulangan yang dibutuhkan oleh masing-masing struktur (Gideon dan Takim, 1993). Suatu konstruksi bangunan gedung harus dirancang agar mampu memenuhi nilai kekuatan terhadap pembebanan yang bekerja pada konstruksi gedung tersebut.

Berdasarkan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung Tahun 1989, jenis pembebanan antara lain sebagai berikut:

1. Beban Mati (Beban Tetap)

Beban mati ialah beban gravitasi yang berasal dari berat semua komponen gedung atau bangunan yang bersifat permanen selama masa layan struktur tersebut,

termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian penyelesaian, mesin mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu. Yang termasuk dalam beban mati adalah berat rangka, dinding, lantai, atap, plumbing, dll. Dalam mendesain beban mati ini harus diperhitungkan untuk digunakan dalam analisa. Dimensi dan berat elemen struktur tidak diketahui sebelum analisa struktur selesai dilakukan. Berat yang ditentukan dari Analisa struktur harus dibandingkan dengan berat perkiraan semula. Jika perbedaannya besar, perlu dilakukan analisa ulang dengan menggunakan perkiraan berat yang lebih baik. Berat sendiri dari bahan-bahan bangunan sangat penting untuk kita ketahui dan dari beberapa komponen gedung yang harus ditinjau didalam menentukan beban mati dari suatu gedung, harus diambil menurut Tabel C2.1-1 sampai dengan C3.1-2 SNI 1727-2020: Beban mati desain minimum.

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang termasuk dalam kategori beban gravitasi, yaitu timbul akibat penggunaan suatu gedung selama masa layangedung tersebut,. Termasuk beban manusia, peralatan yang dapat dipindahkan serta barang/benda yang letaknya tidak permanen. Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air.

Tabel 2.1. Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L dan Beban Hidup Terpusat Minimum

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses		
Ruang kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
Ruang komputer	100 (4,79)	2000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18)	
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)	
	100 (4,79)	

Tribun penonton stadion dan 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 Lantai lain	100 (4,79) sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Dudukan mesin elevator (pada daerah 2 in.x 2in. [50 mmx50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in.x 1in. [25 mm x 25 mm])		200 (0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	
Tangga permanen		Lihat pasal 4.5.4
Garasi/Parkir Mobil penumpang saja	40 (1,92)	Lihat Pasal 4.10.1
Truk dan bus	Lihat Pasal 4.10.2	
Pegangan tangga, dan pagar pengaman Batang pegangan	Lihat pasal 4.5.1	Lihat pasal 4.5.1 Lihat pasal 4.5.2
	Lihat pasal 4.11	
Helipad (Lihat Pasal 4.11) Helikopter dengan berat lepas landas sebesar 3.000 lb (13,35 kN) atau kurang	40 (1,92)	Lihat pasal 4.11.2
Helikopter dengan berat lepas landas lebih dari 3.000 lb (13,35 kN)	60 (2,87)	Lihat pasal 4.11.2
Rumah Sakit Ruang operasi, laboratorium Ruang pasien Koridor diatas lantai pertama	60 (2,87) 40 (1,92) 80 (3,83)	1000 (4,45) 1000 (4,45) 1000 (4,45)

Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
Ruang baca	60 (2,87)	1000 (4,45)
Ruang penyimpanan	150 (7,18)	1000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Pabrik		
Ringan	125 (6,00)	2000 (8,90)
Berat	250 (11,97)	3000 (13,35)
Gedung perkantoran :		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	2000 (8,90)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	2000 (8,90)
Lembaga hukum		
Blok Sel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, billiard, dan penggunaan yang sama	75 (3,59)	
Ruang dansa dan ballroom	100 (4,79)	
Gimnasium	100 (4,79)	
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga 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 digunakan penghuni	Sama dengan penggunaan yang dilayani 100 (4,70)	
Atap untuk tempat berkumpul		
Atap vegetatif dan atap lansekap	20 (0,96)	
Atap bukan untuk hunian	100 (4,79)	
Atap untuk tempat berkumpul	Sama dengan	
Atap untuk penggunaan lainnya	penggunaan yang dilayani	
Awning dan kanopi	5 (0,24)	

Atap konstruksi fabric yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan Rangka tumpu layar penutup	5 (0,24) Berdasarkan area tributary dari atap yang didukung oleh komponen struktur rangka 20 (0,96)	200 (0,89)
Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai tempat bekerja Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi Semua komponen struktur atap utama lainnya Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		2000 (8,9) 300 (1,33) 300 (1,33)
Sekolah Ruang kelas Koridor di atas lantai pertama Koridor lantai pertama	40 (1,92) 80 (3,83) 100 (4,79)	1000 (4,5) 1000 (4,5) 1000 (4,5)
Bak-bak/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)	8000 (35,60)
Tangga dan jalan keluar Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	300 (1,33) 300 (1,33)
Gudang diatas langit-langit	20 (0,96)	
Gudang penyimpanan dan pekerja (harus dirancang untuk beban lebih berat jika diperlukan) Ringan Berat	125 (6,00) 250 (11,97)	
Toko Eceran Lantai pertama Lantai di atasnya Grosir, di semua lantai	100 (4,79) 75 (3,59) 125 (6,00)	1000 (4,5) 1000 (4,5) 1000 (4,5)
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)

3. Beban Angin

Beban angin adalah beban yang timbul sebagai akibat adanya tekanan dari gerakan angin. Beban angin sangat ditentukan oleh lokasi dan ketinggian dari struktur bangunan. Beban angin dihitung menggunakan metode SNI terbaru yaitu SNI 1727-2019. Intensitas tekanan tiup angin yang direncanakan dapat diambil minimum sebesar 38 kg/m² untuk atap, dan 77 kg/m² untuk dinding,

Beban angin didistribusikan merata pada kolom yang berada di dinding terluar bangunan. Beban angin bangunan gedung yang termasuk sebagai Sistem Penahan Gaya Angin Utama (SPGAU) direncanakan sesuai dengan aturan pada SNI 1727:2020 sebagaimana berikut:

a. Menentukan kecepatan angin dasar

Data kecepatan angin dasar diperoleh dari data perkiraan cuaca yang bersumber dari HB-212. Data tersebut diambil dari data kecepatan angin tertinggi : $V = \dots \text{ km/jam} = \dots \text{ m/s}$

b. Menentukan parameter beban angin

1. Faktor arah angin, kd , lihat Pasal 26.6 dan Tabel 26.6-1
2. Kategori eksposur : A, B, C , lihat Pasal 26.7
3. Faktor topografi, Kzl , lihat Pasal 26.8 dan Tabel 26.8-1
4. Faktor efek tiupan angin, G , lihat Pasal 26.9
5. Klasifikasi tekanan internal, $GCPI$, lihat Pasal 26.11 dan Tabel 26.11-1

c. Menentukan tekanan eksposur, tekanan velositas, kz atau kh , lihat Tabel 27.3.1

1) Menghitung kz

z = tinggi bangunan dari permukaan tanah untuk eksposur B, $\alpha = 7$, dan $Zg = 365,76$ karena $15 \text{ ft} < z < Zg \dots (15 \text{ ft} = 4,6 \text{ meter})$.

$$\text{Maka, } kz = 2,01 \left(\frac{z}{zg} \right)^\alpha.$$

2) Menghitung kh jika diketahui z

Dihitung menggunakan interpolasi linier

d. Menentukan tekanan velositas qz dan qh persamaan 27.3-1

1) Menghitung qz

$$qz = 0,613 \cdot kz \cdot Kzl \cdot kd \cdot V^2$$

2) Menghitung qh

$$qh = 0,613 \cdot kh \cdot K_{zl} \cdot kd \cdot V^2$$

e. Menghitung Koefisien eksternal, C_p atau C_n

Sebelum menentukan beban angin ketika datang dan pergi, terlebih dahulu tentukan nilai C_p (koefisien tekan atap). Sesuai pada SNI 1727:2013 Pasal 27.4.1, C_p angin datang (*leeward*) dan angin pergi (*windward*) ditentukan dari 2 (dua) komponen, yaitu : sudut (θ) dan h/L .

f. Menghitung tekanan angin, P , dari persamaan 27.4-1

$$P1 = qGC_p \text{ atas} - q(GC_{pi})$$

$$P2 = qGC_p \text{ bawah} - q(GC_{pi})$$

Nilai P untuk angin datang merupakan nilai terbesar antara $P1$ dan $P2$, sedangkan untuk nilai P untuk angin pergi merupakan nilai terkecil antara $P1$ dan $P2$ tetapi menurut SNI 1727:2013 Pasal 27.1.5 terdapat minimum beban angin sebesar $0,38 \text{ kN/m}^2 \times \text{Luas Atap Bangunan Gedung yang terproyeksi pada bidang vertikal tegak lurus terhadap arah angin yang diasumsikan dan untuk beban angin dinding maksimum} < 77 \text{ kg/m}^2$ dan beban minimum pada angin datangnya melampaui 77 maka dipakai beban angin minimum, yaitu $77 \text{ kg/m}^2 = 0,77 \text{ kN/m}^2$

g. Beban angin portal arah memanjang

Lebar tangkapan kolom = $\frac{1}{2}$ lebar kanan + $\frac{1}{2}$ lebar kiri

Sehingga, beban angin yang dipikul = $0,77 \text{ kN/m}^2 \times \text{lebar tangkapan}$

h. Beban angin portal arah melintang

Lebar tangkapan kolom = $\frac{1}{2}$ lebar kanan + $\frac{1}{2}$ lebar kiri

Sehingga, beban angin yang dipikul = $0,77 \text{ kN/m}^2 \times \text{lebar tangkapan}$.

Peninjauan beban angin pada gedung bertingkat dengan atap datar, ditinjau dari kedua sisi, yakni :

- Datang dan pergi dari kanan ke kiri sisi bangunan
- Datang dan pergi dari kiri ke kanan sisi bangunan

4. Kombinasi Beban

Beban tinggi dari Gedung akan menghadapi beban sepanjang usia bangunan tersebut, dan banyak diantaranya yang bekerjabersamaan. Efek beban harus digabung apabila bekerja pada garis kerja yang sama dan harus dijumlahkan. Keadaan ini membuat kita harus memasang struktur yang mempertimbangkan semua kemungkinan kombinasi pembebanan

Berdasarkan catatan penelitian yang telah dilakukan secara terus-menerus, serta berdasarkan pada ilmu-ilmu probabilitas, SNI mengadopsi penggunaan faktor beban sebesar 1,2 untuk beban mati D, dan 1,6 untuk beban hidup L.

Berdasarkan persyaratan dalam SNI 1727:2020 halaman 13 besarnya kuat perlu, U yang harus dipertimbangkan sebagai kondisi paling kritis yang harus dipikul suatu elemen struktur adalah :

$$U = 1,4D$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R \text{ atau } S)$$

$$U = 1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R \text{ atau } S) + (L \text{ atau } 0,5W)$$

$$U = 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R \text{ atau } S)$$

$$U = 0,9D + 1,0W$$

Berikut adalah beberapa catatan tambahan untuk kombinasi beban :

- a. Nilai faktor beban untuk L dalam persamaan ke 3,4,5 dapat direduksi menjadi 0,5L, jika nilai L tidak lebih besar daripada 4,8 kN/m² (atau 500 kg/m²) disamping itu faktor tersebut tidak boleh direduksi untuk area garasi atau area tempat publik.
- b. Apabila beban angin, W, belum direduksi oleh faktor arah maka faktor beban untuk beban angina dalam persamaan 4 harus diganti menjadi 1,6, dan dalam persamaan 3 diganti menjadi 0,8.
- c. Untuk struktur yang memikul beban fluida, maka unsur beban fluida tersebut dapat dimasukkan dalam persamaan 1 hingga 5 dan 7 dengan faktor beban yang sama dengan faktor beban untuk beban mati.
- d. Jika ada pengaruh tekanan tanah lateral, H, maka ada tiga kemungkinan berikut:

- 1) Apabila H bekerja sendiri atau menambah efek dari beban-beban lainnya maka H harus dimasukkan dalam kombinasi pembebanan dengan faktor beban sebesar 1,6.
- 2) Apabila H permanen dan bersifat melawan pengaruh dari beban-beban lain, maka H dapat dimasukkan dalam kombinasi pembebanan dengan menggunakan faktor beban sebesar 0,9.
- 3) Jika H tidak permanen, namun pada saat H bekerja mempunyai sifat melawan beban-beban lainnya, maka beban H boleh tidak dimasukkan dalam kombinasi pembebanan.

2.3. Metode Perhitungan Struktur

Pada penyelesaian perhitungan untuk perencanaan pembangunan Gedung Pusat Pelayanan Kesehatan Rumah Sakit Umum Daerah Talang Ubi Kabupaten Pali, penulis mengambil acuan pada referensi yang berisi mengenai peraturan dan tata cara perancangan bangunan gedung, seperti berikut:

2.3.1. Perencanaan Atap

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

Berikut ini adalah pembahasan-pembahasan mengenai perancangan rangka atap, antara lain :

A. Pembebanan

Adapun beberapa pembebanan yang bekerja pada rangka atap antara lain:

a. Beban Mati (q_D)

Beban mati adalah beban dari semua bagian atap yang tidak bergerak, bebanbeban tersebut meliputi Beban sendiri kuda-kuda, berat penutup atap, dan berat gording

b. Beban Hidup (q_L)

Beban hidup adalah beban yang terjadi akibat pengerjaan maupun akibat penggunaan gedung itu sendiri, termasuk didalamnya berupa : beban pekerja, dan beban air hujan.

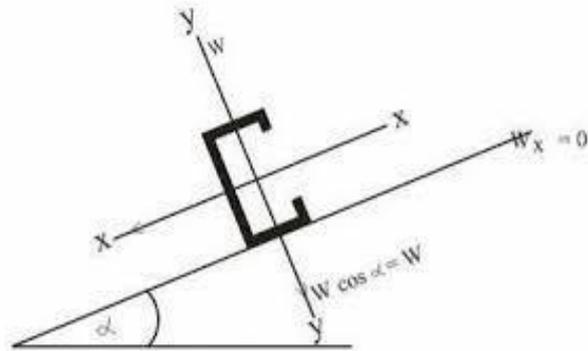
c. Beban angin (w)

Beban angin adalah beban yang timbul sebagai akibat adanya tekanan dari gerakan angin. Beban angin sangat ditentukan oleh lokasi dan ketinggian dari struktur bangunan. Beban angin dihitung menggunakan metode SNI terbaru yaitu SNI 1727-2019. Intensitas tekanan tiup angin yang direncanakan dapat diambil minimum sebesar 38 kg/m² untuk atap, dan 77 kg/m² untuk dinding. Beban angin didistribusikan merata pada kolom yang berada di dinding terluar bangunan. Beban angin bangunan gedung yang termasuk sebagai Sistem Penahan Gaya Angin Utama (SPGAU) direncanakan sesuai dengan aturan pada SNI 1727:2020.

B. 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 .



Gambar 2.1 Gording Kanal

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Cek kekompakan penampang

a. Pelat Badan

$$\lambda = \frac{b}{2tf}$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{Es}{fy}}$$

$$\lambda_r = 1,00 \sqrt{\frac{Es}{fy}}$$

b. Pelat Sayap

$$\lambda = \frac{h-2tf}{tw}$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{Es}{fy}}$$

$$\lambda_r = 5,70 \sqrt{\frac{Es}{fy}}$$

Dengan ketentuan sebagai berikut:

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Penampang kompak

$\lambda_p < \lambda < \lambda_r \rightarrow$ Penampang tidak kompak

Momen terhadap sumbu x maupun sumbu y

$M_{ux} = Z_x \cdot fy$ atau $M_{uy} = Z_y \cdot fy$

2. Momen Nominal

– Momen nominal untuk penampang kompak, $L_b \leq L_p$

$$M_n = M_p = Z_x \cdot fy$$

– Momen Nominal untuk $\lambda = \lambda_r$

– $M_n = M_p = (fy - fs) \cdot S_x$

- Momen Nominal untuk $\lambda p < \lambda < \lambda r$

$$Mn = \frac{\lambda r - \lambda}{\lambda r - \lambda p} Mp + \frac{\lambda - \lambda p}{\lambda r - \lambda p} Mr$$

3. Kontrol kekuatan

Adapun rumus kombinasi pembebanan pada perhitungan gording adalah sebagai berikut:

$$\frac{Mux}{\phi b.Mnx} + \frac{Muy}{\phi b.Mny} \leq 1 \rightarrow \phi = 0,9$$

Dimana:

Mux, Muy = momen terfaktor arah x ataupun arah y

Mnx, Mny = momen lentur arah x ataupun arah y

Untuk mengantisipasi masalah putiran, maka Mny dapat dibagi 2, sehingga:

$$\frac{Mux}{\phi b.Mnx} + \frac{Muy}{\phi b.\frac{Mny}{2}} \leq 1$$

4. Kontrol lendutan

a. Kontrol lendutan akibat beban merata

Untuk memeriksa syarat lendutan, momen yang diperhitungkan adalah:

$$M = \frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2$$

Batas lendutan maksimum untuk tipe elemen struktur gedung adalah:

$$\delta x = \frac{5 \cdot q \cdot dx \cdot Lx^2}{384 \cdot E \cdot Ix} \leq \frac{L}{240}$$

b. Kontrol lendutan akibat beban terpusat

Syarat lendutan terhadap beban terpusat tidak boleh lebih dari $\frac{L}{240}$.

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

C. Trekstang

V yang diambil adalah V terbesar untuk menentukan luas dan diameter trekstang tersebut, dengan persamaan sebagai berikut: $V = fy \cdot A_{trekstang}$.

$$d_{trekstang} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{trekstang}}{\mu}}$$

D. Perhitungan Kontrol Penampang Single Beam

Langkah pengontrolan tegangan pada kolom dan balok *single beam* sebagai berikut:

1. Cek kekompakan penampang

a. Pelat Badan

$$\lambda = \frac{b}{2tf}$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{Es}{fy}}$$

$$\lambda_r = 1,00 \sqrt{\frac{Es}{fy}}$$

b. Pelat Sayap

$$\lambda = \frac{h-2tf}{tw}$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{Es}{fy}}$$

$$\lambda_r = 5,70 \sqrt{\frac{Es}{fy}}$$

Dengan ketentuan sebagai berikut:

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Penampang kompak

$\lambda_p < \lambda < \lambda_r \rightarrow$ Penampang tidak kompak

Momen terhadap sumbu x maupun sumbu y

$M_{ux} = Z_x \cdot fy$ atau $M_{uy} = Z_y \cdot fy$

2. Klasifikasikan keadaan batas berdasarkan SNI 1729-2020; Tabel F1.1; Hal-44, profil WF yang digunakan tergolong dalam pasal F2 yang berupa Yield (Y) & Lateral Torsional Buckling (LTB).

3. Menghitung parameter keadaan batas (Momen Kapasitas)

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

$$M_n = M_p = Z_x \cdot fy$$

- Momen Nominal untuk $\lambda = \lambda_r$

- $M_n = M_p = (fy - fs) \cdot S_x$

- Momen Nominal untuk $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$

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

4. Lateral torsional Buckling (LTB)/ Tekuk Torsi Lateral

Dalam Analisa kuat nominal kondisi lateral torsional buckling, diperlukan beberapa parameter pendukung, yaitu:

- Parameter L_p berdasarkan SNI 1729-2020; Pasal F2; Poin 2; Hal-47, berupa persamaan:

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

- Parameter L_r berdasarkan SNI 1729-2020; Pasal F2; Poin 2; Hal-47, berupa persamaan:

$$L_r = 1,95 \times r_{ts} \times \frac{E}{0,7 \cdot f_y} \times \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_0}\right) + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_0}\right)^2 + 6,76 \cdot \left(\frac{0,7 \cdot f_y}{E_s}\right)^2}}$$

Untuk memperoleh nilai L_r , Adapun parameter yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- Radius girasi efektif (r_{ts})

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y \cdot h_0}{2 \cdot S_x}} \rightarrow h_0 = H - t_f$$

- Koefisien c

Berdasarkan SNI 1729-2020; Pasal F2; Persamaan (F2-8a); Hal-47, nilai koefisien c untuk profil WF simetris ganda adalah $c = 1$

- Nilai konstanta torsi (J)

$$J = \frac{2 \cdot b \cdot t_f^3 + (h - t_f) \cdot t_w^3}{3}$$

$$X1 = \frac{\pi}{S_x} \cdot \sqrt{\frac{E G J A}{2}} \rightarrow S_x = \frac{1x}{\frac{h}{2}}$$

$$X2 = 4 \cdot \frac{I_w}{I_y} \times \left(\frac{S_x}{GJ}\right)^2 \rightarrow I_w = \frac{I_w \times h^2}{4}$$

5. Menghitung momen nominal berdasarkan kategori jarak pengaku pada balok, dengan membandingkan antara L_p , L_b dan L_r .

Jika $L_r < L$

Sehingga: $M_p = Z_x \cdot f_y$

Jika $L_p < L_b < L_r$

Sehingga: $M_n = C_b \cdot \frac{\pi}{L} \cdot \sqrt{E \cdot I_y \cdot G \cdot J + \left(\frac{\pi \cdot E}{L}\right)^2} \cdot I_y \cdot I_w \leq M_p$

$$\text{Dengan persamaan } C_b = \frac{12,5 M_{\text{maks}}}{2,5 M_{\text{maks}} + 3M_a + 4M_b + 3M_c}$$

D. Perhitungan Portal untuk Atap

- a. Pembesaran momen untuk portal bergoyang

$$N_{el} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A_g}{\left(\frac{K \cdot L}{I_x}\right)^2} \rightarrow \frac{K \cdot L}{I_x}$$

$$\delta b = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{N_{el}}} \rightarrow C_m = 0,6 - 0,4 \cdot \left(\frac{M_1}{M_2}\right)$$

- b. Cek kekuatan terhadap tarik dan lentur untuk portal bergoyang

$$M_{ux} = \delta b \cdot M_{ntu} + \delta s \cdot M_{ntu}$$

$$\frac{N_u}{\phi N_n}, \text{ bila } \frac{N_u}{\phi N_n} < 2, \text{ Maka: } \frac{N_u}{\phi N_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi b \cdot M_{nx}}\right) \leq 1,0 \text{ (OKE)}$$

E. Perencanaan Sambungan

1. Sambungan Baut

Sambungan baut memiliki 2 jenis tipe, yaitu:

- a. Tipe Friksi, untuk sambungan pada kombinasi geser dan Tarik berlaku:

$$\frac{V_u}{n} \leq \phi \cdot V_n \left(1 - \frac{\frac{T_u}{n}}{1,13 \cdot \text{proof load}}\right)$$

- b. Tipe Tumpu

$$\left[\frac{R_{ut}}{\phi t \cdot R_{nt}}\right]^2 + \left[\frac{R_{uv}}{\phi v \cdot R_{nv}}\right]^2 \leq 1 \rightarrow \phi = 0,75$$

Adapun Langkah-langkah perhitungan sambungan baut tipe tumpu adalah sebagai berikut:

- a) Menghitung jarak minimum dan maksimum

Jarak minimum

$$S_1 > 1,75 \cdot db$$

$$S_1 > 1,5 \cdot db$$

$$S_1 > 1,25 \cdot db$$

$$S > 3 \cdot db$$

Jarak maksimum

$$S_1 < 150 \text{ mm, atau } S_1 < (4t_p + 100 \text{ mm})$$

b) Kuat geser nominal baut

$$R_{nv} = 0,5 \cdot f_u \cdot A_b \text{ (Untuk baut tanpa ulir pada bagian geser)}$$

$$R_{nv} = 0,4 \cdot f_u \cdot A_b \text{ (Untuk baut dengan ulir pada bagian geser)}$$

c) Kuat tarik nominal baut

$$R_{nt} = 0,75 \cdot f_u \cdot A_b$$

d) Lintang dipikul bersama oleh baut

$$R_{uv} = \frac{P_u}{n} \rightarrow n = \text{jumlah baut}$$

e) Gaya Tarik baut akibat momen

$$T_i = \frac{M_u \cdot y_i}{\sum y_i^2}$$

2. Sambungan Las

Perhitungan kekuatan las antara profil dan pelat ujung/*end plate* meliputi:

$$L_w = \text{Panjang las} \cdot t_w$$

$$T_u = \phi(0,65 \cdot f_u \cdot 0,7070 \cdot t_w \cdot L_w)$$

$$T_u > P_u$$

$$A_w = L_w \cdot t_w$$

Semua komponen struktur yang memikul gaya aksial terfaktor sebesar T_u , maka harus memenuhi:

$$T_u \leq \phi T_n \rightarrow \phi T_n \text{ (kondisi leleh dari luas penampang kotor)} = \phi (A_w \cdot F_y)$$

Tabel 2.2 Tebal Minimum Las Filet

Ketebalan Material dari Bagian Paling Tipis yang Tersambung, in. (mm)	Ukuran Minimum las Sudut, ^[a] in. (mm)
Sampai dengan 1/4(6)	1/8(3)
Lebih besar dari 1/4(6) sampai dengan 1/2 (13)	3/16(5)
Lebih besar dari 1/2(13) sampai dengan 3/4(19)	1/4(6)
Lebih besar dari 3/4(19)	5/16(8)

^[a] dimensi kaki las filet. Las lapis tunggal harus digunakan.
Catatan lihat Pasal J2.2b untuk ukuran maksimum las sudut

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

F. Perhitungan Ikatan Angin

1) Perencanaan Pembebanan

- i. Akibat beban mati (q_D), antara lain: berat sendiri gording, berat sendiri atap, berat profil, alat pengikat, dll.

ii. Akibat beban hidup (q_L), antara lain yaitu beban air hujan

2) Kombinasi Pembebanan

$$Q_a = 1,2 q_D + 1,6 q_L$$

Pada hubungan antara gording dengan ikatan angin harus ada gaya P' yang arahnya sejajar dengan sumbu gording, yang besarnya:

$$P' = 0,01 \cdot P_{\text{portal}} + 0,005 \cdot n \cdot q_l \cdot dk \cdot dg$$

3) Bentang Ikatan Angin

i. Ikatan angin dinding harus diperhitungkan terhadap beban vertikal dari atap, dan gaya horizontal yang besar.

ii. Pada bentang ikatan angin harus memenuhi persyaratan yang berlaku:

$$\frac{h}{i} \geq \frac{(0,25 \cdot Q)}{(E \cdot A)}$$

2.3.2. Perencanaan Pelat Atap dan Pelat Lantai

Pelat adalah suatu elemen horizontal yang berfungsi untuk menyalurkan beban hidup, baik yang bergerak maupun statis ke elemen pemikul beban vertical yaitu belok, kolom dan dinding. Pelat beton bertulang dalam struktur digunakan pada atap dan lantai. Perbedaan pelat atap dan pelat lantai adalah pelat atap merupakan struktur yang tidak terlindungi dan memiliki ketebalan selimut beton yang lebih besar dibandingkan dengan struktur pelat lantai.

Beban pada pelat atap lebih kecil dibandingkan dengan pelat lantai. Beban pada pelat atap hanya terdiri dari beban mati sendirinya pelat atap, beban hujan, dan beban kemiringan untuk air, sementara pada pelat lantai selain beban mati sendirinya, pelat lantai juga diberi beban dinding dan beban hidup sesuai dengan penggunaan ruang yang ada di atasnya. Adapun beban-beban yang bekerja pada pelat, antara lain :

1. Beban Mati (WD)

- a. Berat sendiri pelat atap
- b. Beban yang diterima oleh pelat akibat adanya adukan mortar, plafond dan penggantung plafond

2. Beban Hidup (WL)

Beban hidup untuk pelat atap diambil sebesar 100 kg/m². (Berdasarkan SNI 1727-2020).

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

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

Syarat-syarat dalam perencanaan pelat beton sebagai berikut :

- a. Tebal minimum untuk pelat satu arah (SNI-03-2847-2013)

Untuk menentukan tebal minimum pelat satu arah (lihat dalam Tabel 2.3)

Tabel 2.3 Tebal Minimum Balok Non PraTekan /Pelat Satu Arah Lendutan Tak Dihitung

Komponen struktur	Tebal Minimum (h)			
	tumpuan sederhana	Satu ujung ujung menerus	kantilever	menerus
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar			
Plat masif satu arah	1n/20	1n/24	1n/28	1n/10
Balok atau plat rusuk satu arah	1n/16	1n/18,5	1n/21	1n/8

(Sumber: SNI-03-2847-2019)

Catatan :

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

- Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis diantara 1500 kg/m^3 sampai 2000 kg/m^3 , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003 \text{ wc})$ tetapi tidak kurang dari 1,09 dimana wc adalah berat jenis dalam kg/m^3 .
 - Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$. (SNI-03-2847-2013 pasal 9.5)
- b. Untuk pelat dua arah yaitu dalam segala hal tebal minimum pelat tidak boleh kurang dari harga berikut :
- 1) Untuk $\alpha_m < 2,0$ yaitu 120mm
 - 2) Untuk $\alpha_m > 2,0$ yaitu 90mm
- c. Spasi tulangan (SNI-03-2847-2019)
- 1) Jarak bersih antara tulangan sejajar dalam lapis yang sama, tidak boleh kurang dari db ataupun 25 mm.
 - 2) Bila tulangan sejajar tersebut diletakkan dalam dua lapis /lebih, tulangan pada lapis atas harus diletakkan tepat di atas tulangan di bawahnya dengan spasi bersih antar lapisan tidak boleh kurang dari 25 mm.
 - 3) Pada komponen struktur tekan yang diberi tulangan spiral atau sengkang pengikat, jarak bersih antar tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari 1,5 db ataupun 40 mm 40 dari 278.
 - 4) Pembatasan jarak bersih antar batang tulangan ini juga berlaku untuk jarak bersih antara suatu sambungan lewatan dengan sambungan lewatan lainnya atau dengan batang tulangan yang berdekatan.
 - 5) Pada dinding dan pelat lantai yang bukan berupa konstruksi pelat rusuk, tulangan lentur utama harus berjarak tidak lebih dari tiga kali tebal dinding atau pelat lantai, ataupun 500 mm.
 - 6) Bundel tulangan:
 - a) Kumpulan dari tulangan sejajar yang diikat dalam satu bundel sehingga bekerja dalam satu kesatuan tidak boleh terdiri lebih dari empat tulangan per bundel.

- b) Bundel tulangan harus dilindungi oleh sengkang atau sengkang pengikat.
 - c) Pada balok, tulangan yang lebih besar dari D-36 tidak boleh dibundel.
 - d) Masing-masing batang tulangan yang terdapat dalam satu bundel tulangan yang berakhir dalam bentang komponen struktur lentur harus diakhiri pada titik-titik yang berlainan, paling sedikit dengan jarak $40 db$ secara berselang.
 - e) Jika pembatasan jarak dan selimut beton minimum didasarkan pada diameter tulangan db , maka satu unit bundel tulangan harus diperhitungkan sebagai tulangan tunggal dengan diameter yang didapat dari luas ekuivalen penampang gabungan.
- d. Selimut beton pada tulangan harus memenuhi ketentuan dan standar (SNI-03-2847-2019)

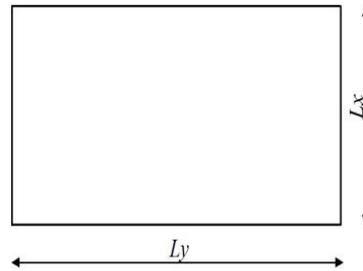
Tabel 2.4 Tebal Selimut Beton Minimum untuk Beton Bertulang

KRITERIA	Tebal selimut beton minimum (mm)
a) Beton yang dicor dan secara permanen kontak dengan tanah	75
b) Beton yang terpapar cuaca atau kontak dengan tanah: <ul style="list-style-type: none"> 1) Batang D-19 atau D-567 2) Batang D-16 atau kawat $\emptyset 13$ atau D13 dan yang lebih kecil 	50 40
c) Beton yang tidak terpapar cuaca atau kontak dengan tanah : <ul style="list-style-type: none"> 3) Pelat, pelat berusuk, dan dinding <ul style="list-style-type: none"> - Batang D43 dan D57 - Batang D36 dan batang yang lebih kecil 	40 20
4) Balok, Kolom <ul style="list-style-type: none"> - Tulangan utama, sengkang, sengkang ikat, spiral, dan sengkang pengekang 	40

(Sumber: SNI-03-2847-2019: Hal 460 Tabel 20.6.1.3.1)

1. Pelat satu arah (*One way slab*)

Pelat satu arah yaitu suatu pelat yang memiliki panjang lebih besar atau lebih lebar yang bertumpu menerus melalui balok-balok. Maka hampir semua beban lantai dipikul oleh balok-balok yang sejajar. Suatu pelat dikatakan pelat satu arah apabila $\frac{L_y}{L_x} \geq 2$, dimana L_y dan L_x adalah panjang dari sisi-sisinya. L_x



Gambar 2.2 Tinjauan Arah L_y dan L_x

Dalam perancangan struktur pelat satu arah, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- A. Menentukan tebal pelat
- B. Menghitung beban mati pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung momen rencana (W_u).

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

W_D = Jumlah beban mati (kg/m)

W_L = Jumlah beban hidup (kg/m)

- C. Menghitung momen rencana (M_u) untuk pelat satu arah bentang tunggal ataupun dua bentang berdasarkan SNI 8900-2020 Pasal 7.7.3.

Tabel 2.5 Kekuatan momen perlu untuk pelat bentang tunggal satu arah

Momen Positif	
M_u^+	$= \frac{q_u L_n^2}{8}$
Momen Negatif di tumpuan:	
M_u^+	$= \frac{q_u L_n^2}{24}$

Tabel 2.6 Kekuatan momen perlu untuk pelat satu arah dengan dua bentang atau lebih

Momen Positif	
Bentang Ujung:	$M_u^+ = \frac{q_u L_n^2}{11}$
Bentang Interior:	$M_u^+ = \frac{q_u L_n^2}{16}$
Momen Negatif di tumpuan:	
Muka interior tumpuan eksternal	$M_u^+ = \frac{q_u L_n^2}{24}$
Muka interior tumpuan internal pertama, hanya 2 bentang	$M_u^+ = \frac{q_u L_n^2}{9}$
Muka tumpuan internal, lebih dari 2 bentang:	$M_u^+ = \frac{q_u L_n^2}{10}$
Muka semua tumpuan untuk pelat dengan bentang tidak melebihi 10 ft (3m)	$M_u^+ = \frac{q_u L_n^2}{12}$

D. Perkiraan tinggi efektif (d_{eff})

$$d_{eff} = h - p - \emptyset s - \frac{1}{2} D \dots \dots \dots (1 \text{ Lapis})$$

$$d_{eff} = h - p - \emptyset s - \frac{1}{2} D - \text{jarak tulangan minimum} - \frac{1}{2} D \dots \dots \dots (2 \text{ Lapis})$$

E. Menghitung K_{perlu} atau R_n

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset \cdot b \cdot d_x^2}$$

Dimana :

R_n = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

M_u = Momen terfaktor pada penampang (N/mm)

b = Lebar penampang (mm)

d_{eff} = Tinggi efektif pelat (mm)

\emptyset = Fakor kuat rencana (0,9)

F. Menentukan rasio penulangan (ρ) dari tabel. (*Istimawan* : 462 dst.)

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \times f_c'}} \right)$$

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

G. Hitung Luas tulangan (A_s) yang diperlukan

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

H. Menentukan tulangan pokok dan tulangan susut/pembagi

$$A_s = 0,0020 \cdot b \cdot h \text{ (untuk } f_y = 400 \text{ MPa)}$$

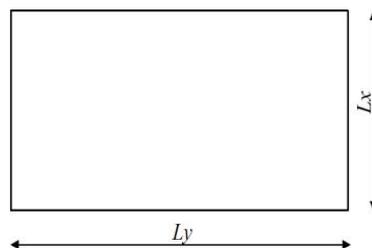
$$A_s = 0,0018 \cdot b \cdot h \text{ (untuk } f_y = 240 \text{ MPa)}$$

2. Pelat dua arah (*Two way slab*)

Pelat dua arah adalah pelat yang bertumpu digelagar pada keempat sisinya dan

L_y suatu pelat dikatakan pelat dua arah apabila $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$ dimana L_y dan L_x

adalah L_x panjang dari sisinya.



Gambar 2.3 Tinjauan Arah L_y Dan L_x

Berikut adalah langkah-langkah dalam perhitungan pelat dua arah :

A. Dimensi balok

Tebal minimum balok harus memenuhi ketentuan dari SNI 2847-2019

Tabel 2.7 Tebal Minimum dari Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan Leleh f_y^a (Mpa)	Tanpa penebalan ^b			Dengan penebalan ^b		
	Panel Luar		Panel dalam	Panel Luar		Panel dalam
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
280	$L_n/33$	$L_n/36$	$L_n/36$	$L_n/36$	$L_n/40$	$L_n/40$
420	$L_n/30$	$L_n/33$	$L_n/33$	$L_n/33$	$L_n/36$	$L_n/36$
520	$L_n/30$	$L_n/33$	$L_n/33$	$L_n/33$	$L_n/36$	$L_n/36$

(Sumber : SNI-03-2847-2013)

B. Menentukan tebal pelat

Berikut syarat dalam menentukan tebal minimum pelat:

- 1) Untuk $\alpha_m \leq 0,2$

Pelat tanpa penebalan, tebal pelat minimum 120 mm.

Pelat dengan penebalan, tebal pelat minimum 100 mm.

- 2) Untuk $0,2 < \alpha_m \leq 2,0$

Tebal pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36\beta + 5\beta(\alpha_m - 0,2)}$$

dan tidak boleh < 125 mm (Berdasarkan SNI 2847-2019;66)

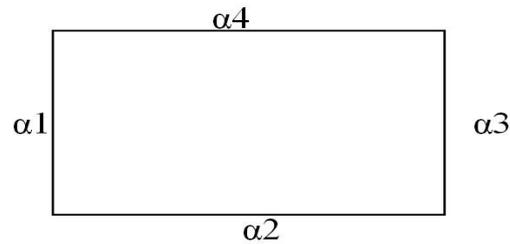
- 3) Untuk $\alpha_m > 2,0$

Tebal pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \left\lceil \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36\beta + 9\beta} \right\rceil$$

dan tidak boleh < 90 mm(SNI 03-2847-2013;66)

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



Gambar 2.4 Panel Pelat yang Ditinjau

$$\alpha 1 = \alpha 2 = \alpha 3 = \alpha 4 = \frac{I_{X-Xbalok}}{I_{X-Xpelat}}$$

$$\alpha_m = \frac{\alpha 1 + \alpha 2 + \alpha 3 + \alpha 4}{4}$$

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

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

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

$$h = \frac{\ln\left[0,8 + \frac{f_y}{1400}\right]}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)}$$

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

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

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

- F. Mencari momen

Momen positif dan negatif terfaktor M_u (Kekuatan momen perlu) untuk slab solid dua arah dihitung berdasarkan SNI 8900-2020 Pasal 7.8.3.

- G. Mencari tebal efektif pelat (SNI-03-2847-2013)

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

$$D_x = h - p - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan arah } x$$

$$D_y = h - p - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan arah } y - \emptyset_x$$

H. Mencari nilai koefisien tahanan (k) (R_n)

$$R_n x = \frac{M_u}{\emptyset \cdot b \cdot d x^2} \rightarrow \emptyset = 0,90$$

I. Mencari rasio penulangan (ρ)

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \times f_c'}} \right)$$

J. Mencari luas tulangan (A_s)

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

K. Mencari jumlah tulangan (n)

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

L. Mencari jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{1000}{A_s} \times \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2$$

M. Memasang tulangan

Untuk arah y sama dengan langkah-langkah pada arah x , namun tinggi efektif arah y (d_y) tidak sama arah x . $d_y = h - p - \emptyset_{\text{arah } x} - \emptyset_{\text{arah } y}$

2.3.3. Perencanaan Tangga

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

1. *Antrade*, yaitu bagian dari anak tangga pada bidang horizontal yang merupakan bidang tempat pijakan kaki.

2. *Optrade*, yaitu bagian dari anak tangga pada bidang vertikal yang merupakan selisih tinggi antara 2 buah anak tangga yang berurutan.

Syarat-syarat umum tangga :

- a. Tangga harus mudah dijalani atau dinaiki
- b. Tangga harus cukup kuat dan kaku
- c. Ukuran tangga harus sesuai dengan sifat dan fungsinya
- d. Material yang digunakan untuk pembuatan tangga terutama pada gedung-gedung umum harus berkualitas baik, tahan dan bebas dari bahaya kebakaran
- e. Letak tangga harus strategis
- f. Sudut kemiringan tidak lebih dari 45°

Syarat-syarat khusus tangga :

1. Untuk bangunan rumah tinggal
 - a) *Antrade* = 25 cm (*minimum*)
 - b) *Optrade* = 20 cm (*maksimum*)
 - c) Lebar tangga = 80 – 100 cm
2. Untuk perkantoran dan lain-lain
 - a) *Antrade* = 25 cm (*minimum*)
 - b) *Optrade* = 17 cm (*maksimum*)
 - c) Lebar tangga = 120 – 200 cm
3. Syarat langkah
 $2 \text{ optrade} + 1 \text{ antrade} = 57 - 65 \text{ cm}$
4. Sudut kemiringan
 Maksimum = 45° , dan minimum = 25°

Tabel 2.8 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	> 210

(Sumber : *Ilmu Bangunan Gedung B*; 1993)

5. Menghitung Panjang bordes (L)

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

$$L = \ell n + 1,5 a \text{ s/d } 2a$$

(Drs.IK.Sapribadi. 1993. *Ilmu Bangunan Gedung*; 18)

Dimana :

L = Panjang bordes

ℓ^n = Ukuran satu langkah normal datar (57 cm – 65 cm)

a = Antrede

Adapun langkah-langkah perancangan tangga :

A. Perancangan tangga

1. Penentuan ukuran antrede dan optrede

$$\text{Tinggi optrede sebenarnya} = \frac{h}{\text{Jumlah Optrade}}$$

$$\text{Antrede} = L_n - 2 \text{ Optrade}$$

2. Penentuan jumlah antrede dan optrede = $\frac{h}{\text{Jumlah Optrade}}$

3. Panjang tangga = jumlah optrede x lebar antrede

4. Sudut kemiringan tangga, $\text{Arc tan } \theta = \frac{\text{Optrade}}{\text{Antrede}}$

5. Penentuan tebal pelat tangga, $h_{\text{min}} = \frac{1}{28}$

B. Penentuan pembebanan pada anak tangga

1. Beban mati, meliputi: berat sendiri bordes, berat sendiri anak tangga, berat satu anak tangga per m', dan berat spesi dan ubin.
2. Beban hidup bekerja pada tangga berdasarkan SNI 1727-2020

C. Perhitungan tangga untuk mencari gaya-gaya yang bekerjamenggunakan program SAP 2000 14.adapun langkah-langkah sebagai berikut :

1. Membuat permodelan tangga pada SAP 2000 14.
2. Memasang tumpuan pada permodelan tangga

3. Masukkan beban yang bekerja pada anak tangga dan bordes yang telah di kombinasikan antara beban mati dan beban hidup.
4. Setelah pembebanan sudah selesai dimasukkan pada permodelan maka kita dapat melakukan “*Run Analisis*” namun “*self-weight*” dijadikan 0 karena beban sendiri di hitung secara manual.

D. Perhitungan tulangan tangga dan tulangan bordes

1. Menentukan tinggi efektif (d_{eff}) dan rasio tulangan (ρ)
2. Perhitungan As perlu
3. Penentuan tulangan pokok dan tulangan susut yang diperlukan
4. Menentukan jarak tulangan dan kontrol tulangan

2.3.4. Perencanaan Ramp

Ramp adalah bidang miring yang dibuat untuk menghubungkan perbedaan ketinggian lantai, Landai agar pengguna benda beroda seperti kursi roda, kereta bayi, kereta lebih mudah untuk mengakses ke dalam sebuah bangunan.

Adapun perencanaan yang perlu dilakukan untuk perhitungan ramp, antara lain sebagai berikut:

1. Perencanaan pelat lantai ramp
2. Perencanaan balok bordes ramp
3. Perencanaan balok utama ramp
4. Perencanaan balok tumpuan ramp

Langkah-langkah perancangan ramp :

- A. Menentukan mutu baja yang digunakan.
- B. Menentukan sudut kemiringan ramp
- C. Penentuan pembebanan pada ramp

Gaya-gaya yang bekerja pada ramp dihitung menggunakan SAP2000 v14.

D. Perhitungan ramp baja

Adapun Langkah-langkah untuk menghitung ramp baja yaitu sebagai berikut:

2. Cek kekompakan penampang
 - a. Pelat Badan

$$\lambda = \frac{b}{2tf}$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{Es}{fy}}$$

$$\lambda_r = 1,00 \sqrt{\frac{Es}{fy}}$$

b. Pelat Sayap

$$\lambda = \frac{h-2tf}{tw}$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{Es}{fy}}$$

$$\lambda_r = 5,70 \sqrt{\frac{Es}{fy}}$$

Dengan ketentuan sebagai berikut:

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Penampang kompak

$\lambda_p < \lambda < \lambda_r \rightarrow$ Penampang tidak kompak

Momen terhadap sumbu x maupun sumbu y

$M_{ux} = Z_x \cdot fy$ atau $M_{uy} = Z_y \cdot fy$

3. Klasifikasikan keadaan batas berdasarkan SNI 1729-2020; Tabel F1.1; Hal-44, profil WF yang digunakan tergolong dalam pasal F2 yang berupa Yield (Y) & Lateral Torsional Buckling (LTB).

4. Menghitung parameter keadaan batas (Momen Kapasitas)

– Momen nominal untuk penampang kompak, $L_b \leq L_p$

$$M_n = M_p = Z_x \cdot fy$$

– Momen Nominal untuk $\lambda = \lambda_r$

$$M_n = M_p = (fy - fs) \cdot S_x$$

– Momen Nominal untuk $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$

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

5. Lateral torsional Buckling (LTB)/ Tekuk Torsi Lateral

Dalam Analisa kuat nominal kondisi lateral torsional buckling, diperlukan beberapa parameter pendukung, yaitu:

- Parameter L_p berdasarkan SNI 1729-2020; Pasal F2; Poin 2; Hal-47, berupa persamaan:

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

- Parameter L_r berdasarkan SNI 1729-2020; Pasal F2; Poin 2; Hal-47, berupa persamaan:

$$L_r = 1,95 \times r_{ts} \times \frac{E}{0,7 \cdot f_y} \times \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_0}\right) + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_0}\right)^2 + 6,76 \cdot \left(\frac{0,7 \cdot f_y}{E_s}\right)^2}}$$

Untuk memperoleh nilai L_r , Adapun parameter yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- Radius girasi efektif (r_{ts})

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y \cdot h_0}{2 \cdot S_x}}$$

Dengan $h_0 = H - t_f$

- Koefisien c

Berdasarkan SNI 1729-2020; Pasal F2; Persamaan (F2-8a); Hal-47, nilai koefisien c untuk profil WF simetris ganda adalah $c = 1$

- Nilai konstanta torsi (J)

$$J = \frac{2 \cdot b \cdot t_f^3 + (h - t_f) \cdot t_w^3}{3}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \cdot \sqrt{\frac{E G J A}{2}} \rightarrow S_x = \frac{1x}{\frac{h}{2}}$$

$$X_2 = 4 \cdot \frac{I_w}{I_y} \times \left(\frac{S_x}{GJ}\right)^2 \rightarrow I_w = \frac{I_w \times h^2}{4}$$

6. Menghitung momen nominal berdasarkan kategori jarak pengaku pada balok, dengan membandingkan antara L_p , L_b dan L_r .

Jika $L_r < L$

Sehingga: $M_p = Z_x \cdot f_y$

Jika $L_p < L_b < L_r$

Sehingga:

$$M_n = C_b \cdot \frac{\pi}{L} \cdot \sqrt{E \cdot I_y \cdot G \cdot J + \left(\frac{\pi \cdot E}{L}\right)^2 \cdot I_y \cdot I_w} \leq M_p$$

Dengan persamaan $C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c}$

7. Kontrol geser

$$V_u \leq \phi V_n = 0,75 \cdot (0,6 \times F_y \times A_w \times C_v)$$

8. Kontrol kekuatan

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \leq 1 \rightarrow \phi_b = 0,9$$

Untuk mengantisipasi masalah putiran, maka M_{ny} dapat dibagi 2, sehingga:

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot \frac{M_{ny}}{2}} \leq 1$$

9. Kontrol lendutan

Batas lendutan maksimum untuk tipe elemen struktur gedung adalah:

$$\delta^o = \left(\frac{5 \times (q_d + q_L) \times L^4}{384 \times E \times I_x} \right) + \left(\frac{1 P a \times (3L^2 - 4a^4)}{24 \times E \times I_x} \right) \leq \frac{L}{350}$$

2.3.5. Perencanaan Portal

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

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

1. Pendimensian balok

Tebal minimum balok ditentukan dalam SNI 03-2847-2013 adalah untuk balok dengan dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum $l/16$, untuk balok dengan satu ujung menerus memiliki tebal minimum $l/18,5$, untuk balok dengan kedua ujung menerus memiliki tebal minimum $l/21$, untuk balok kantilever $l/8$.

2. Pendimensian kolom

3. Analisa pembebanan

4. Menentukan gaya-gaya dalam

Dalam menghitung dan menentukan besarnya momen yang bekerja pada suatu struktur bangunan, kita mengenal metode perhitungan dengan metode cross, takabeya, ataupun metode dengan menggunakan bantuan computer yaitu menggunakan program SAP 2000 14.

Berikut adalah cara menghitung besarnya momen dengan menggunakan :

1. Perancangan portal dengan menggunakan SAP 2000 14

a. Perancangan portal akibat beban mati

Langkah-langkah menentukan pembebanan pada portal adalah sebagai berikut :

- 1) Beban pelat
- 2) Beban balok
- 3) Beban penutup lantai dan adukan
- 4) Berat balok
- 5) Berat pasangan dinding (jika ada)

b. Perancangan portal akibat beban hidup

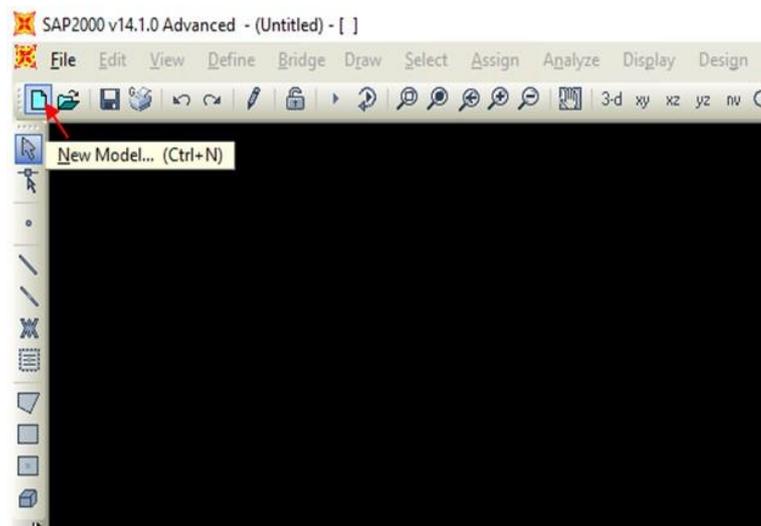
Untuk portal akibat beban hidup perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- 1) Menentukan pembebanan pada portal
- 2) Perhitungan akibat beban hidup = perhitungan akibat beban mati

Langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan metode SAP 2000 14 yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

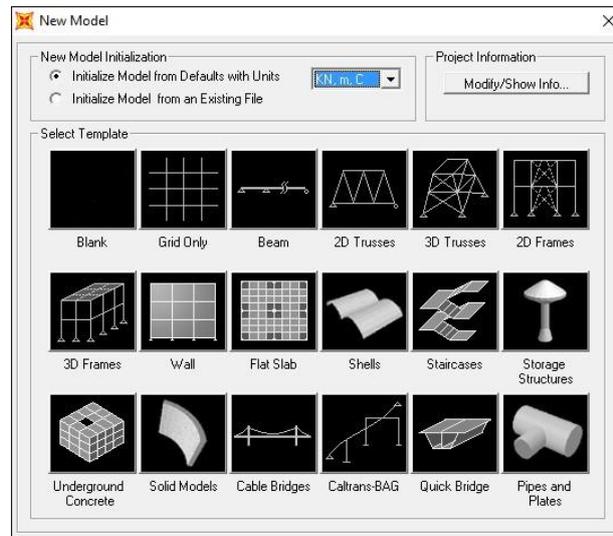
1. Buat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup

a. Klik New Model atau CTRL + N



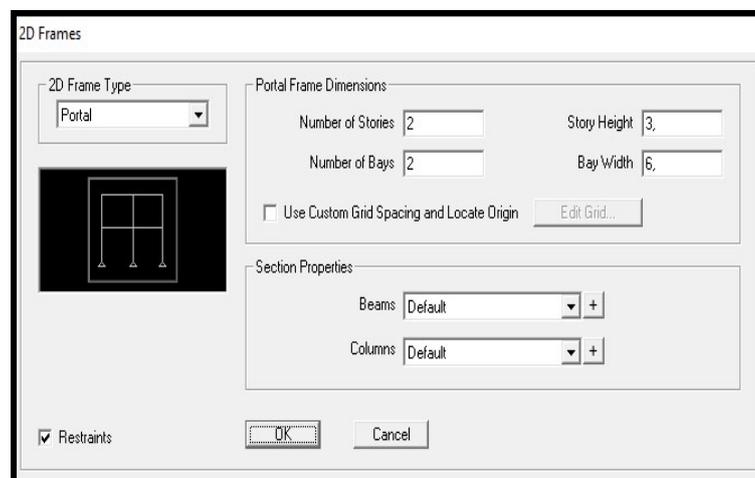
Gambar 2.5 Toolbar New Model

b. Kemudian akan tampil kotak seperti gambar dibawah ini, tetapkan satuan yang akan dipakai, misal kgf, m, c.



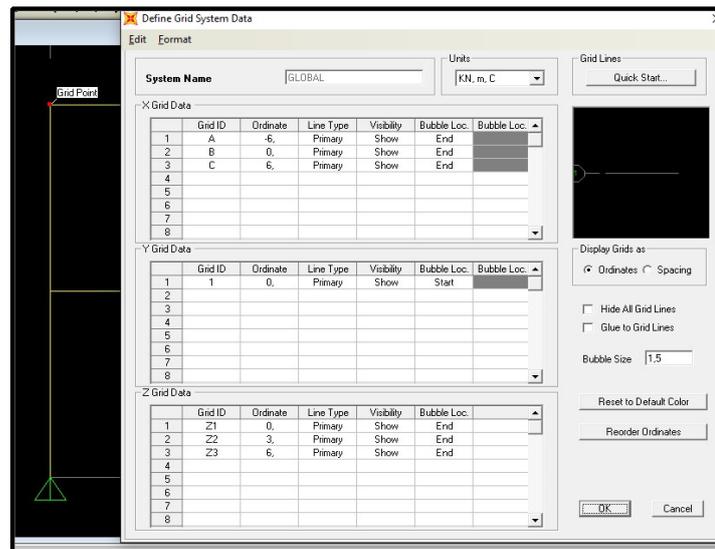
Gambar 2.6 Tampilan New model

- c. Pilih model template *2D Frames*, akan muncul jendela seperti Gambar 2.6 isikan *Number of stories*, *stroy height*, *Number of Bays*, dan *bay width* masukan sesuai data – data perencanaan. Kemudian klik ok.



Gambar 2.7 Tampilan 2D Frames

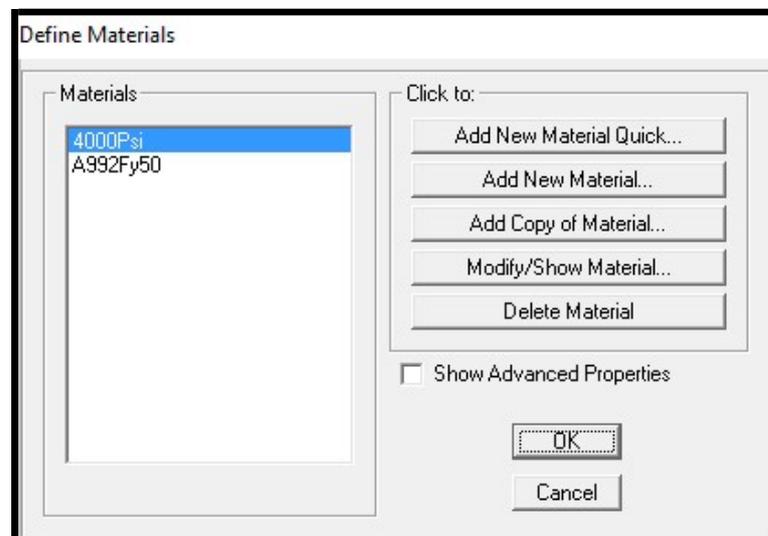
- d. untuk mengatur kembali jarak-jarak pada portal. Dapat dilakukan dengan cara klik 2x pada *grid point* yang terdapat pada portal. Maka, akan muncul tampilan *Define Grid system data* (dapat di lihat pada Gambar 2.7) Setelah itu dapat dilakukan penyesuaian kembali jarak portal dengan data perencanaan yang ada dan disesuaikan arah x, dan z pada SAP v.14



Gambar 2.8. Define Grid System Data

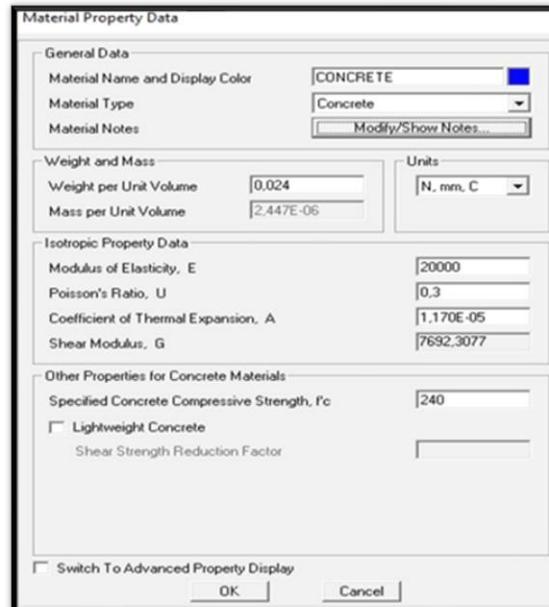
2. Menentukan Material

- a. Langkah pertama klik *Difane* pada Toolbar > selalu klik *Matreials* maka akan muncul jendela *Difine Materials*.



Gambar 2.9 Jendela Define Materials

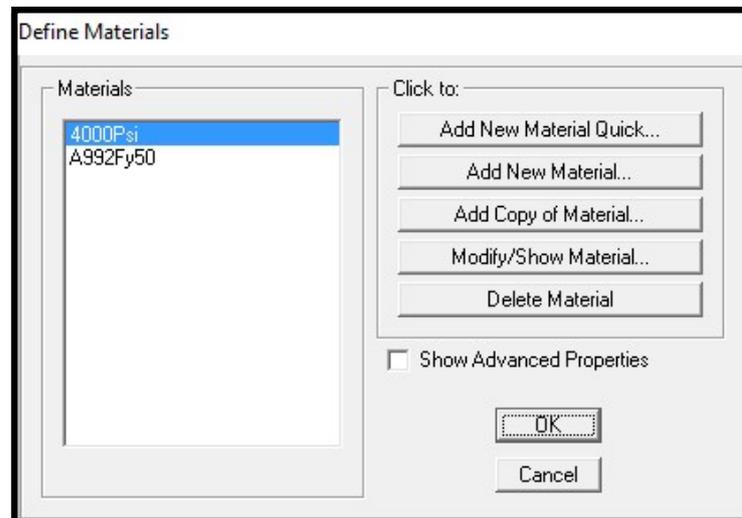
- b. Pilih Add new Material , maka akan muncul jendela material Property Data. Ganti nilai Weight per unit volume dengan 24 (nilai ini adalah nilai dari berat jenis beton). ubah nilai Modulus of Elasticity dengan rumus $4700\sqrt{f_c'} \cdot 1000$, serta ubah pula nilai f_c dan f_y sesuai dengan perencanaan, lalu masing-masing dikkali 1000, dan klik OK.



Gambar 2.10 Jendela Material Property Data

3. Menentukan nilai dimensi kolom dan balok

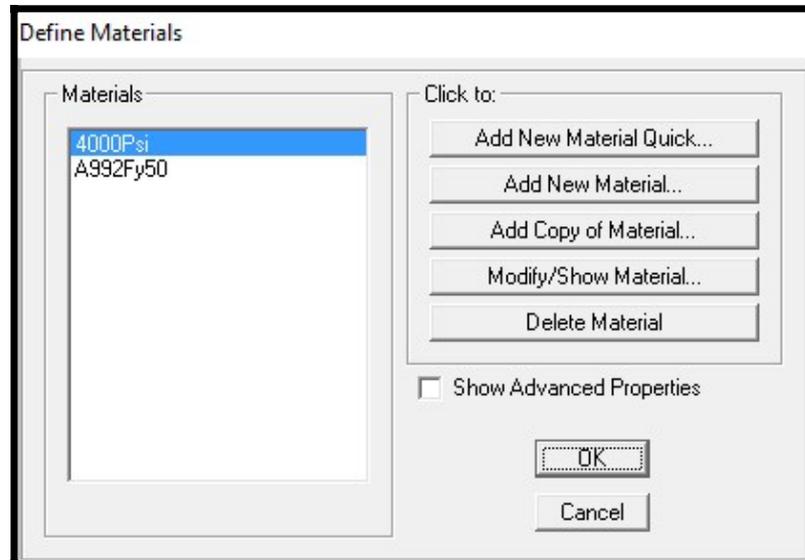
- a. Blok frame kolom/balok, lalu pilih menu pada toolbar, *Define* > *section properties* > *Frame section*, setelah memilih menu diatas akan tampil toolbar Frame Properties seperti pada gambar2.10.



Gambar 2.11 Toolbar Frame Properties

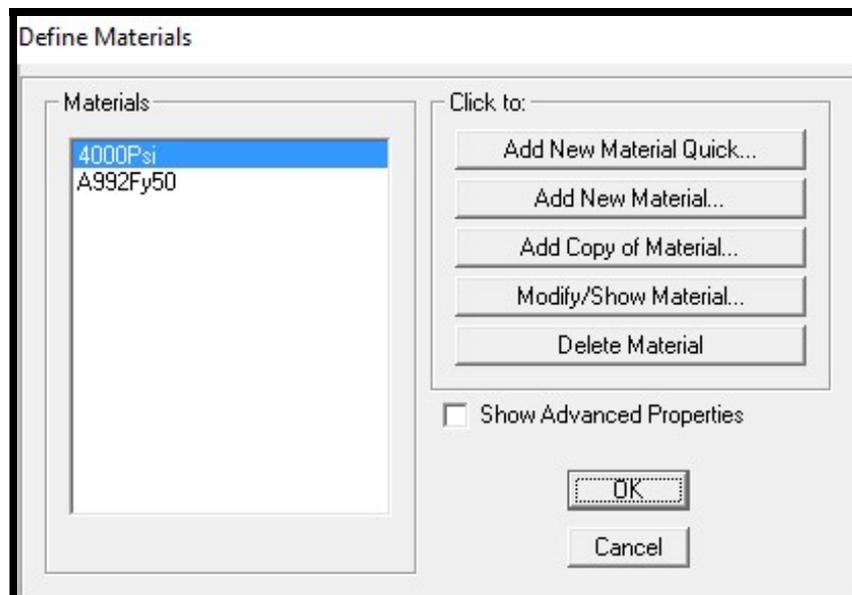
- b. klik add new property, maka akan muncul jendela add Frame Election property. Pada *Select Property Type*, Ganti *frame section Property Type*

menjadi *concrete*. Lalu pilih *rectangular* pada *click to add a Concrete section* (untuk penampang berbentuk segiempat).



Gambar 2.12 Jendela Add Frame Section Property

Maka akan muncul jendela seperti Gambar 2.12



Gambar 2.13 Jendela Rectangular Section

- c. ganti section name dengan nama Balok (untuk balok), Kolom (untuk kolom). ganti ukuran tinggi (Depth) dan lebar (Width) Balok /Kolom sesuai dengan perencanaan. Kemudian klik Concrete Reinforcement, klik Column (untuk kolom), Beam (untuk balok) lalu klik OK.

- d. Untuk menentukan frame tersebut balok atau kolom yaitu dengan cara memblok frame kemudian pada toolbar pilih menu Assign – Frame / Cable / Tendon – Frame Section – pilih Balok atau Kolom.

4. Membuat cases beban mati dan beban hidup.

- a. Pilih menu pada toolbar, *Define – Load pattern* – buat nama pembebanan, tipe pembebanan dan nilai koefisiennya diisi dengan nilai 0. Lalu klik *add New Load Pattern* seperti yang terlihat pada gambar. Apabila selesai klik OK.

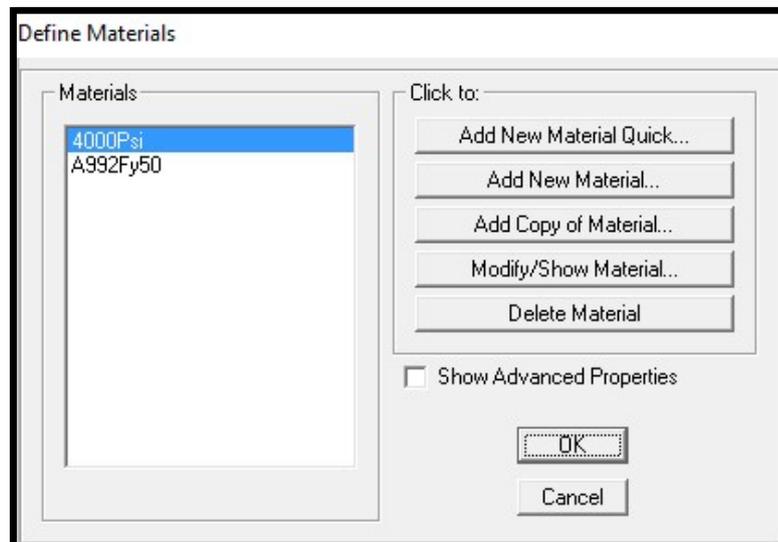


Gambar 2.14 Jendela Define Load Patterns

- b. Input nilai beban mati dan beban hidup

1) Akibat beban merata

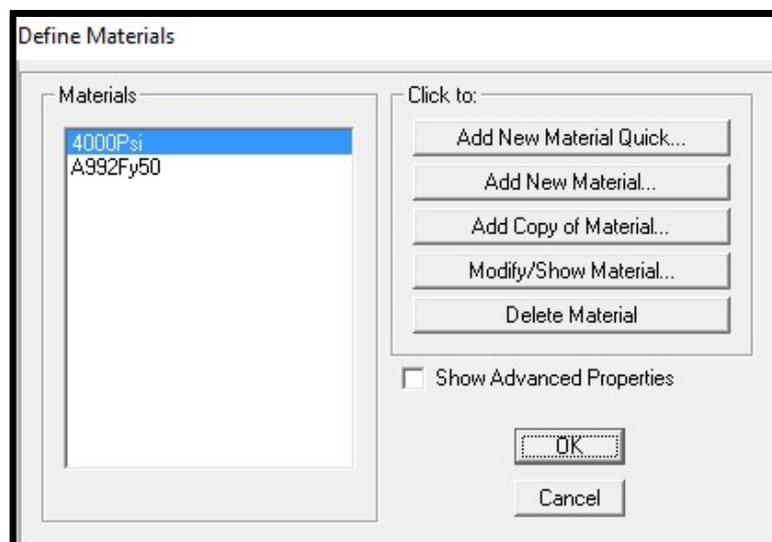
Blok frame yang akan di input, lalu pilih menu pada toolbar, *Assign – Frame Loads – Distributed* - pilih beban mati atau beban hidup untuk pembebanan tersebut pada *Load pattern Name*– klik *absolute distance from end-1* (agar dapat mengatur jarak yang diinginkan) – atur jarak (*distance*) di titik 1 diisi = 0 dan di titik 2 diisi = panjang frame, serta isi nilai bebannya pada 2 titik tersebut atau dapat dilakukan menggunakan uniform load untuk beban merata yang beban sama rata.



Gambar 2.15 Jendela Frame Distributed Loads

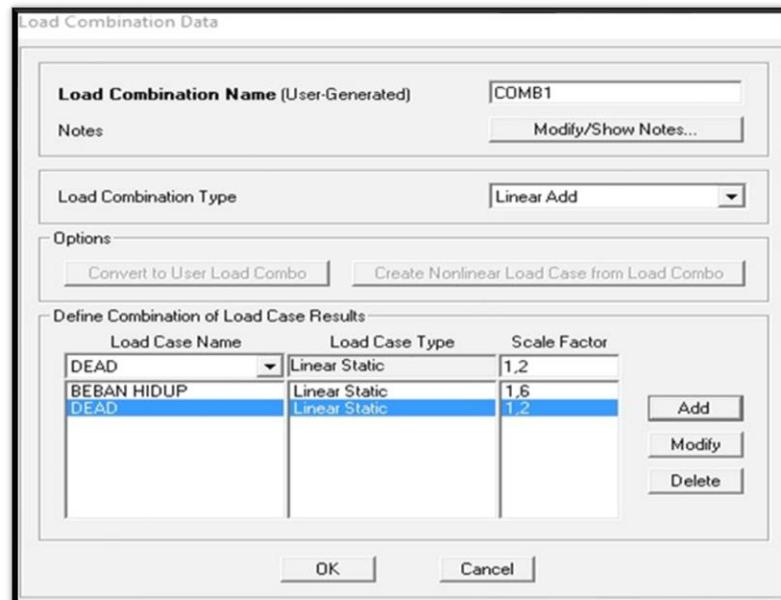
2) Akibat beban terpusat

Sama halnya seperti menginput data pada pembebanan merata, hanya saja setelah memilih menu *Frame*, selanjutnya yang dipilih adalah *Points*. maka akan tampil jendela seperti gambar



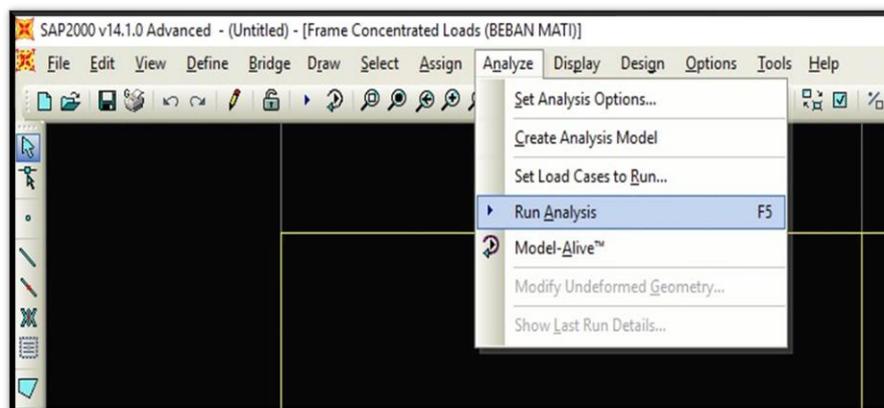
Gambar 2.16 Jendela Frame Point Loads

- c. Input *Load Combination* (beban kombinasi), yaitu 1,2 beban mati + 1,6 beban hidup. Blok seluruh frame yang akan di kombinasi, kemudian pilih menu pada toolbar, *Define – Combinations – add new combo*, kemudian akan terlihat seperti



Gambar 2.17 Jendela *Loads Combination*

5. Run analisis, seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.18 Run Analisis

2.3.6. Perencanaan Balok

Balok merupakan batang horizontal dari rangka struktur yang memikul beban tegak lurus sepanjang batang tersebut biasanya terdiri dari dinding, pelat atau atap bangunan dan menyalurkannya pada tumpuan atau struktur dibawahnya. Beberapa jenis balok beton bertulang berdasarkan perancangan lentur dan berdasarkan tumpuannya yaitu:.

1. Berdasarkan perancangan lentur jenis balok dibedakan sebagai berikut :

A. Balok persegi dengan tulangan tunggal

Balok persegi dengan tulangan tunggal merupakan balok yang hanya mempunyai tulangan tarik saja dan dapat mengalami keruntuhan akibat lentur.

B. Balok persegi dengan tulangan rangkap

Apabila besar penampang suatu balok dibatasi, mungkin dapat terjadi keadaan dimana kekuatan tekan beton tidak dapat memikul tekanan yang timbul akibat bekerjanya.

C. Balok “ T ”

Balok “ T “ merupakan balok yang berbentuk huruf T dan bukan berbentuk persegi, sebagian dari pelat akan bekerja sama dengan bagian atas balok untuk memikul tekan.

2. Berdasarkan Tumpuannya, balok dibagi menjadi 2 antara lain:

A. Balok induk

Balok Induk adalah balok yang bertumpu pada kolom. Balok ini berguna untuk memperkecil tebal pelat dan mengurangi besarnya lendutan yang terjadi. Balok anak direncanakan berdasarkan gaya maksimum yang bekerja pada balok yang berdimensi sama. Untuk merencanakan balok induk perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Menentukan mutu beton yang akan digunakan
2. Menghitung pembebanan yang terjadi, seperti :
 - a. Beban mati
 - b. Beban hidup
 - c. Beban balok
3. Menghitung beban ultimate

- a. Gaya lintang desain balok maksimum :

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

Keterangan :

U = beban ultimate

D = beban mati

L = beban hidup terfaktor per unit luas

b. Momen desain balok maksimum,:

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

Keterangan :

M_u = momen terfaktor pada penampang

M_{DL} = momen akibat beban mati

M_{LL} = momen akibat beban mati

4. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Penulangan lentur lapangan:

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

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \rightarrow \rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right)$$

– Pilih tulangan dengan dasar A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan

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

b. Penulangan lentur pada tumpuan

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

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

$$A_s = \rho \cdot b_{eff} \cdot d$$

– Pilih tulangan dengan dasar A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan

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

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

5. Tulangan geser rencana

$$\emptyset V_c = \emptyset 0,17 \emptyset \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

(SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 hal 485)

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

- $V_u > \phi V_c$ (perlu tulangan geser)
- $V_u \leq \phi V_n$
- $V_n = V_c + V_s$
- $V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$
- $V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$

(Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan;104) :

Keterangan :

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = gaya geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

B. Balok anak

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

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

- a. Gaya lintang desain balok maksimum :

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

Keterangan :

U = beban ultimate

D = beban mati

L = beban hidup terfaktor per unit luas

- b. Momen desain balok maksimum,:

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

Keterangan :

M_u = momen terfaktor pada penampang

M_{DL} = momen akibat beban mati

M_{LL} = momen akibat beban mati

4. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Penulangan lentur lapangan:

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

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \rightarrow \rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right)$$

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

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

b. Penulangan lentur pada tumpuan

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

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

$$A_s = \rho \cdot b_{eff} \cdot d$$

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

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

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

5. Tulangan geser rencana

$$\emptyset V_c = \emptyset 0,17 \emptyset \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

(SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 hal 485)

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

- $V_n = V_c + V_s$
- $V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$
- $V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$

(Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan;104) :

Keterangan :

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = gaya geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

2.3.7. Perencanaan Kolom

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil kurang dari tiga dinamakan pedestal.

Berikut adalah langkah-langkah dalam perencanaan kolom:

1. Cek dimensi penampang

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

b Memeriksa P_u terhadap beban seimbang

$$ab = \beta_1 \times C_b \rightarrow C_b = \frac{600 d}{600 + f_y}, d = h - d'$$

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

$$F_s' = f_y$$

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

$\phi P_n > P_u \rightarrow$ beton hancur pada daerah tarik

$\phi P_n < P_u \rightarrow$ beton hancur pada daerah tekan

c. Memeriksa kekuatan penampang

Akibat keruntuhan tarik

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

Akibat keruntuhan tekan

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

2. Perhitungan tulangan utama

a. Tulangan untuk kolom dibuat penulangan simetris berdasarkan kombinasi P_u dan M_u dari hasil perhitungan SAP diportal.

– Gaya aksial design kolom (*Sumber : SNI 2847-2019*)

$$P_u = 1,4 D$$

$$P_u = 1,4 D + 1,6 L$$

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

– Momen design kolom maksimum (*Sumber : SNI 2847-2019*)

$$M_u = 1,4 D$$

$$M_u = 1,4 DL + 1,6 LL$$

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

b. Perhitungan nilai eksentrisitas terhadap arah x dan y

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

c. Modulus elastisitas beton (*Berdasarkan SNI 2847-2019, hal 434*)

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

d. Nilai kekakuan (*Sumber : SNI 2847:2019, hal 102*)

$$I_g = 1/12 bh^3$$

$$I_c = 0,070 I_g \text{ (kolom)}$$

$$I_b = 0,35 I_g \text{ (balok)}$$

$$\frac{EI}{L_c} = \frac{E_c \cdot I_g}{2,5 (1 + \beta \cdot d)}, \text{ Untuk kolom}$$

$$\frac{EI}{L_b} = \frac{E_c \cdot I_g}{5 (1 + \beta \cdot d)}, \text{ Untuk balok}$$

e. Menentukan nilai K_n dan R_n

$$K_n = \frac{P_n}{\phi \cdot f_c' \cdot A_g} \text{ dan } R_n = \frac{P_n \cdot e}{f_c' \cdot A_g \cdot h}$$

f. Menghitung nilai eksentrisitas terhadap arah x dan y

$$e_{ux} = \frac{M_{ux}}{\Sigma P_u} \text{ dan } e_{uy} = \frac{M_{uy}}{\Sigma P_u}$$

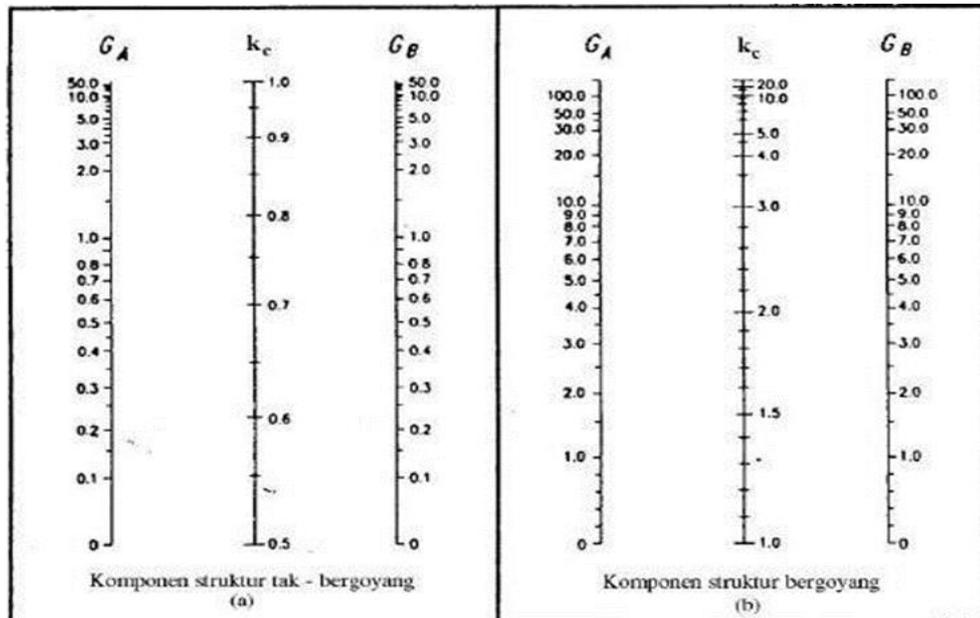
$e_{ux} > e_{uy}$, maka perhitungan kolom melihat arah x

$e_{ux} < e_{uy}$ maka perhitungan kolom melihat arah y

g. hitung faktor tahanan ujung Ψ_A dan Ψ_B pada sisi atas dan bawah kolom

Tentukan apakah portal termasuk portal bergoyang atau tidak, yaitu:

$$\Psi = \frac{\sum EI / I_c \text{ kolom}}{\sum EI / I_c \text{ balok}}$$



Gambar 2.19. Diagram Nomogram untuk Menentukan Tekuk dari Kolom
(Sumber : Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2019, hal 93)

h. Batas rasio kelangsingan (SNI 2847:2019 halaman 91)

Efek kelangsingan boleh diabaikan untuk:

- Elemen struktur tekan bergoyang apabila $\frac{Klu}{r} \leq 22$
- Elemen struktur tekan tak bergoyang, apabila:

$$\frac{Klu}{r} \leq 34 + 12 \left(\frac{M1}{M2} \right) \leq 40$$

Keterangan :

k = Faktor panjang efektif

lu = Panjang takterkekang

r = jari-jari girasi penampang 0,3h (persegi), 0,25d (lingkaran)

i. Menghitung kekakuan kolom (EI), beban tekuk euler (Pc), dan Cm

(SNI 2847:2019 halaman 107-108)

$$EI = \frac{0,2 E_c I_g + E_s I_{se}}{1 + \beta_{dns}} \text{ atau } EI = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}}$$

Untuk portal bergoyang nilai β_{dns} dapat diambil sama dengan nol.

Untuk portal tidak bergoyang menggunakan rumus :

$$\beta_{dns} = \frac{\text{beban tetap aksial terfaktor maksimum}}{\text{beban aksial terfaktor maksimum}} = \frac{1,2 D}{1,2 D + 1,6 L}$$

$$P_c = \frac{\pi^2 E I k}{(k \cdot l_u)^2}$$

$$C_m = 0,6 + \frac{0,4 M_1}{M_2} \geq 0,4$$

j. Menghitung faktor perbesaran momen (δ_{ns}) (SNI 2847:2019 hal. 110)

Faktor perbesaran momen untuk portal tidak bergoyang :

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 \Sigma P_c}} \geq 1$$

Faktor perbesaran momen untuk portal bergoyang :

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75 \Sigma P_c}} \geq 1$$

k. Menghitung M_c (momen rencana yang diperbesar)

Portal tidak bergoyang:

$$M_c = \delta_{ns} M_2$$

Portal bergoyang:

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \text{ dan } M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

Apabila $M_2 > M_1$, maka momen untuk desain kolom adalah:

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

Keterangan :

M_c = momen terfaktor order pertama

M_{2ns} = momen kolom terbesar pada struktur rangka tanpa pengaku

M_{2s} = momen kolom terbesar akibat goyangan ke samping pada struktur rangka tanpa pengaku.

1. Periksa nilai eksentrisitas terhadap syarat eksentrisitas minimum

$$e = \frac{M_u}{P_u} < e_{\min} = 15 + 0,03h$$

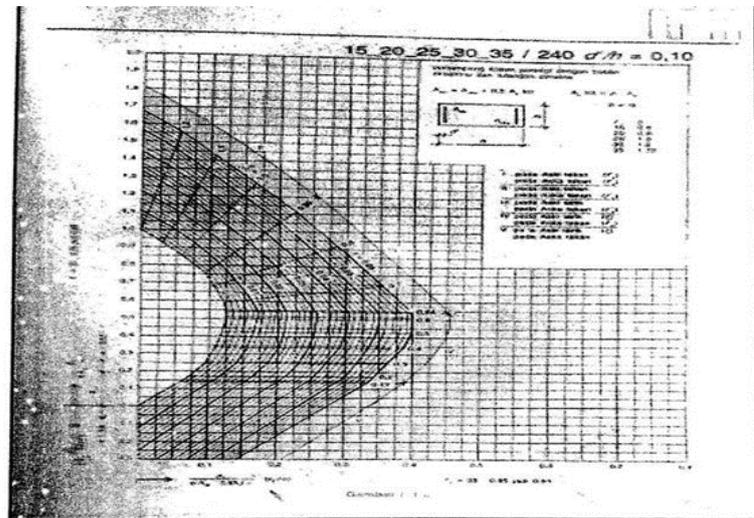
3. Desain Penulangan

a. Menghitung besar beban yang bekerja pada kolom, nilai ρ taksiran 1% - 8%.

$$\rho_g = 0,001 < \rho_{\min} = 0,01. \text{ Maka dipakai } \rho_{\min}$$

$$\rho = \rho_{\min} \cdot \beta$$

$$\rho = \rho'$$



Gambar 2,20. Tabel pg Vis dan Gideon Seri 4 (1993:81-82)

- b. Menghitung $A_s = A_s' = \rho \times b \times d$
 c. Menentukan jumlah tulangan yang akan digunakan

$$n = \frac{A_s \text{ total}}{\frac{1}{4}\pi D^2}$$

Tulangan tersebut akan disebar pada empat sisi kolom. Untuk itu perlu dipastikan bahwa jarak bersih antar tulangan memenuhi syarat SNI 2847-2019, Pasal 25.2.3; Hal-560 yaitu spasi bersih antar tulangan harus tidak kurang dari nilai terbesar dari:

$$s \geq 40 \text{ mm}$$

$$s \geq 1,5 \text{ db}$$

$$s \geq \left(\frac{4}{3}\right) d_{\text{agregrat}}$$

rumus untuk menghitung jarak bersih yaitu:

$$s = \frac{b - (2 \times ts) - (2 \times \emptyset s) - (n \times D)}{(n-1)}$$

- d. Analisa Kolom dalam kondisi aksial tekan sentris

$$\rho = \frac{A_g}{A_{st}}$$

Dimana:

$$A_g = b \times h$$

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

$$A_{st} = A_s + A_s'$$

$$\phi P_n = \phi P_0 = 0,65 \times (A_g [0,85f_c' + P_g (f_y - 0,85 f_c')])$$

$$P_n \text{ desain} = 0,8 P_0$$

e. Memeriksa P_u terhadap beban seimbang

$$C_b = \frac{600}{600 + f_y} \times deff$$

$$A_b = \beta_1 \times C_b$$

$$f_c' > 28 \text{ MPa dan } f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0,85 - 0,005 \frac{f_c' - 28}{7}$$

f. Periksa apakah tulangan telah leleh atau belum

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

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

Jika $\epsilon_s' \geq \epsilon_y$ maka tulangan leleh

g. Memeriksa kekuatan penampang

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot A_b \cdot b$$

$$C_s = A_s' (f_s' - 0,85 f_c')$$

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$P_n = C_c + C_s - T$$

$$M_n = C_c \left(\frac{h-a}{2} \right) + C_s \left(\frac{h}{2} - d' \right) + T \left(\frac{h}{2} - d' \right)$$

$$\phi = 0,65$$

Periksa nilai eksentrisitas terhadap syarat eksentrisitas minimum

$$e = \frac{M_u}{P_u} < e_{\min} = 15 + 0,03h$$

– Akibat keruntuhan tekan ($C > C_b$)

– Akibat keruntuhan tarik ($C < C_b$)

– Lentur Murni

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

$$\phi M_n = 0,90 (A_s f_y (d - \frac{a}{2}))$$

4. Perhitungan tulangan geser

a. Hitung tinggi efektif dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$deff = h - p - \text{tulangan Sengkang} - \frac{1}{2} \text{ tulangan pokok}$$

- b. jarak maksimum ditentukan dari nilai terkecil antara:
- 48 dv,
 - 16 db,
 - dimensi terkecil penampang kolom
- c. Periksa apakah dibutuhkan tulangan geser atau tidak (dipasang tulangan geser minimum).
- d. Menghitung nilai kuat geser beton kolom V_c menggunakan rumus berikut:
- $$\phi V_c = \phi 0,17 \cdot \left(1 + \frac{Nu}{14.A_g}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$
- e. Periksa syarat kemampuan penampang dengan V_u terbesar
- $$V_u \leq \phi (V_c + 0,66 \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d)$$
- $$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$
- f. Tentukan jarak tulangan geser (s) berdasarkan SNI 2847-2019; Pasal 25.7.2; Hal-599, batas minimum penemuan jarak antar tulangan geser.
- g. Hitung nilai luas tulangan geser $A_v = \frac{V_s \cdot s}{f_{yt} \cdot d}$
- h. Hitung nilai tulangan geser aktual, dan tentukan jumlah kaki tulangan geser sengkang
- i. Hitung kembali nilai $V_s = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{s}$
- j. Periksa bahwa memenuhi syarat: $\phi V_n \geq V_u$

3.3.4. Perencanaan Sloof

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

1. Penentuan dimensi sloof
2. Penentuan pembebanan pada sloof, meliputi berat sendiri sloof, berat dinding, dan berat plesteran, dan masukkan kombinasi untuk beban terfaktor.
3. Perhitungan momen (menggunakan program SAP 2000 V14)
4. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan
 - a. Tentukan $d_{\text{eff}} = h - p - \phi$ sengkang $- \frac{1}{2} \phi$ tulangan

b. Menentukan rasio tulangan

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \times f_c'}} \right) \rightarrow R = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

c. Menentukan diameter tulangan dengan syarat A_s terpasang $\geq A_s$ rencana

5. Perencanaan tulangan geser rencana

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

(Sumber : SNI 03-2847-2019 pasal 22.5.5.1, hal 485)

b) Jika $V_u < 0,5 \phi V_c$, tidak dibutuhkan tulangan geser.

c) Jika $0,5 \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$, dibutuhkan tulangan geser minimum. Dapat dipasang tulangan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum.

d) Jika $V_u > V_c$, tulangan geser harus dihitung

e) $V_u < \phi V_n \rightarrow V_n = V_c + V_s$

(SNI 2847:2019 halaman 482)

Sehingga: $V_u < \phi (V_c + V_s) \rightarrow \phi = 0,75$.

(SNI 2487-2019 Tabel 21.2.1)

f) Luas minimum tulangan geser

$$A_v = 0,0062 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \frac{(b_w \cdot S)}{F_{yt}} \geq \frac{0,35 \cdot b_w \cdot S}{F_{yt}}$$

(Sumber : SNI 03-2847-2019 Pasal 9.6.3.3, hal 192)

g) Jarak maksimum tulangan geser

Jika $V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$, maka $S = \frac{d}{2}$ atau 600 mm

Jika $V_s > 0,33 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$, maka $S = \frac{d}{4}$ atau 300 mm

(Sumber : SNI 03-2847-2019 Pasal 11.4.5, R9.6.3, hal 192)

Dengan batasan kebutuhan luas tulangan geser :

$$S_{max} = \frac{A_v \cdot F_{yt}}{0,0062 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w}, \text{ untuk } f_c' > 30 \text{ Mpa}$$

$$S_{max} = \frac{A_v \cdot F_{yt}}{0,035 \cdot b_w}, \text{ untuk } f_c' \leq 30 \text{ Mpa}$$

Sehingga sengkang vertikal dihitung dengan rumus: $S_{max} = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s}$

2.3.8. Perencanaan Pondasi

Istilah pondasi digunakan dalam teknik sipil untuk mendefinisikan suatu bagian konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai penopang bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure*) ke lapisan tanah yang cukup kuat daya dukungnya. Untuk itu, pondasi bangunan harus diperhitungkan untuk dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban-beban berguna, gaya-gaya luar, seperti tekanan air, gempa bumi, dan lain-lain. disamping itu, tidak boleh terjadi penurunan melebihi batas yang diijinkan. Jenis pondasi yang dipakai sesuai dengan kedalaman tanah yang akan dibangun oleh karena itu pemakaian jenis pondasi harus sesuai dengan kriteria tanah yang akan dibangun.

Tiang pancang bagian-bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton dan/ atau baja, yang digunakan untuk menenruskan (mentransmisikan) bebabn-beban permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah dalam massa tanah (Analisis dan Desain Pondasi, Joseph E. Bowles, 1991:193).

Jenis-jenis penyaluran beban pada tiang pancang yaitu :

1. Daya dukung tanah keras

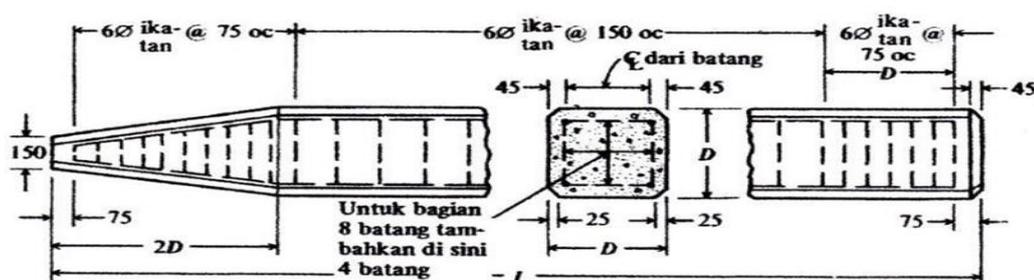
Tiang yang kapasitas dukungnya ditentukan oleh tahanan ujung tiang.

2. Hambatan

Tiang yang kapsitas dukungnya ditentukan oleh perlawanan gesek antara dinding tiang dan tanah sekitarnya.

Tiang pancang dapat dibagi dalam 3 macam berdasarkan cara pembuatannya yaitu:

- a. Tiang pancang beton Pracetak (*Precast Reinforced Concrete Pile*) adalah tiang pancang beton bertulang yang dicetak dan dicor dalam acuan beton (bekisting) yang setelah cukup keras kemudian diangkat dan dipancangkan.



Gambar 2.21. Tiang Pancang Beton Pracetak
(DocPlayer.info)

- b. Tiang Pancang Pratekan Pracetak (*Precast Prestressed Concrete Pile*) Tiang pancang *Precast Prestressed Concrete Pile* adalah tiang pancang beton yang dalam pelaksanaan pencetakannya sama seperti pembuatan beton prestess, yaitu dengan menarik besi tulangnya ketika dicor dan dilepaskan setelah beton mengeras seperti dalam berikut.



Gambar 2.22. Tiang pancang *Precast Prestressed Concrete Pile*
(*Duniasipilku.blogspot*)

- c. Cor ditempat (*Cast in Place*)

Cast in Place merupakan tiang pancang yang dicor ditempat dengan cara membuat lubang ditanah terlebih dahulu dengan cara melakukan pengeboran. Pada *Cast in Place* ini dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu :

1. Dengan pipa baja yang dipancangkan ke dalam tanah, kemudian diisi dengan beton dan ditumbuk sambil pipa baja tersebut ditarik ke atas.
2. Dengan pipa baja yang dipancang ke dalam tanah, kemudian diisi dengan beton sedangkan pipa baja tersebut tetap tinggal di dalam tanah.

Pada kenyataan sebenarnya jarang sekali ditemukan tiang pancang yang berdiri sendiri, akan tetapi kita sering mendapatkan pondasi tiang pancang dalam bentuk kelompok, seperti pada gambar berikut.

Adapun penyelesaian perhitungan pondasi tiang pancang dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menentukan daya dukung ijin tekan

Secara umum, terdapat 3 parameter yang dijadikan nilai daya dukung ijin, yaitu berdasarkan hasil sondir, SPT, dan spesifikasi dari pabrik. Dalam kasus ini, nilai didapatkan dari pengujian SPT, menggunakan rumus mayerhoff

$Q_{ijin} = Q_p + Q_s$, dimana:

Daya dukung ujung tiang ultimate (Q_p):

$$Q_p = A_p \times \frac{0,4 \times N \times L}{D}$$

Daya dukung geser tiang (Q_s):

$$Q_s = \sum p_f \times \Delta L$$

- Menentukan jumlah tiang pancang

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

Niali Q didapat dari pembebanan gaya dalam tiang pancang yang menggunakan software SAP2000 v14.

- Menentukan jarak antar tiang

Jarak tiang pancang (as ke as) sebesar $2,5D \leq s \leq 4D$.

Jarak antar tiang (As tiang ke tepi pilecap) sebesar $1,5D \leq s \leq 2D$.

- Menghitung Panjang penyaluran

- Pajang penyaluran kondisi Tarik

$$ld = \left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,7 \Lambda \sqrt{f_c'}} \right) db$$

- Panjang penarikan kait standar

$$ldh = \left(\frac{0,24 f_y \Psi_t \Psi_e}{\Lambda \sqrt{f_c'}} \right) db$$

- Panjang Penyaluran kondisi tekan

$$ldc = \left(\frac{0,24 f_y \Psi_r}{\Lambda \sqrt{f_c'}} \right) db$$

- Menentukan ketebalan pile cap berdasarkan SNI 2847-2019; Pasal 13.4.2.1, $D \geq 300$ mm.

- Evaluasi ulang jumlah tiang pancang

$$P_u = (p \times L \times h \times B J_{Beton}) + P_{u-awal}$$

$n = \frac{p}{P_{ijin}}$, n harus sama /mendekati jumlah yang telah ditentukan sebelumnya.

- Menentukan gaya tekan pada tiang pancang dengan rumus sebagai berikut:

$$P_i = \frac{P_u}{n} \pm \frac{M_y X_i}{\sum X^2} \pm \frac{M_x Y_i}{\sum Y^2}$$

8. Cek kapasitas tiang pancang

Kapasitas per-unit tiang pancang: $P_{max} < P_{ijin}$

Kapasitas kelompok: $\theta = \text{Arc tan} \left(\frac{D}{s} \right)$

persyaratan kapasitas kelompok : $n \times P_{ijin} \times \eta > P_u$

9. Analisis *Punching Sheer*

– Tentukan rata-rata tinggi efektif pelat pile cap arah x dan y

– Hitung geser ultimit (V_u) Aksi 2 arah maupun 1 arah

$$V_u = \frac{P_u}{A_{pelat}} \times A_{eff}$$

– Analisa pada kondisi 2 arah maupun 1 arah

– Desain tulangan lentur pile cap

$$P_i = \frac{P_u}{n} \pm \frac{M_y X_i}{\sum X^2} \pm \frac{M_x Y_i}{\sum Y^2}$$

– Hitung momen ultimate baik tulangan arah x maupun tulangan arah y menggunakan rumus sebagai berikut:

$$M_u = (P_{total} \times \text{jarak As kolom ke As tiang}) - (Q \times \text{jarak As kolom ke As setengah pile cap})$$

10. Menghitung tulangan lentur pile cap arah x dan y

– Hitung rasio tulangan menggunakan rumus:

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot x \cdot f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right]$$

– Hitung luasan tulangan yang dibutuhkan dengan menggunakan rumus:

$$A_{Sperlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

Terkait batas maksimal spasi tulangan lentur, berdasarkan SNI 2847-2019; Pasal 7.7.2.3; Hal-126, nilai maksimal spasi pelat harus kurang dari 3h atau 450 mm.

– Hitung luasan tulangan terpasang menggunakan rumus:

$$A_s = \frac{1000}{s} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2$$

$A_s \text{ terpasang} > A_s \text{ perlu}$.

2.4. Manajemen Proyek

Manajemen Proyek (Pengelolaan Proyek) merupakan suatu proses dalam hal perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, dan koordinasi suatu proyek dari awal betupa gagasan sampai selesainya proyek tersebut untuk menjamin proyek dilaksanakan tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu. Dalam manajemen proyek terdapat 3 kegiatan pokok proyek yang menjadi proses/sistem suatu proyek, yaitu sebagai berikut:

1. *Planning* (Perencanaan) yaitu meliputi pengaturan tujuan dan cara agar tujuan tersebut tercapai, berupa kegiatan merencanakan teknik pelaksanaan pekerjaan, merencanakan waktu pelaksanaan pekerjaan, dan juga merencanakan pelaksanaan uji mutu.
 - a. Perencanaan (*Planning*)
 - b. Penetapan tujuan (*goal setting*)
 - c. Pengumpulan sumber daya proyek (*Assembling resources*)
 - d. Koordinasi (*Coordinating*)
 - e. Pembiayaan (*Budgeting*)
2. *Organizing* (Pengorganisasian), yaitu suatu proses dalam penyusunan organisasi yang efisien beserta mekanismenya, baik hubungan dengan kontraktor, konsultan, maupun dengan pemilik proyek (*owner*)
 - a. Pengisian staff (*Staffing*)
 - b. Penyusunan Organisasi (*Organizing*)
 - c. Penyusunan mekanismenya
3. *Actuating/Implementation* (Pelaksanaan) yaitu proses mengaktualisasikan yang berhubungan dengan komunikasi, motivasi, kepemimpinan, dan pengarahan
 - a. Koordinasi (*Coordinating*)
 - b. Komunikasi (*Communication*)
 - c. Pengarahan (*Briefing*)
4. *Controlling* (Pengendalian) yaitu kegiatan monitoring berupa pengawasan terhadap biaya, mutu/kualitas, dan waktu.
 - a. Pengawasan (*supervising*)

- b. Pengendalian (*Controlling*)
- c. Koordinasi (*Coordinating*)
- d. Pelaporan (*Reporting*)

Dokumen tender adalah suatu dokumen yang terdapat di dalam sebuah proyek yang dibuat oleh konsultan perencana atas permintaan klien sesuai dengan kesepakatan terlebih dahulu. Dokumen tender akan memberikan penjelasan atas peserta lelang karena terdiri dari sistem tender yaitu suatu cara yang dilakukan dengan pemilik suatu proyek untuk pelaksanaan proyek tersebut agar dapat dilaksanakan dengan harga serendah-rendahnya dan wajar dengan waktu sesingkat-singkatnya dengan sistem kompetisi. Adapun proyek tersebut dilaksanakan dengan sistem kontrak. Syarat-syarat ketentuan yang akan memberikan informasi dengan jelas. Oleh karena itu setiap kontraktor yang akan mengikuti lelang harus memiliki dokumen tender tersebut, karena hal ini akan mempengaruhi harga penawaran.

2.4.1. Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS)

Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS) adalah dokumen yang berisikan nama proyek berikut penjelasannya berupa jenis, luas dan lokasinya, serta tata cara pelaksanaan, syarat-syarat pekerjaan, syarat mutu pekerjaan serta keterangan-keterangan lain yang hanya dapat dijelaskan dalam bentuk tulisan. RKS biasanya diberikan bersama dengan gambar kerja yang menjelaskan mengenai proyek yang akan dilaksanakan. Adapun semua hal yang terdapat di dalam sebuah RKS adalah sebagai berikut:

1. Syarat Umum :
 - a. Keterangan tentang pemberi tugas atau pemilik proyek (*owner*)
 - b. Keterangan mengenai perencanaan (desain)
 - c. Syarat-syarat peserta lelang
 - d. Bentuk surat penawaran dan cara penyampaiannya
2. Syarat administrasi:
 - a. Jangka waktu pelaksanaan pekerjaan
 - b. Tanggal/ waktu penyerahan pekerjaan /barang
 - c. Syarat-syarat pembayaran

- d. Denda atas keterlambatan
 - e. Besarnya jaminan penawaran
 - f. Besarnya jaminan pelaksanaan
3. Syarat Teknis
- a. Jenis dan uraian pekerjaan yang harus dilaksanakan
 - b. Jenis dan mutu bahan yang digunakan semaksimal mungkin harus menggunakan hasil produksi dalam negeri dengan memperlihatkan potensi nasional
 - c. Cara pelaksanaan pekerjaan
 - d. Gambar detail, gambar konstruksi, dan segala sesuatu yang menjadi pelengkap untuk menunjang semua kegiatan di proyek

Untuk dapat menyusun rencana kerja untuk sebuah proyek, maka harus dibutuhkan item-item berikut ini:

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

2.4.2. Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada pada suatu proyek pembangunan. Volume pekerjaan dihitung dalam setiap jenis pekerjaan. Volume pekerjaan ini berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan untuk mendapatkan harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada berdasarkan Uraian pekerjaan/ *WBS (Work Breakdown System)*. Volume pekerjaan bisa dalam satuan panjang, luasan, maupun isi/volume terhadap bahan yang digunakan.

2.4.3. Analisa Harga Satuan

Analisa harga satuan pekerjaan merupakan perhitungan biaya-biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang terdapat dalam suatu proyek pembangunan. Harga satuan ini berguna agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan setiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat dalam analisa harga satuan ini nantinya akan diperoleh total biaya keseluruhan dari hasil perkalian dengan volume pekerjaan. Analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Analisa harga satuan terdiri dari harga bahan dan upah tenaga kerja yang didapat dari pasaran dan sesuai lokasi pekerjaan. Karena dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu proyek, harga satuan bahan dan upah tenaga kerja yang berlaku di setiap daerah berbeda-beda. Harga-harga tersebut dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan dan upah tenaga kerja.

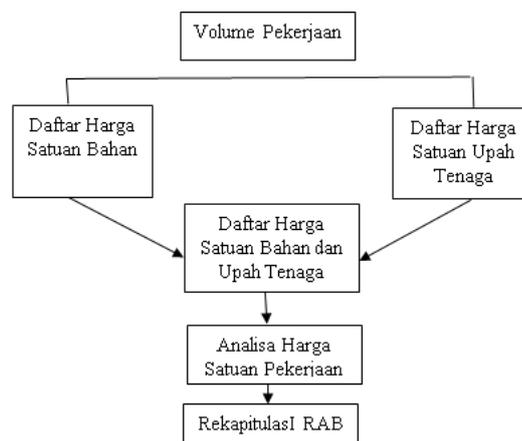
2.4.4. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rancangan anggaran biaya (RAB) adalah suatu acuan atau metode penyajian perhitungan rencana biaya yang harus dikeluarkan dari awal pekerjaan dimulai hingga pekerjaan tersebut selesai dikerjakan. Rencana biaya harus mencakup keseluruhan kebutuhan pekerjaan tersebut, baik itu biaya material atau bahan yang diperlukan, upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan suatu proyek.

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Bangunan dengan ukuran dan jenis yang sama akan memiliki anggaran biaya yang berbeda di masing-masing daerah karena perbedaan harga bahan upah dan tenaga kerja. Tujuan dari pembuatan RAB adalah untuk memberikan gambaran yang pasti tentang besaran biaya yang dibutuhkan.

Tahapan-tahapan yang sebaiknya dilakukan sebelum menyusun rencana anggaran biaya adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data tentang jenis, harga serta kemampuan pasar yang menyediakan bahan/material konstruksi secara kontinyu.
2. Mengumpulkan data tentang upah pekerja yang berlaku di lokasi proyek dan atau upah pada umumnya jika pekerja didatangkan dari luar daerah lokasi proyek.
3. Menghitung analisa bahan dan upah dengan menggunakan analisa harga satuan pekerjaan.
4. Menghitung harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan.
5. Membuat rekapitulasi dari rencana anggaran biaya yang telah dihitung secara lengkap



Gambar 2.23. Tahapan Penyusunan Rekapitulasi Harga Sebuah Proyek

2.4.5. Rencana Pelaksanaan (*Time Schedule*)

Rencana kerja merupakan serangkaian tujuan dan proses yang bisa membantu untuk mencapai tujuan pembangunan. Adapun rencana kerja yang akan

dilakukan dalam Perencanaan Perancangan Pembangunan Gedung Pusat Pelayanan Kesehatan Rumah Sakit Umum Daerah Talang Ubi Kabupaten Pali antara lain sebagai berikut:

1. *Barchart*

Rencana kerja yang paling sering digunakan adalah diagram batang (*barchart*) atau *gant chart*. *Barchart* sering digunakan secara meluas dalam sebuah proyek konstruksi karena lebih sederhana, mudah dalam pembuatannya serta mudah untuk dimengerti oleh pemakainya.

Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertical yang menunjukkan jenis pekerjaan, sedangkan kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang.

Adapun keuntungan dari penggunaan *barchart* ini sendiri adalah sebagai berikut :

- a. Bentuknya sederhana
- b. Mudah dibuat
- c. Mudah dimengerti
- d. Mudah dibaca

Sedangkan kekurangan dari penggunaan *barchart* adalah sebagai berikut :

- a. Hubungan antara pekerjaan yang satu dan yang lain kurang jelas, dan kurang spesifik
- b. Sulit diperbaiki.
- c. Sulit digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang besar.

Proses penyusunan diagram batang untuk membuat suatu *barchart* dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

- 1) Daftar item kegiatan yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
- 2) Urutan pekerjaan dari daftar item kegiatan tersebut di atas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu dan item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian

dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.

- 3) Waktu pelaksanaan pekerjaan adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan.

Cara membuat sebuah *barchart* yang biasanya digunakan dalam sebuah proyek pembangunan adalah sebagai berikut:

- 1) Rencanakan waktu pelaksanaan setiap pekerjaan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui item pekerjaan yang harus diselesaikan sebelum pekerjaan berikutnya dapat dikerjakan atau dapat dikerjakan dalam waktu bersamaan. Misalkan:
 - a) Pekerjaan persiapan dikerjakan pertama kali sampai akhir pekerjaan, selanjutnya baru dapat dikerjakan pekerjaan galian tanah.
 - b) Pekerjaan rantai kerja baru dapat dikerjakan setelah pekerjaan galian tanah selesai.
 - c) Pekerjaan pasir urug baru dapat dikerjakan setelah pembuatan rantai kerja selesai dilaksanakan.
 - d) Pekerjaan pondasi batu kali/bata dapat dikerjakan dalam waktu bersamaan dengan pekerjaan pasir urug.
 - e) Pekerjaan urugan kembali dapat dikerjakan setelah semua item pekerjaan pondasi selesai dilaksanakan.
- 2) Buatlah tabel rangkaian pekerjaan yang berisi item pekerjaan dan waktu pelaksanaan dengan menggunakan kurva S

2. Kurva S

Progres pekerjaan dapat dibuat kurva S. Bentuk kurva S biasanya mempunyai kemiringan yang landai pada setiap tahap permulaan dan tahap akhir dari pelaksanaan proyek.

Kurva S diperlukan untuk menggambar kumulatif progress-progres pada momen tertentu dalam pelaksanaan pekerjaan sebuah proyek pembangunan, fungsinya yaitu untuk mengendalikan waktu, mengendalikan progress, dan sebagai koreksi pekerjaan. Rencana progres yang dibuat dalam kurva S merupakan referensi/kesepakatan dari semua pihak atas progres yang dihasilkan oleh kontraktor pada setiap moment waktu tertentu. Kurva S dibuat berdasarkan rencana dan pelaksanaan progress dari setiap pekerjaan.

Bila kurva S dari rencana progres dan pelaksanaan dibandingkan maka dapat diketahui secara visual besarnya dan kecenderungan dari penyimpangan yang terjadi, apakah pelaksanaan lebih cepat atau lebih lambat dari rencana yang disepakati. Dengan mengetahui hal ini tentu dapat dimulai Tindakan koreksi sehingga pekerjaan dapat dilakukan sesuai dengan rencana agar tidak terlambat dari jadwal.

Kurva S dibuat dengan sumbu vertikal sebagai nilai/ bobot kumulatif biaya atau penyelesaian pekerjaan terhadap biaya keseluruhan dan sumbu horizontal sebagai waktu kalender masing-masing dari angka 0 sampai 100, kurva tersebut harus berbentuk huruf S karena kegiatan proyek berlangsung sebagai berikut:

- a. Kemajuan awalnya bergerak lambat
- b. Kegiatan akan bergerak cepat dalam kurun waktu yang lebih lama
- c. Akhirnya, kecepatan kemajuan menurun (kurva melandai) dan berhenti pada titik akhir.

3. *Network Planning* (NWP)

Network Planning merupakan suatu cara atau teknik dalam bidang perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Produk yang dihasilkan dari *network planning* ini adalah kegiatan yang ada dalam proyek. *Network planning* digunakan untuk mengkoordinasi berbagai pekerjaan, mengetahui apakah suatu pekerjaan bebas atau tergantung dengan pekerjaan lainnya, menunjukkan waktu penyelesaian yang kritis atau tidak, dan kepastian dalam penggunaan sumber daya. *Network planning* memiliki beberapa tipe, yaitu preseden, metode jalur kritis (*Critical Path*

Methodes), *program evaluation dan review technique (PERT)*, *Grafis Evaluation dan review technique (GERT)*.

Adapun kegunaan dari NWP adalah :

- a. Merencanakan, *Scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
- b. Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara detail dari proyek.
- c. Membuat dokumen dan mengkomunikasikan rencana *scheduling* (waktu), dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.
- d. Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*Critical Path*) saja yang perlu pengawasan ketat.

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun sebuah NWP dalam suatu proyek konstruksi adalah sebagai berikut:

1. Urutan Pekerjaan yang Logis

Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, pekerjaan apa yang dapat dilakukan berbarengan dengan pekerjaan lainnya, dan pekerjaan apa saja yang kemudian mengikutinya.

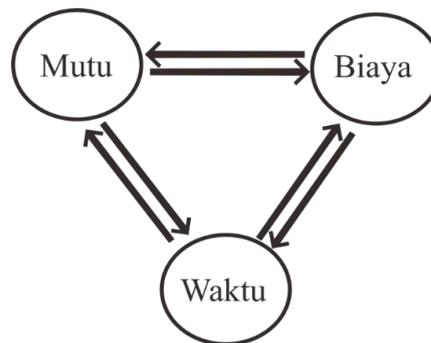
2. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan.

Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Kalau proyek itu baru sama sekali biasanya diberi *slack*/kelonggaran waktu.

3. Biaya untuk mempercepat pekerjaan.

Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berada pada jalur-jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya : biaya-biaya lembur, biaya penambahan tenaga kerja dan sebagainya.

Pengendalian sebuah proyek konstruksi direncanakan sebaik mungkin diharapkan agar dapat menyelaraskan antara biaya proyek yang ekonomis, menghasilkan mutu pekerjaan yang baik/berkualitas dan selesai tepat waktu karena ketiganya adalah 3 elemen yang saling mempengaruhi, seperti terlihat pada gambar 2.16 di bawah ini.



Gambar 2.24. Siklus Biaya, Mutu dan Waktu (BMW)

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

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

Adapun pembagian macam-macam dari *Network Planning* (NWP) adalah sebagai berikut:

1. CMD : *Chart Method Diagram*
2. NMT : *Network Management Technique*
3. PEP : *Program Evaluation Procedure*
4. CPA : *Critical Path Analysis*
5. CPM: *Critical Path Method*
6. PERT: *Program Evaluation and Review Technique*

Pada perkembangannya, NWP terdapat beberapa bahasa/symbol *diagram network*, di antaranya sebagai berikut:

1. *Event on the node*, yaitu saat dimulai dan berakhirnya suatu pekerjaan, biasanya digambarkan dalam bentuk lingkaran. Ruang sebelah kiri untuk memberi simbol/ keterangan yang melambangkan suatu pekerjaan, dengan dua buah keterangan waktu di masing-masing pekerjaan, yaitu waktu pengerjaan paling cepat (EET/ *Earliest Event Time*), dan waktu pengerjaan paling lambat (LET/ *Latest Event Time*).
2. *Activity on the node*, yaitu setiap bagian dari pekerjaan yang membutuhkan *duration* (jangka waktu tertentu), dan *resources* (tenaga, *equipment*, material dan biaya) dalam penyelesaian pekerjaan tersebut. Simbolnya adalah  **Arrow**, bentuknya berupa anak panah yang berarti aktivitas/kegiatan.
3. *Node/event* bentuknya berupa lingkaran bulat yang berarti saat, peristiwa atau kejadian, permulaan atau akhir dari satu atau lebih kegiatan.
4.  **Double arrow** berupa anak panah sejajar yang berarti lintasan kritis (*Critical Path*)
5.  **Dummy Activity** berupa anak panah putus-putus yang berarti kegiatan semu atau aktivitas semu. *Dummy* merupakan suatu aktivitas/kegiatan yang tidak membutuhkan sumber daya (*resources*), dan tanpa dimensi waktu (*duration*).
6.  **Jalur kritis**, merupakan jalur/ lintasan yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat. Jalur kritis menunjukkan bahwa pekerjaan tersebut tidak boleh ditunda dengan waktu pengerjaan paling cepat (EET/ *Earliest Event Time*) sama dengan waktu pengerjaan paling lambat (LET/ *Latest Event Time*). Apabila pada salah satu *event* di dalam rangkaian kritis ada yang melampaui waktu yang telah ditentukan, maka penyelesaian proyek tersebut dapat dipastikan mengalami keterlambatan dari jadwal, oleh sebab itu jalur kritis perlu perhatian dan pengawasan yang ketat.
7. (*Float/ Slack Time*) atau waktu mengambang adalah tersedianya sejumlah waktu tertentu untuk dapat ditundanya atau diperpanjangnya waktu

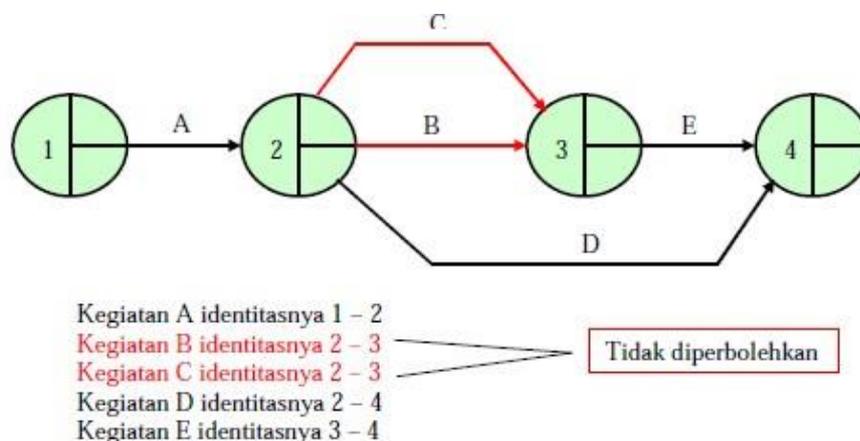
pelaksanaan suatu pekerjaan/ batas toleransi keterlambatan suatu pekerjaan yang dapat dimanfaatkan untuk optimisasi waktu dan alokasi sumber daya.

Adapun 2 jenis float perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

- a) Total *Float* yaitu sejumlah waktu penundaan/ waktu terlambat yang terdapat pada suatu pekerjaan tanpa mempengaruhi selesainya proyek secara keseluruhan dengan rumus: $TF = LET2 - EET1 - D$ (1-2)
- b) *Free Float* yaitu sejumlah penundaan/ waktu tenggang maksimum, untuk bisa diperlambatkan pekerjaan tersebut tanpa mempengaruhi dimulainya pekerjaan berikutnya yang secara langsung mengikutinya, dengan rumus $FF = EET2 - EET1 - D$ (1-2)

Adapun hal-hal penting yang perlu diperhatikan dengan teliti dalam menggambarkan diagram *Network Planning*, di antaranya sebagai berikut:

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



Gambar 2.25. Simbol-simbol NWP