

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uraian Umum

Menurut Erviant (2002), proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek. Dalam rangkaian kegiatan tersebut, terdapat suatu proses yang mengolah sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan yang berupa bangunan. Oleh karena itu sebelum melakukan konstruksi diperlukan perancangan struktur yang tepat.

Dalam suatu kegiatan konstruksi, perancangan adalah sebuah kegiatan yang sangat penting sebelum dilakukannya pelaksanaan di lapangan. Kesalahan dalam perancangan akan mengakibatkan terjadinya kerugian secara materiil. Perancangan yang baik dan benar bukan hanya mampu mengeliminasi kerugian materiil, namun juga mampu menghasilkan hasil konstruksi berupa bangunan yang aman dan nyaman, serta mampu pula mengefisienkan waktu pengerjaan sekaligus efektif dalam pengoperasionalan tenaga kerja serta peralatan kerja sehingga bisa menghemat pembiayaan.

Ada tiga aspek yang harus diperhatikan perencana dalam melakukan analisis struktur yakni beban, kekuatan bahan dan keamanan struktur. Pada perencanaan struktur gedung perlu dilakukan studi pustaka untuk mengetahui susunan fungsional dan sistem struktur yang akan digunakan serta bagaimana strategi yang digunakan agar tahap pelaksanaan struktur lebih efektif dan efisien.

Adapun tahapan perencanaan sebuah konstruksi bangunan antara lain sebagai berikut :

A. Tahap Pra-Perencanaan (*Preliminary Design*)

Pada tahapan pra-perencanaan ini, ahli struktur harus mampu membantu arsitek untuk memilih komponen-komponen penting pada struktur bangunan yang penting, baik dimensinya maupun posisi struktur tersebut. Dan pada pertemuan pertama biasanya arsitek akan datang dan membawa informasi mengenai :

- a. Sketsa denah, gambar tampak dan potongan-potongan gedung beserta segala atributnya.
- b. Penjelasan mengenai fungsi setiap lantai dan ruangnya.
- c. Konsep awal dari sistem komponen vertikal dan horizontal dengan informasi mengenai luas dan lantai gedung serta informasi awal mengenai rencana pengaturan denah lantai, denah *entrance*, *functionalroom*, ruang tangga, dan lain-lain.
- d. Rencana dari komponen-komponen non-struktural, misalnya dinding arsitektural dan lain-lain.

B. Tahap Perencanaan

Pada tahapan perencanaan ini, kegiatan proyek pembangunan sebuah gedung meliputi beberapa kegiatan, yaitu :

1. Perencanaan Bentuk Arsitektur Bangunan

Dalam kegiatan perencanaan arsitektur bangunan, seorang perencana lebih dulu merealisasikan keinginan-keinginan dari *owner* bangunan sesuai dengan desain yang diinginkan.

2. Perencanaan Struktur (Konstruksi) Bangunan

Dalam perencanaan struktur bangunan, perencana mulai melakukan perhitungan komponen-komponen struktur berdasarkan bentuk arsitektural yang didapat. Perencana mulai mendimensikan serta menyesuaikan komponen-komponen struktur lebih spesifik agar memenuhi syarat-syarat konstruksi namun masih berdasarkan prinsip-prinsip efisien dan ekonomis.

2.2 Ruang Lingkup Perancangan

Ruang lingkup perancangan meliputi beberapa tahapan yaitu tahap persiapan, tahap studi kelayakan, tahap desain bangunan, tahap perhitungan struktur, dan tahap perhitungan biaya.

2.2.1 Perancangan Konstruksi

Struktur adalah suatu kesatuan dan rangkaian dari beberapa elemen yang direncanakan agar mampu menerima beban luar maupun berat sendiri tanpa mengalami perubahan bentuk yang melampaui batas persyaratan. Struktur berfungsi sebagai kerangka bangunan yang menopang semua beban yang diterima oleh bangunan tersebut. Ada dua struktur pendukung selain struktur utamanya beton bertulang, yang biasanya terdapat pada sebuah bangunan, antara lain sebagai berikut:

A. Struktur Bangunan Atas (*Upperstructure*)

Struktur bangunan atas harus mampu mewujudkan perencanaan estetika dari segi arsitektur dan harus mampu menjamin mutu baik dari segi struktur yaitu keamanan maupun kenyamanan bagi penggunanya. Untuk itu, bahan dasar dari konstruksi hendaknya memenuhi kriteria sebagai berikut :

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

Adapun struktur atas dari suatu bangunan antara lain :

- a. Struktur Atap
- b. Struktur Pelat Lantai
- c. Struktur Tangga
- d. Struktur Portal
- e. Struktur Balok
- f. Struktur Kolom

B. Struktur Bangunan Bawah (*Substructure*)

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

Adapun struktur bawah pada suatu bangunan yaitu :

- a. Struktur Sloof
- b. Struktur Pondasi

2.2.2 Dasar-Dasar Perencanaan Konstruksi

1. Pedoman Perencanaan

Dalam Perancangan Bangunan Ruang Kelas SMA Negeri 2 Abiansemal Badung Provinsi Bali, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku dan buku-buku referensi yang telah ada. Disamping segi teknis yang menjadi landasan utama dalam merencanakan suatu bangunan, segi-segi lainnya tidak bisa ditinggalkan begitu saja. Faktor fungsi, ekonomi, sosial, lingkungan dan sebagainya tidak kalah pentingnya bila dibandingkan dengan segi teknis konstruksi dalam perencanaan suatu bangunan. Untuk memenuhi hal tersebut, kita harus berpedoman pada syarat-syarat yang telah ditentukan baik dari segi teknis ataupun yang lainnya. Adapun pedoman dan peraturan-peraturan yang digunakan antara lain:

- a. Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain (**SNI 1727:2020**). Pedoman ini digunakan untuk menentukan beban minimum dalam merancang bangunan gedung dan strukturlain.
- b. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (**SNI 2847:2019**). SNI ini digunakan sebagai standar acuan dalam melakukan perhitungan struktur yang memuat persyaratan atau aturan-aturan beton serta ketentuan teknis pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung.
- c. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (**PPURG 1989**).
- d. Beban angin bangunan gedung yang termasuk sebagai Sistem penahan Beban Angin Utama (SPBAU) SNI 1727;2013.

2. Jenis Pembebanan

Dalam merencanakan struktur bangunan bertingkat, digunakan struktur yang mampu mendukung berat sendiri, beban angin, beban hidup maupun beban khusus yang bekerja pada stuktur bangunan tersebut. **Menurut SNI 1727:2020**,

beban adalah gaya atau aksi lainnya akibat berat seluruh bahan bangunan, penghuni dan barang-barang yang dimilikinya, efek lingkungan, perbedaan pergerakan dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi. Beban – beban tersebut antara lain :

a. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material.

Tabel 2. 1 Berat Sendiri Bahan Bangunan Gedung

Bahan Bangunan	Berat Sendiri
Baja	7.850kg/m ³
Batualam	2.600kg/m ³
Batu belah, batu bulat, batu gunung(berat tumpuk)	1.500kg/m ³
Batu karang(berattumpuk)	700kg/m ³
Batu pecah	1.450kg/m ³
Besi tuang	7.250kg/m ³
Beton	2.200kg/m ³
Beton bertulang	2.400kg/m ³
Kayu(Kelas1)	1.000kg/m ³
Kerikil,koral(kering udara sampai lembab,tanpa diayak)	1.650kg/m ³
Pasangan bata merah	1.700kg/m ³
Pasangan batu belah,batu bulat,batu gunung	2.200kg/m ³
Pasangan batu cetak	2.200kg/m ³
Pasangan batu karang	1.450kg/m ³
Pasir(kering udara sampai lembab)	1.600kg/m ³
Pasir(jenuh air)	1.800kg/m ³
Pasir kerikil,koral (kering udara sampai lembab)	1.850kg/m ³

Tanah,lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1.700kg/m ³
Tanah,lempung dan lanau(basah)	2.000kg/m ³
Timah hitam(timbel)	11.400kg/m ³

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

Tabel 2. 2Berat Sendiri Komponen Bangunan Gedung

Adukan,per cmtebal: - Dari semen - Dari kapur,semen merah atau tras	21kg/m ² 17kg/m ²
Aspal,termasuk bahan-bahan mineral penambah, percm tebal	14kg/m ²
Dinding pasangan bata merah: - Satu batu - Setengah batu	450kg/m ² 250kg/m ²
Dinding pasangan batako: Berlubang: - tebal dinding20 cm(HB 20) - tebal dinding10cm (HB10) Tanpalubang - tebal dinding 15cm - tebal dinding 10cm	200kg/m ² 120kg/m ² 300kg/m ² 200kg/m ²
Langit-langit dan dinding(termasuk rusuk-rusuknya,tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiridari: - semen asbes (eternity dan bahan lain sejenis),dengan tebal maksimum 4 mm - kaca,dengan tebal 3 –4mm	11kg/m ² 10kg/m ²
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu,tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m ²	40kg/m ²
Penggantung langit-langit (darikayu), dengan bentang maksimum5 mdan jaraks.k.s. minimum0,80 m	7kg/m ²
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso,perm ² Bidang atap	50kg/m ²
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso, perm ² bidang atap	40kg/m ²
Penutup atap seng gelombang(BWG24)tanpa gordeng	10kg/m ²
Penutup lantai dari ubin semen portland,teraso dan beton, Tanpa adukan per cm tebal	24kg/m ²

Semen asbes gelombang(tebal 5mm)	11kg/m ²
----------------------------------	---------------------

(Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1989, hal 3-4)

Catatan:

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

b. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksidan beban lingkungan. Kategori yang dimaksudkan dalam penggolongan beban hidup diantaranya; beban manusia, kendaraan, barang/benda yang berpindah yang letaknya tidak permanen. Oleh karena besar dan lokasi beban hidup yang berubah – ubah, maka penentuan beban hidup dengan tepat merupakan suatu hal yang cukup sulit. Khusus pada atap beban hidup dapat termasuk beban air hujan, akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air.

Tabel 2. 3 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L_o dan beban hidup terpusat minimum

Hunian atau Penggunaan	Merata, L_o psf (kN/m ²)	Terpusat L_b (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem Lantai akses		
Ruang kantor	50 (2,4)	2 000(8,9)
Ruang computer	100 (4,79)	2 000(8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18) ^a	

Ruang pertemuan	60(2,87)	
Kursitetap(terikatdilantai)	100(4,79)	
Lobi	100(4,79)	
Kursidapatdipindahkan	100(4,79)	
Panggung pertemuan	150(7,18)	
Lantaipodium	100(4,79)	
Tribun penontonStadion dan arenadengankursitetap(terikatdilantai)	60(2.87)	
Ruangpertemuan lainnya	100(4.79)	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yangdilayani. Tidakperlu 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 area 2 in. x 2 in. [50 mm x 50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in. x 1 in. [25 mm x 25 mm])		200 (0,89)
Jalur penyelamatan saat kebakaran Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	
Tangga Permanen	Lihat pasal 4.5.4	
Garasi/parkir (Lihat pasal 4.10) Mobil penumpang saja	40(1,92)	Lihat Pasal4.10.1
Truk dan bus	Lihat Pasal4.10.2	Lihat Pasal4.10.2
Pegangan tangga dan pagar pengaman Batang pegangan	Lihat pasal 4.5.1 Lihat pasal 4.5.2	

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	60 (2,87)	1 000(4,45)
Ruang pasien	40 (1,92)	1 000(4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1 000(4,45)
Hotel (Lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
Ruang baca	60 (2,87)	1 000(4,45)
Ruang penyimpanan	150 (7,18)	1 000(4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1 000(4,45)
Pabrik		
Ringan	125 (6,00)	2 000 (8,90)
Berat	250 (11,97)	3 000 (13,35)
Gedung perkantoran		
Ruang arsip dan computer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian	100 (4,79)	2 000(8,90)
Lobi dan koridor lantai pertama kantor	50 (2,40)	2 000(8,90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2 000(8,90)
Lembaga hukum		
Bloksel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, kolam renang, dan penggunaan sejenis	75 (3,59)	
Ruang Dansa dan <i>Ballroom</i>	100(4,79)	
Gimnasium	100(4,79)	
Rumah tinggal		
Hunian satu dan dua keluarga		
Loteng yang tidak dapat dihuni tanpa gudang	10 (0,48)	
Loteng yang tidak dapat dihuni dengan gudang	20 (0,96)	
Loteng yang dapat dihuni dan ruang tidur	30 (1,44)	

Semua ruang kecuali tangga	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya		
Ruang pribadi dan koridornya	40 (1,92)	
Ruang publik	100 (4,79)	
koridor ruang publik	100 (4,79)	
Atap Atap datar, berbubung, dan lengkung Atap yang digunakan penghuni	20(0,96) Sama dengan penggunaan yang dilayani 100 (4,70)	
Atap untuk tempat berkumpul Atap vegetatif dan atap lansekap Atap bukan untuk hunian Atap untuk tempat berkumpul Atap untuk penggunaanlainnya	20 (0,96) 100 (4,79) Sama dengan penggunaan yang dilayani	
<i>Awning</i> dan kanopi Atap konstruksi pabrik yang didukung olehstruktur rangka kaku ringan Rangka penumpu layar penutup	5 (0,24) 5 (0,24)	200 (0,89)
Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai tempat bekerja	20 (0,96)	
Titik panel tunggal dari kord bawah rangka batang atap atau suatu titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang penyimpanan, dan pekerjanya,dan garasi bengkel		2000 (8,90)
Semua komponen struktur atap utama lainnya		300 (1,33)

Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		300 (1,33)
Sekolah		
Ruang kelas	40 (1,92)	1 000 (4,5)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,5)
Koridor lantai pertama	100 (4,79)	1 000 (4,5)
Scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Jalan di pinggir untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97)	8 000 (35,6)
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)	
Gedung penyimpanan dan pekerja (harus dirancang untuk beban lebih berat jika diperlukan)		
Ringan	125 (6,00)	
Berat	250 (11,97)	
Toko		
Eceran		
Lantai pertama	100 (4,79)	1 000(4,45)
Lantai diatasnya	75 (3,59)	1 000(4,45)
Grosir, di semua Lantai	125 (6,00)	1 000(4,45)
Penghalang kendaraan	Lihat Pasal 4.5.3	
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79)	

(Sumber : SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum : Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur, hal 26)

2.3 Metode Perhitungan Struktur

Dalam pekerjaan suatu konstruksi bangunan, diperlukan beberapa metode perhitungan struktur agar hasil perhitungan dapat menjadi acuan dan konstruksi dapat menahan beban dengan sempurna, baik berupa beban sendiri maupun beban-beban lainnya. Berikut ini adalah struktur bangunan yang memerlukan perhitungan struktur:

2.3.1 Perancangan Rangka Atap

Rangka atap atau konstruksi kuda-kuda adalah suatu bagian dari struktur gedung yang berfungsi sebagai tempat meletakkan penutup atap sehingga dalam perencanaan, pembebanan tergantung dari jenis penutup atap yang digunakan.

1. Gording

Gording adalah balok atap sebagai pengikat yang menghubungkan antar kuda-kuda. Gording juga menjadiudukan untuk kasau dan balok jurai dalam. Struktur gording direncanakan kekuatannya berdasarkan pembebanan beban mati dan beban hidup. Kombinasi pembebanan yang ditinjau adalah beban pada saat pemakaian yaitu beban mati ditambah beban air hujan, sedangkan beban sementara yaitu beban-beban mati ditambah beban pekerja pada saat pelaksanaan.

Perencanaan gording menggunakan metode berikut :

a. Metode Elastis

Suatu komponen struktur yang memikul lentur terhadap sumbu x harus memenuhi $M_n \phi \leq M_{ux}$

Keterangan :

M_{ux} = momen lentur terfaktor terhadap sumbu x

ϕ = faktor reduksi = 0,9

M_n = kuat nominal dari momen lentur penampang terhadap sumbu x

Suatu komponen struktur yang memikul lentur terhadap sumbu y harus memenuhi $M_n \phi \leq M_{uy}$

Keterangan :

M_{uy} = momen lentur terfaktor terhadap sumbu y

ϕ = faktor reduksi = 0,9

M_n = kuat nominal dari momen lentur penampang terhadap sumbu y

b. Metode Plastis

Suatu komponen struktur yang dibebani momen lentur harus memenuhi $M_n \phi \leq M_u$

Momen nominal untuk penampang kompak yang memenuhi $\lambda \leq \lambda_p$, kuat lentur nominal penampang adalah : $M_p = M_n$

Untuk penampang tak kompak yang memenuhi $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$, kuat lentur nominal penampang ditentukan sebagai berikut :

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

Untuk penampang langsing yang memenuhi $\lambda_r < \lambda$, kuat lentur nominal penampang adalah : $M_n = M_r \left(\frac{\lambda_r}{\lambda}\right)^2$

(SNI 03-1729-2002 : 34-36)

2. Rangka Atap (Kuda-kuda)

Struktur rangka atap pada bangunan gedung Kelas SMA Negeri 2 Abiansemal Badung Provinsi Bali ini menggunakan bahan baja profil konvensional. Berikut adalah acuan-acuan yang digunakan dalam perencanaan struktur rangka atap bangunan tersebut:

a. Pembebanan Rangka Atap

1) Beban Mati

Beban mati yang diperhitungkan dalam perencanaan gording dan rangka atap gedung sekolah ini adalah:

- a) Berat sendiri konstruksi kuda-kuda.
- b) Berat akibat penutup atap dan gording.
- c) Berat plafond + penggantung.

2) Beban hidup

Yang diperhitungkan dalam beban hidup untuk rangka atap gedung ini harus diambil dari yang paling menentukan di antara dua macam beban berikut :

a) Beban air hujan sebesar $(40 - 0,8\alpha)$ kg/m² , dimana α adalah sudut kemiringan atap dalam derajat, dengan ketentuan tidak perlu diambil lebih besar dari 20 kg/m² , dan tidak perlu ditinjau bila kemiringan atapnya $>50^\circ$ (PPPRG 1987 : 7).

b) Beban terpusat berasal dari seorang pekerja atau seorang pemadam kebakaran dengan peralatannya sebesar minimum 100 kg (PPPRG 1987 : 8).

3) Beban angin

Angin tekan dan angin hisap yang terjadi dianggap bekerja tegak lurus bidang atap pada tiap titik buhul bagian atas, sehingga komponen angin hanya bekerja pada arah sumbu x saja dan komponen angin dalam arah sumbu y = 0.

Untuk konstruksi gedung tertutup, di mana $\alpha < 65^\circ$, maka :

Koef angin tekan : $0,02 \alpha - 0,4$

Koef angin hisap : $- 0,4$ (PPPRG 1987 : 21)

b. Perhitungan Gaya Batang

Dari pembebanan masing-masing beban di atas kemudian dapat dicari gaya-gaya batangnya. Gaya-gaya batang tersebut dapat dihitung dengan menggunakan SAP 2000.

c. Struktur Baja

1) Sifat Mekanis Baja Struktural

Sifat mekanis baja struktural seperti tercantum pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Sifat Mekanis Baja Struktural

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, f_u (Mpa)	Tegangan leleh minimum, f_y (Mpa)	Peregangan minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

(Sumber : SNI 03-1729-2002 : 11)

Tegangan putus dan leleh untuk perencanaan tidak boleh diambil melebihi nilai yang ada ditabel tersebut. Sifat-sifat mekanis baja lainnya yang ditetapkan sebagai berikut :

Modulus Elastisitas : $E = 200.000 \text{ MPa}$

Modulus Geser : $G = 80.000 \text{ MPa}$

Nisbah Poisson : $\mu = 0,3$

Koefisien Pemuaian : $\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

(SNI 03-1729-2002 : 9)

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

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

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

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

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

Keterangan :

A_g = luas penampang bruto, mm^2

f_{cr} = tegangan kritis penampang, MPa

f_y = tegangan leleh material, MPa

(SNI 03-1729-2002 : 27)

3. Sambungan

Sambungan terdiri dari komponen sambungan (pelat pengisi, pelat buhul, pelat pendukung, dan pelat penyambung) dan alat pengencang (baut dan las).

Dalam perencanaan sambungan ini penulis memilih sambungan menggunakan las. Adapun jenis-jenis las yang digunakan adalah sebagai berikut :

a. Las Tumpul

Kekuatan las tumpul (penetrasi penuh) ditetapkan sebagai berikut :

- 1) Bila sambungan dibebani gaya tarik atau gaya tekan aksial terhadap luas efektif, maka :

$$\phi_y \cdot R_{nw} = 0,9 \cdot t_t \cdot f_y \text{ (bahan dasar)}$$

$$\phi_y \cdot R_{nw} = 0,9 \cdot t_t \cdot f_{yw} \text{ (las)}$$

- 2) Bila sambungan dibebani dengan gaya geser terhadap luas efektif, maka :

$$\phi_y \cdot R_{nw} = 0,9 \cdot t_t \cdot (0,6 \cdot f_y) \text{ (bahan dasar)}$$

$$\phi_y \cdot R_{nw} = 0,8 \cdot t_t \cdot (0,6 \cdot f_{yw}) \text{ (las)}$$

Keterangan :

$\phi_y = 0,9$ adalah faktor reduksi kekuatan saat leleh,

f_y, f_u adalah tegangan leleh dan tegangan tarik putus.

(Sumber : SNI 03-1729-2002 : 106)

b. Las Sudut

- 1) Ukuran minimum las sudut :

Tabel 2. 5 Ukuran Minimum Las Sudut

Tebal bagian paling tebal, t (mm)	Tebal minimum las sudut, t _w (mm)
$t \leq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
$15 < t$	6

(Sumber : SNI 03-1729-2002 hal. 108)

- 2) Kuat las sudut

Las sudut yang memikul gaya terfaktor per satuan panjang las, R_u , harus memenuhi:

$$R_u \leq \phi R_{nw}$$

dengan,

$$\phi_f \cdot R_{nw} = 0,75 \cdot t_t \cdot (0,6 \cdot f_{uw}) \text{ (las)}$$

$$\phi_f \cdot R_{nw} = 0,75 \cdot t_t \cdot (0,6 \cdot f_u) \text{ (bahan dasar)}$$

dengan $\phi_f = 0,75$ faktor reduksi kekuatan.

Keterangan:

f_{uw} adalah tegangan tarik putus logam las, MPa
 f_u adalah tegangan tarik putus bahan dasar, MPa
 t_l adalah tebal rencana las, mm

(Sumber : SNI 03-1729-2002 : 110)

2.3.2 Perancangan Pelat Lantai

Pelat adalah suatu elemen horizontal yang berfungsi untuk menyalurkan beban hidup, baik yang bergerak maupun statis ke elemen pemikul beban vertikal 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 pelatatap
 - b. Beban yang diterima oleh pelat akibat adanya adukan mortar, plafond dan penggantungplafond.

2. Beban Hidup(WL)

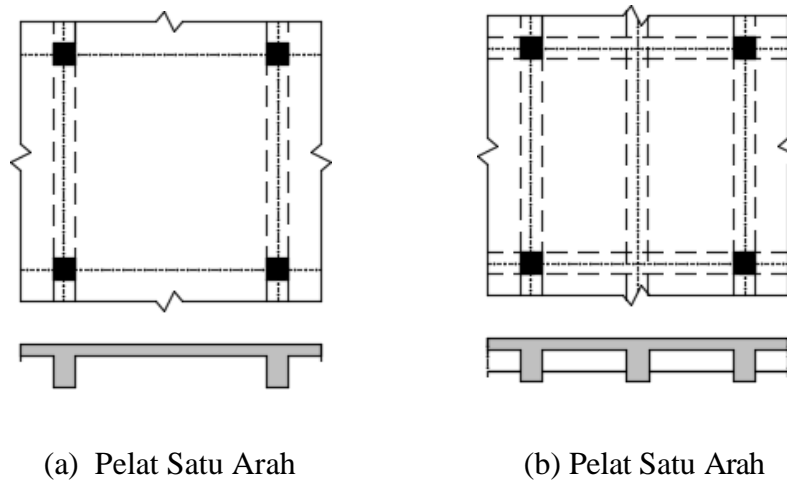
Beban hidup untuk pelat atap diambil sebesar $0,96 \text{ kN/m}^2$ dan pelat lantai sebesar $1,92 \text{ kN/m}^2$ (Berdasarkan SNI 1727 tahun 2020 beban hidup untuk ruang kelas).

Pada pelat yang ditumpu balok pada keempat sisinya, pelat terbagi menjadi dua berdasarkan geometrinya yaitu :

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

Pelat satu arah adalah 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 $\frac{L_y}{L_x} > 2$, dimana L_y adalah sisi panjang dan L_x adalah sisi pendek.



Gambar 2. 1 Jenis – Jenis Pelat Satu Arah

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

- Mengidentifikasi jenis pelat dengan syarat batasnya pelat dua arah,yakni : $\frac{L_y}{L_x} > 2$, dengan L_y sebagai sisi pelat terpanjang dan L_x adalah sisi terpendek pada pelat yang ditinjau.
- Penentuan tebalpelat
Ketebalan minimum pelat satu arah yang menggunakan $f_y = 400$ Mpa sesuai SNI 2847:2019 Tabel 7.3.1.1 harus ditentukan sebagaimana terlihat pada tabel 2.7.

Tabel 2. 6 Ketebalan Minimum Pelat

Kondisi Tumpuan	h minimum
Tumpuan sederhana	$\ell/20$
Satu ujung menerus	$\ell/24$
Kedua ujung menerus	$\ell/28$
Kantilever	$\ell/10$
Angka ini berlaku untuk beton berat normal dan $f_y =$	

420 MPa. Untuk kasus lain, ketebalan minimum harus dimodifikasi sesuai 7.3.1.1.1 hingga 7.3.1.1.3.

(Sumber : SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, hal 120).

- c. Menghitung beban mati berat sendiri pelat dan kemudian hitung beban rencana total (W_U).

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

Keterangan :

W_D = Jumlah beban mati pelat (kN/m)

W_L = Jumlah beban hidup pelat (kN/m)

W_U = Jumlah beban terfaktor (kN/m)

- d. Menghitung momen rencana (M_u) baik dengan cara koefisien dan analitis

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

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

- e. Memperkirakan tebal efektif (d_{eff})

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

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

Selimut beton untuk struktur pelat tidak boleh kurang dari 20 mm, untuk pelat yang tidak berhubungan langsung dengan cuaca dan tanah. Untuk beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

Tabel 2. 7 Tebal Selimut Beton Minimum

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

(Sumber : SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, hal 460)

f. Menentukan rasio penulangan (ρ)

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

Keterangan :

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

B = Lebar penampang (mm), diambil tiap 1 meter

d = Tinggi efektif (mm)

ϕ = Faktor reduksi rencana

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

- 1) Jika $\rho < \rho_{min}$, maka menggunakan ρ_{min} dan As yang digunakan $A_{smin} \rho_{min}$ untuk pelat lantai adalah 0,0018.
- 2) Jika $\rho > \rho_{max}$, maka pelat dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang

g. Hitung As (Luas Penampang Tulangan) yang diperlukan

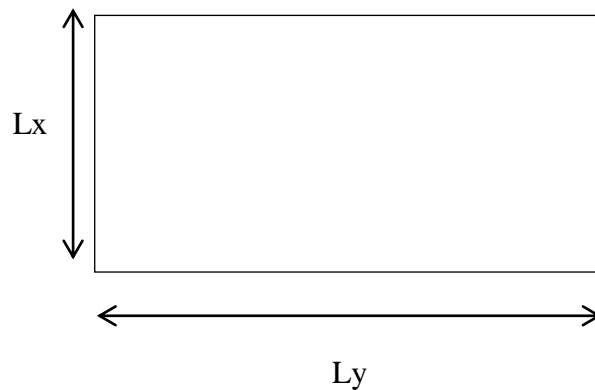
- 1) As Pakai = $\rho_{pakai} \cdot b \cdot d$

$$2) A_{s\text{Minimum}} = 0,0018 \cdot b \cdot h$$

(Digunakan 0,0018 karena tulangan yang digunakan merupakan jenis ulir)

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

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



Gambar 2. 2 Pelat Dua Arah

Berikut ini adalah langkah-langkah perencanaan struktur pelat dua arah menggunakan metode koefisien momen :

a. Mengidentifikasi jenis pelat dengan syarat batasnya pelat dua arah,yakni :

$\frac{L_y}{L_x} \leq 2$, dengan L_y sebagai sisi pelat terpanjang dan L_x adalah sisi terpendek pada pelat yang ditinjau.

b. Menentukan tebal pelat

Beberapa ketentuannya menurut SNI 2847:2019, sebagai berikut :

1) Untuk α_{fm} yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan table berikut:

Tabel 2. 8 Tebal Minimum Pelat Dua Arah

F_y , MPa	Tanpa <i>droppanel</i>			Dengan <i>droppanel</i>		
	Panel Eksterior		Panel Interior	Panel Eksterior		Panel Interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
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	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

l_n adalah jarak bersih ke arah memanjang, diukur dari muka ke muka tumpuan (mm)
Untuk F_y dengan nilai diantara yang diberikan dalam tabel, ketebalan minimum harus dihitung dengan interpolasi linear
Drop panel sesuai 8.2.4
Pelat dengan balok diantara kolom sepanjang tepi eksterior. Panel eksterior harus dianggap tanpa balok pinggir jika α_f kurang dari 0,8. Nilai α_f untuk balok tepi harus dihitung sesuai 8.10.2.7

(Sumber : SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, hal 134)

- 2) Untuk α_{fm} lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0 maka h tidak boleh kurang dari :

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

dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

- 3) Untuk α_{fm} lebih besar dari 0,2 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

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

dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

- c. Menghitung α_{fm} masing-masing panel

$$\alpha_{fm} = \frac{l_{balok}}{l_{pelat}}$$

$$\alpha_{fm} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{n}$$

Keterangan :

- Ln = Jarak bentang bersih dalam arah panjang diukur dari muka ke muka balok
- h = Tebal balok
- β = Rasio bentang bersih dalam arah panjang terhadap pendek pelat

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

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

Keterangan :

- WD = Jumlah beban mati pelat (kN/m)
- WL = Jumlah beban hidup pelat (kN/m)
- WU = Jumlah beban terfaktor (kN/m)

- e. Menghitung momen rencana (M_u)
Menghitung momen yang bekerja pada arah x dan y, menurut W.C Vis dan Gideon Kusuma, 1993.

Tabel 2. 9 Koefisien Momen

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

- - - = terikat bebas

 = = = = = menerus pada tumpuan

f. Memperkirakan tebal efektif (d_{eff})

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

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

Selimut beton untuk struktur pelat tidak boleh kurang dari 20 mm, untuk pelat yang tidak berhubungan langsung dengan cuaca dan tanah. Untuk beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

Tabel 2. 10 Tebal Selimut Beton Minimum

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

(Sumber : SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, hal 460)

- g. Menentukan rasio penulangan (ρ)

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

Keterangan := Momen rencana/terfaktor pada penampang (kN.m)

reduksi rencana

B = Lebar

Mu

penampang (mm), diambil tiap 1 meter

d = Tinggi efektif (mm)

ϕ = Faktor

h. Hitung A_s (Luas Penampang Tulangan) yang diperlukan

- 1) $A_s \text{ Pakai} = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d$
 A_s = luas penampang (mm^2)
 ρ = rasio penulangan
 B = lebar penampang (mm)
 d_{eff} = tinggi efektif (mm)

2) $A_{s\text{Minimum}} = 0,0018 \cdot b \cdot h$

(Digunakan 0,0018 karena tulangan yang digunakan merupakan jenis ulir)

- i. Memilih tulangan baja pokok yang akan dipasang dengan menggunakan tabel. Untuk tulangan pokok harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari 3 kali tebal pelat atau 450mm.
- h. Memilih tulangan baja pokok yang akan dipasang dengan menggunakan tabel. Struktur pelat satu arah, harus disediakan tulangan susut dan suhu yang memiliki arah tegak lurus terhadap tulangan lentur. Persyaratan ini diatur dalam SNI 2847:2019 pasal 24.4.3.2 Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton seperti berikut :

Tabel 2. 11 Rasio Luas Tulangan Susut Dan Suhu Minimum

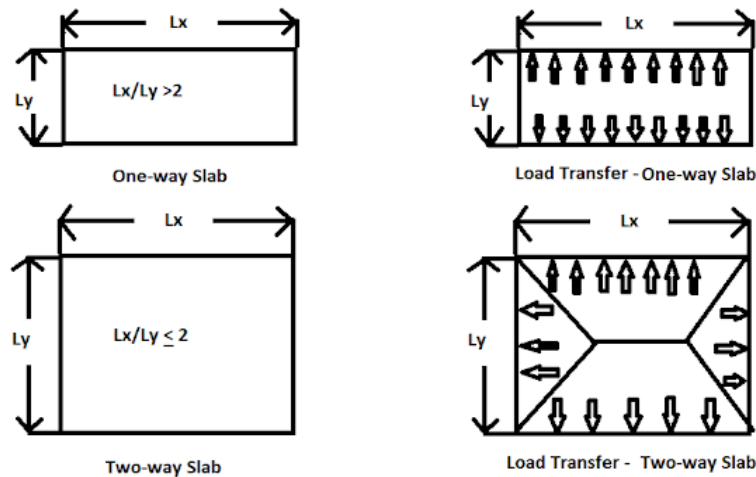
Jenis Tulangan	F_y MPa	Rasio Tulangan Minimum	
Batang ulir	< 400	0,0020	
Batang ulir atau kawat las	≥ 400	Terbesar dari :	0,0018 x 420
			f_y
			0,0014

(Sumber : SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, hal 553)

Kecuali untuk pelat rusuk, maka jarak antar tulangan utama pada pelat tidak lebih jauh dari lima kali tebal slab atau tidak lebih jauh dari 450 mm.

i. Memasang tulangan

Untuk arah y sama dengan langkah-langkah pada arah x, hanya perlu diingat bahwa tinggi efektif arah y (d_y) tidak sama dengan yang digunakan dalam arah x $\rightarrow d_y = h - \rho - \emptyset$ arah y



Gambar 2. 3Diagram Transfer Pembebanan

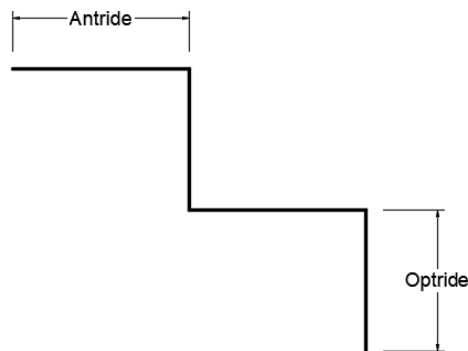
2.3.3 Perancangan Tangga

Tangga adalah salah satu bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai alat penghubung lantai bawah dengan lantai yang ada di atasnya pada bangunan yang bertingkat dalam kegiatan tertentu. Tangga dapat terbuat dari kayu, pasangan batu, baja, besi, maupun beton. Bagian-bagian tangga antara lain sebagai berikut :

1. Anak Tangga

- a. *Antride*, adalah bagian horizontal dari anak tangga yang merupakan bidang tempat kakiberpijak.
- b. *Optride*, adalah bagian vertikal dari anak tangga yang merupakan selisih antara dua buah anak tangga yang berurutan.

Seperti terlihat pada gambar 2.4 dapat dilihat ilustrasi antara *optride* dan *antride*.



Gambar 2. 4 Anak Tangga (Antride dan Optrade)

2. IbuTangga

Ibu tangga adalah bagian tangga berupa dua batang atau papan miring yang berfungsi menahan kedua ujung anak tangga. Kemiringan ibu tangga sesuai dengan besarnya kelandaian tangga (α). Adapun lebarnya ditentukan oleh perencanaan panjang langkah datar dan tinggi langkah tegak ditambah dengan lebar kayu depan dan kayu belakang yang masing-masing minimal 3-4 cm.

3. Bordes

Bordes merupakan bagian dari tangga yang merupakan bidang datar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat istirahat bila terasa lelah. Bordes dibuat apabila jarak tempuh tangga sangat panjang yang mempunyai jumlah anak tangga lebih dari 20 buah atau lebar tangga cukup akan tetapi ruangan yang tersedia untuk tangga biasa/rusuk tidak mencukupi. Untuk menentukan panjang bordes (L), menggunakan rumus berikut:

$$L = L_n + 1.a \text{ s/d } 2.a$$

Keterangan :

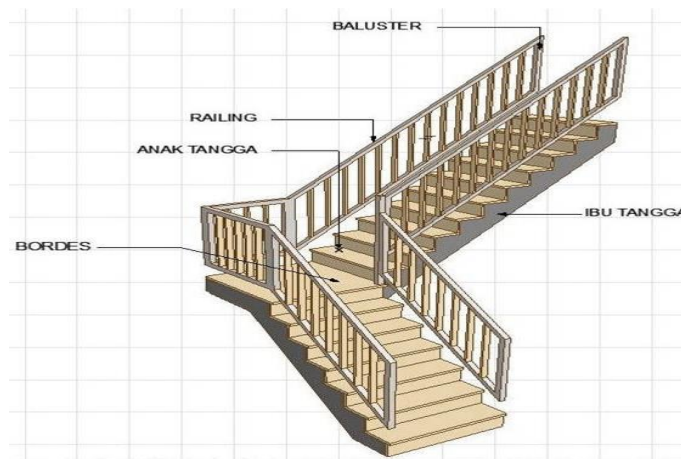
L = Panjangbordes

L_n = Ukuran satu langkah normal datar

a = Antride

4. PelengkapTangga

- a. Tiang sandaran, yaitu tiang yang berdiri tegak yang ujung bawahnya tempat memanjatkan ibu tangga dan ujung atasnya sebagai tempat menumpangnya sandaran.
- b. Sandaran (pegangan), yaitu batang yang berfungsi sebagai pegangan tangan bagi yang melintasi tangga yang mempunyai posisi sejajar dengan sisi atas ibutangga.
- c. Ruji (*Balustrade*), yaitu susunan barisan papan-papan tegak yang berfungsi sebagai pagar pengaman agar orang yang menjalani tangga, bila terpeleset tidak langsung jatuh kesamping.



Gambar 2. 5Bagian-bagian Tangga

Secara umum, konstruksi tangga harus memenuhi syarat-syarat seperti berikut :

1. Syarat umumtangga

Syarat-syarat umum tangga di antaranya dapat ditinjau dari segi, seperti berikut :

a. Penempatan

- 1) Penempatan tangga diusahakan sehemat mungkin menggunakan ruangan.
- 2) Mudah ditemukan oleh banyak orang dan mendapatkan sinar matahari pada waktu sianghari.

- 3) Diusahakan penempatan tidak mengganggu atau menghalangi lalu lintas orang banyak (untuk tangga di tempat-tempat yang ramai).
- b. Kekuatannya
 - 1) Bila menggunakan bahan kayu, hendaknya menggunakan kayu kelas I atau II agar nantinya tidak terjadi pelenturan atau goyang.
 - 2) Tangga harus kokoh dan stabil (kuat) bila dilalui oleh sejumlah orang dan/atau barang sesuai dengan perencanaan.
 - c. Bentuknya
 - 1) Sudut kemiringan untuk konstruksi tangga tidak boleh lebih dari 45° .
 - 2) Bentuk konstruksi tangga diusahakan sederhana, layak, sehingga dapat dikerjakan dengan cepat dan mudah serta hemat biaya.
 - 3) Bentuk konstruksi tangga diusahakan rapi dan indah.
2. Syarat-syarat khusus tangga:
- Syarat-syarat khusus konstruksi tangga diantaranya sebagai berikut :
- a. Untuk bangunan rumah tinggal

Antride	= 25 cm (minimum)
Opride	= 20 cm (maksimum)
Lebar tangga	= 80 – 100 cm
 - b. Untuk perkantoran dan lain-lain

Antride	= 25 cm (minimum)
Opride	= 17 cm (maksimum)
Lebar tangga	= 120 – 200 cm
 - c. Syarat langkah

2 opride + 1 antride	= 57 s/d 65 cm
----------------------	----------------
 - d. Sudut kemiringan tangga

Maksimum	= 45°
Minimum	= 20°

Adapun langkah-langkah perhitungan dalam perencanaan tangga adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan Tangga

- a. Menentukan panjang tangga, jumlah antride dengan mengasumsikan tinggi optride

$$\text{Jumlah antride} = \frac{h}{\text{tinggi optride}}$$

- b. Menentukan antride dan tinggi optride yang sebenarnya

$$\text{Tinggi optride sebenarnya} = \frac{h}{\text{jumlah optride}}$$

$$\text{Antride} = L_n - 2 \text{ optride}$$

- c. Menentukan sudut kemiringan tangga

$$\text{Arc tan } \theta = \frac{\text{optride}}{\text{antride}}$$

- d. Menentukan tebal pelat tangga

$$h_{\min} = \frac{1}{28} L$$

2. Menentukan pembebanan pada anak tangga

- a. Beban Mati (W_D)

- 1) Beratanaktangga

Beratsatuanaktangga(Q)dalamperm'

$$Q = \frac{1}{2} \times \text{antride} \times \text{optride} \times 1 \text{ m} \times \gamma_{\text{beton}} \times \frac{\text{jumlah anak tangga}}{\text{meter}}$$

- 2) Beratsendiribordes

Beratpelat bordes =tebal pelat bordes $\times \gamma_{\text{beton}} \times 1 \text{ meter}$

- 3) Beratpenutup lantai (spesidanubin), berat adukan

3. Menghitung gaya-gaya yang bekerja dengan menggunakan program SAP 2000.V14.

4. Perhitungan tulangan tangga dan bordes

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

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

- b. Menentukan rasio penulangan (ρ)

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

Keterangan :

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

B = Lebar penampang (mm), diambil tiap 1 meter

d = Tinggi efektif (mm)

ϕ = Faktor reduksi rencana

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

- 1) Jika $\rho < \rho_{min}$, maka menggunakan ρ_{min} dan A_s yang digunakan A_{smin} untuk pelat lantai adalah 0,0018.
- 2) Jika $\rho > \rho_{max}$, maka pelat dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang

c. Hitung A_s yang diperlukan

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

A_s = Luas tulangan pokok yang diperlukan oleh pelat untuk memikul momen lentur yang terjadi (mm²)

ρ = Rasio penulangan

d = Tinggi efektif pelat (mm)

d. Memilih tulangan baja pokok. Untuk tulangan susut dan suhu dilakukan perhitungan berdasarkan SNI 2847-2019 Pasal 24.4.3.2 yaitu :

1. Luasan tulangan ulir susut dan suhu minimum terhadap luas penampang beton bruto harus memenuhi batasan-batasan berikut :

a) *Slab* yang menggunakan batang tulangan ulir mutu < 420 MPa.....0,0020

b) *Slab* yang menggunakan batang tulangan ulir kawat las mutu ≥ 420 MPa..... $\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$

c) Spasi tulangan susut dan suhu tak boleh melebihi nilai terkecil antara 5h dan 450 mm.

e. Mengontrol tulangan

Untuk mengontrol tulangan dapat ditinjau dari $A_{smin} \leq A_s \leq A_{smaks}$

a. Apabila $A_s < A_{smin}$ maka digunakan A_{smin}

b. Apabila $A_s > A_{smaks}$ maka pelat dibuat tulangan *double*

f. Menentukan spasi tulangan

2.3.4 Perancangan Portal

Portal merupakan suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan fungsinya menahan beban sebagai satu kesatuan lengkap yang terdiri dari berat sendiri, peralatan berat gording, beban hidup, dan beban mati. Portal-portal yang dihitung adalah portal akibat beban mati, portal akibat beban hidup, dan portal akibat beban gempa. Perencanaan portal ini dihitung dengan menggunakan program SAP 2000.V14. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pendimensian portal adalah sebagai berikut:

1. Pendimensian balok dengan tebal minimum balok ditentukan dalam SK SNI 03-2847-2019 adalah untuk balok dengan bentang terpanjang yang memiliki dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum $1/16$.
2. Pendimensian kolom dengan bantuan aplikasi SAP 2000 Versi 14.1
 - a. Analisa pembebanan
 - b. Menentukan gaya-gaya dalam

Dalam menghitung dan menentukan besarnya momen yang bekerja pada suatu struktur bangunan dengan menggunakan bantuan aplikasi *software*. Berikut adalah cara menghitung besarnya momen dengan menggunakan *software*:

1. Perancangan portal dengan menggunakan SAP 2000 V 14.1
 - 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 belok
 - 5) Berat pasangan dinding (jika ada)
 - b. Perancangan portal akibat beban hidup

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

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

- c. Perancangan portal akibat beban angin
 - 1) Menentukan beban angin yang bekerja
 - 2) Input beban angin terhadap bidang kolom secara vertikal merata dengan angin menekan ke arah kolom
2. Membuat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup
 - a. Klik *New Model* atau **CTRL + N**
 - b. Kemudian akan tampil kotak seperti gambar dibawah ini, tetapkan satuan yang akan dipakai (N,mm,c).
 - c. Pilih model template *2D frames*, akan muncul jendela seperti gambar dibawah ini, kemudian isikan *Number of stories*, *story height*, *number of bays*, dan *bay width* masukan sesuai data – data perencanaan. Kemudian klik ok.
 - d. Untuk mengatur kembali jarak-jarak pada portal. Dapat dilakukan dengan cara klik 2x pada *grid point* yang terdapat pada portal.
3. Menentukan material
 - a. Langkah pertama klik *Define* pada *toolbar*> lalu klik *materials* maka akan muncul 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 $4700\sqrt{f_c}$. 1000, serta ubah juga nilai F_c dan F_y sesuai dengan perencanaan dengan masing-masing dikali 1000, klik Ok.
4. Menentukan nilai dimensi kolom dan balok
 - a. Blok frame kolom/balok, lalu pilih menu pada *toolbar*, *define>sectionproperties>frame section*, setelah memilih menu diatas akan tampil *toolbar frame properties*.
 - b. Klik *add new property*, maka akan muncul jendela *add frame selection 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).

- c. Ganti *section name* dengan nama balok, kolom, ganti ukuran tinggi (*depth*) dan lebar (*width*) balok/kolom sesuai dengan perencanaan. Kemudian klik *concretereinforcement*, klik *column*, beam 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.
5. Membuat cases beban mati, beban hidup dan angin.
 - 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* lalu klik ok.
 - b. *Input* beban mati, beban hidup dan angin pada menu *toolbar*, *assign frame loads – distributed* – pilih pembebanan.
 6. *Input Load combination* (beban kombinasi) pada menu *toolbar*, *define – combination – add new combo*, kemudian masukkan beban kombinasinya (dihitung manual).
 7. Run analisis.

2.3.5 Perancangan Balok

Balok merupakan elemen horizontal atau miring yang panjang dengan ukuran lebar serta tinggi yang terbatas. Balok berfungsi untuk menyalurkan beban dari pelat. Pada umumnya balok dicetak secara monolit dengan pelat lantai, sehingga akan membentuk balok penampang T pada interior dan balok penampang L pada balok-balok tepi. Di dalam tinjauan ini, penulis merancang 2 kategori balok, yakni balok anak dan balok induk.

1. Balok Anak

Balok anak adalah balok yang berfungsi sebagai pembagi luasan pelat lantai guna menghindari terjadinya lendutan dan meminimalisasi getaran pada pelat lantai pada saat adanya aktivitas di atasnya. Balok anak umumnya menempel pada balok – balok induk.

2. Balok Induk

Balok induk adalah bagian struktur yang berfungsi sebagai rangka penguat horizontal atau beban – beban yang ada. Balok induk juga merupakan pengikat antar kolom-kolomstruktur.

Adapun langkah – langkah perancangan balok, yaitu :

1. Menentukan mutu beton yang digunakan
2. Menentukan dimensi balok yang akan direncanakan
3. Menghitung pembebanan yang terjadi,yakni:

- a. Beban Mati (*Dead Load*)
- b. Beban Hidup (*Live Load*)
- c. Berat Sendiri Balok
- d. Berat Sambungan Pelat

4. Menghitung beban ultimate

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

5. Menghitung momen rencana

$$M_U = 1,2 M_D + 1,6M_L$$

6. Periksa dimensi penampang balok

- a. Menentukan d_{eff}

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

- b. Mencari nilai ρ

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

$$\rho_{min} = \sqrt{\frac{f_c}{4f_y}} \text{ (Digunakan untuk mutu beton } > 30 \text{ MPa) atau ;}$$

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

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b$$

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

Keterangan :

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

b = Lebar penampang (mm), diambil tiap 1meter

- d = tinggi efektif(mm)
 ϕ = Faktor reduksi rencana

Dengan beberapa syarat, seperti:

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

7. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

- Menentukan d_{eff}

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

- Mencari nilai ρ

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

Keterangan :

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

b = Lebar penampang (mm), diambil tiap 1 meter

deff = tinggi efektif(mm)

ϕ = Faktor reduksi rencana

- Hitung A_s yang diperlukan

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

Keterangan :

A_s = Luas tulangan yang diperlukan oleh balok untuk memikul momen lentur yang terjadi (mm^2)

ρ = Rasio penulangan

deff = Tinggi efektif pelat

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

8. Perencanaan tulangan geser

- $V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'c} b_w d$

(SNI 2847:2019 halaman 190)

Tulangan geser diperlukan apabila $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$. Tulangan geser minimum dipakai apabila nilai V_u melebihi $\frac{1}{2} V_c$ tapi kurang dari ϕV_c . Biasanya dapat digunakan tulangan berdiameter 10 mm yang diletakkan dengan jarak maksimum. Apabila nilai $V_u > \phi V_c$ maka kebutuhan tulangan geser harus dihitung.

- b. Gaya geser V_u yang dihasilkan oleh beban terfaktor harus kurang atau sama dengan kuat geser nominal dikalikan dengan faktor reduksi ϕ atau

$$V_u < \phi V_n$$

Dimana $V_n = V_c + V_s$

(SNI 2847:2019 halaman 482)

Sehingga

$$V_u < \phi (V_c + V_s)$$

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

- c. Luas minimum tulangan geser

Luas minimum tulangan geser $A_{v_{min}}$ harus disediakan pada semua penampang dimana, $V_u > 0,5 \phi V_c$, kecuali untuk kasus dibawah. Untuk kasus ini, sekurang-kurangnya $A_{v_{min}}$ harus dipasang dimana $V_u > \phi V_c$.

Tabel 2. 12 Kasus dimana $A_{v_{min}}$ tidak diperlukan jika $0,5 \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$

Tipe balok	Kondisi
Balok tipis	$h \leq 250$ mm
Menyatu dengan pelat	$h \leq$ terbesar dan $2,5f_y$ atau $0,5 b_w$ dan $h \leq 600$ mm
Dibangun dengan beton bobot normal bertulangan serat baja sesuai 26.4.1.5.1 (a). 26.4.2.2. (d) dan 26.12.5.1. (a0 dan dengan $f_c' \leq 40$ MPa	$h \leq 600$ mm dan $V_u \leq \phi 0,17 \sqrt{f_c' b_w d}$
Sistem pelat berusuk satu arah	Sesuai dengan 9.8

(Sumber : SNI 2847:2019 pasal 9.6.3.1 hal 190)

$$A_{v \min} = 0,0062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot \left(\frac{bw \cdot S}{F_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot bw \cdot S}{F_{yt}}$$

(SNI 2847:2019 hal 216)

d. Jarak maksimum tulangan geser

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

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

(SNI 2847:2019 halaman 202)

Dengan batasan kebutuhan luas tulangan geser :

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

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

Sehingga untuk sengkang vertikal dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$S = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s}$$

Keterangan :

V_c = Kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = Kuat geser terfaktor padapenampang

V_n = Kuat gesernominal

V_s = Kuat geser nominal yang disumbangkan tulangangeser

A_v = Luas tulangan geser pada daerah sejarak

A_v = 2 A_s , dimana A_s = Luas penampang batang tulangansengkang

d = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangantarik

f_y = mutu baja

2.3.6 Perancangan Kolom

Kolom adalah salah satu komponen struktur vertikal yang secara khusus difungsikan untuk memikul beban aksial tekan (dengan atau tanpa adanya momen lentur) dan memiliki rasio tinggi/panjang terhadap dimensi terkecil sebesar 3 atau lebih. Kolom memikul beban vertikal yang berasal dari pelat lantai atau atap dan menyalurkan ke pondasi.

Secara umum kolom dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori sebagai berikut :

1. Berdasarkan beban yang bekerja, kolom diklasifikasikan menjadi:
 - a. Kolom dengan beban aksial
 - b. Kolom dengan beban eksentris uniaksial
 - c. Kolom dengan beban biaksial
2. Berdasarkan panjangnya, kolom dibedakan menjadi:
 - a. Kolom panjang
 - b. Kolom pendek
3. Berdasarkan bentuk penampangnya, kolom dapat berbentuk bujur sangkar, segi delapan, persegi panjang, lingkaran, bentuk L, dan bentuk lainnya dengan ukuran sisi yang mencukupi.
4. Berdasarkan jenis tulangan sengkang yang digunakan dibedakan menjadi kolom dengan sengkang persegi dan kolom dengan sengkang spiral.
5. Berdasarkan kekangan dalam arah lateral, kolom dapat menjadi bagian dari suatu portal yang dikekang terhadap goyangan atau pun juga dapat menjadi bagian dari suatu portal bergoyang.
6. Berdasarkan materialnya, kolom dapat berupa kolom beton bertulang biasa, kolom beton prategang, atau kolom komposit (terdiri dari beton dan profil baja).

Prosedur perhitungan struktur kolom:

1. Cek dimensi penampang
 - a. Menentukan $d_{\text{eff}} = h - p - \emptyset$ sengkang $- \frac{1}{2} \emptyset$ tulangan utama
 - b. Memeriksa P_u terhadap beban seimbang

$$d = h - d'$$

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

$$a_b = \beta_1 \times C_b$$

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

$$f_s' = f_y$$

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

(Dipohusodo : 324)

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

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

c. Memeriksa kekuatan penampang

1) Akibat keruntuhan tarik

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

2) 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

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

- Gaya aksial design kolom

$$P_u = 1,4 D$$

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

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

(Sumber : SNI 03-2847-2019)

- Momen design kolom maksimum

$$M_u = 1,4 D$$

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

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

(Sumber : SNI 03-2847-2019)

b. Perhitungan nilai eksentrisitas terhadap arah x dan y

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

(Dispohusodo, hal 302)

Keterangan :

M_u = momen terfaktor yang bekerja pada penampang

P_u = beban aksial yang bekerja pada penampang

E = nilai eksentrisitas

c. Modulus elastisitas beton

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

(Sumber : Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-2847-2019, hal 434)

d. Nilai kekakuan

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

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

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

(Sumber : SNI 2847:2019, hal 102)

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

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

e. Menentukan nilai K_n dan R_n

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

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

f. Menghitung nilai eksentrisitas terhadap arah x dan y

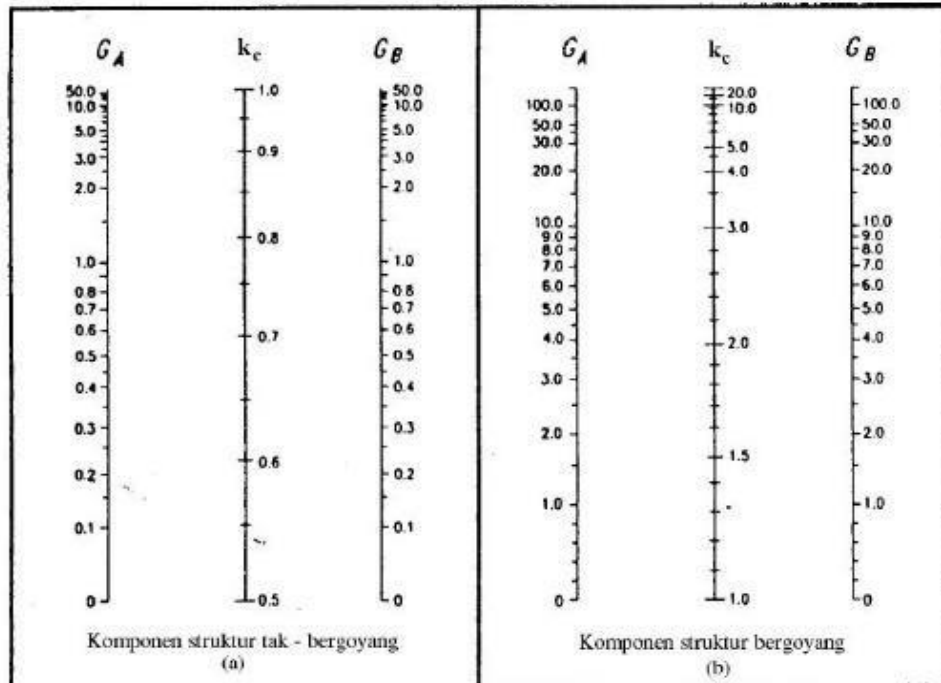
$$e_{ux} = \frac{M_{ux}}{\sum P_u} > e_{uy} = \frac{M_{uy}}{\sum P_u}, \text{ maka perhitungan kolom melihat arah x}$$

$$e_{ux} = \frac{M_{ux}}{\sum P_u} < e_{uy} = \frac{M_{uy}}{\sum P_u}, \text{ maka perhitungan kolom melihat arah y}$$

g. Tentukan apakah portal termasuk portal bergoyang atau tidak bergoyang, tentukan faktor panjang efektif (k) dan panjang tak terkekang (l_u)

Nilai k ditentukan dengan menggunakan nomogram pada **gambar 2.23** dengan terlebih dahulu menghitung faktor tahanan ujung Ψ_A dan Ψ_B pada sisi atas dan bawah dari kolom, yaitu :

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



Gambar 2. 6 Diagram Nomogram untuk Menentukan Tekuk dari Kolom

h. Batas rasiokelangsingan

Efek kelangsingan boleh diabaikan untuk :

- 1) Elemen struktur tekan bergoyang, apabila $\frac{Klu}{r} \leq 22$
- 2) Elemen struktur tekan tak bergoyang, apabila $\frac{Klu}{r} \leq 34 + 12 \left(\frac{M1}{M2} \right) \leq 40$

(SNI 2847:2019 halaman 91)

Keterangan :

k = Faktor panjang efektif

lu = Panjang takterkekang

r = jari - jari girasi penampang yang dapat diambil sebesar 0,3h untuk penampang persegi dan 0,25 kali diameter untuk lingkaran

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

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

Atau

$$EI = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}}$$

(SNI 2847:2019 halaman 107)

Keterangan :

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c}$$

$$E_s = 200000 \text{MPa}$$

I_g = Momen inersia bruto penampang terhadap sumbu yang ditinjau

I_{se} = Momen inersia tulanganbaja

Untuk portal bergoyang nilai β_{dns} dapat diambil sama dengan nol. Untuk portal tidak bergoyang menggunakan rumus :

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

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

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

(SNI 2847:2019 halaman 108)

j. Menghitung faktor perbesaran momen δ_{ns}

Faktor perbesaran momen untuk portal tidak bergoyang :

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

Faktor perbesaran momen untuk portal bergoyang :

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

(SNI 2847:2019 halaman 110)

$$\sum P_u = n_{\text{interior}} (P_{u\text{Lintang}} + P_{u\text{PanjangInterior}}) + \frac{2}{3} n_{\text{eksterior}} (P_{u\text{Lintang}} + P_{u\text{PanjangEksterior}})$$

$$\frac{1}{3} n_{\text{eksterior}} (P_{u\text{Lintang}} + P_{u\text{PanjangEksterior}})$$

$$\sum P_u = (n_{\text{interior}} \cdot P_c) + \left(\frac{2}{3} n_{\text{eksterior}} (n_{\text{eksterior}} \cdot p_c)\right)$$

k. Menghitung M_c (momen rencana yang diperbesar)

Portal tidak bergoyang

$$M_c = \delta_{ns} M_2 \text{ (dengan } M_2 \text{ adalah momen ujung terfaktor yang terbesar)}$$

Portal bergoyang

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

(SNI 2847:2019 halaman 110)

Apabila momen ujung M_2 lebih besar dari M_1 yang dihasilkan dari analisis struktur, maka momen yang digunakan untuk desain kolom adalah :

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

Keterangan :

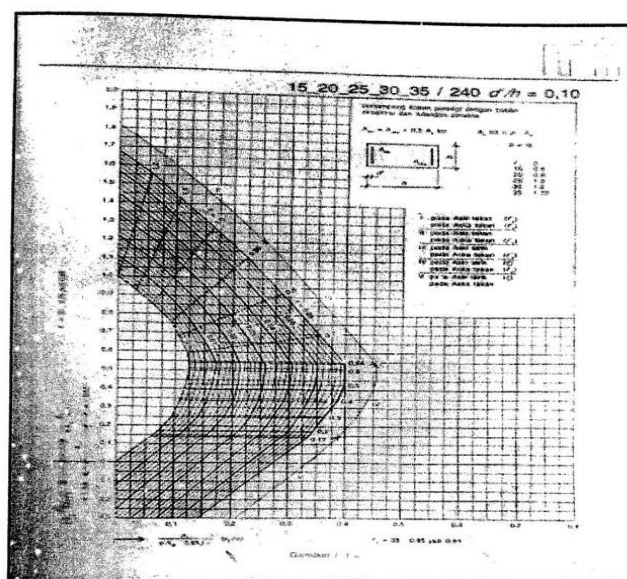
M_c = momen terfaktor order pertama

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. Desain Penulangan

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



Gambar 2. 7Tabel ρ g Vis dan Gideon Seri 4 (1993:81-82)

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

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

$$\rho = \rho'$$

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

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

(Dispohusodo, hal 323)

Keterangan :

A_s = luas tulangan tarik non-prategang

A_s' = luas tulangan tarik non-prategang

ρ = rasio tulangan tarik non-prategang

ρ' = rasio penulangan tekan non-prategang

b = lebar daerah tekan komponen struktur

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

- d. Memeriksa P_u terhadap beban seimbang

$$C_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d_{\text{eff}}$$

$$A_b = \beta_1 \times C_b$$

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

$$\beta_1 = 0,85 - 0,005 \frac{F_c' - 28}{7}$$

$$F_s' = \frac{C_b - d}{C_b} \times 0,003 f_y \text{ (Tulangan tekan sudah Luluh)}$$

$$F_s' = F_y$$

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

(Dispohusodo, hal 324)

$\phi P_n < P_u$, beton hancur didaerah tekan

$\phi P_n > P_u$, beton hancur didaerah tarik

- e. Memeriksa kekuatan penampang

– Akibat keruntuhan tekan

$$P_n = \frac{A_s' f_y}{(d - d')} + 0,50 + \frac{b \cdot h \cdot F_c'}{\frac{3h \cdot e}{d^2} + 1,18}$$

– Akibat keruntuhan tarik

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

(Dispohusodo, hal 320 dan 322)

2.3.7 Perancangan Sloof

Sloof adalah struktur bangunan yang terletak di atas pondasi bangunan. Sloof berfungsi mendistribusikan beban dari bangunan atas ke pondasi, sehingga beban yang tersalurkan setiap titik di pondasi tersebar merata. Selain itu sloof juga berfungsi sebagai pengunci dinding dan kolom agar tidak roboh apabila terjadi pergerakan tanah. Sebagai tambahan pada sloof, untuk bangunan tahan terhadap gempa maka disempurnakan pada ikatan antara sloof dengan pondasi yaitu dengan memberikan angker dengan diameter 12 mm jarak 1,5 meter. Namun angka ini dapat berubah untuk bangunan yang lebih besar atau bangunan bertingkatbanyak.

Langkah – langkah perhitungan dalam merencanakan sloof :

1. Cek Dimensi Penampang Sloof

a. Menghitung momen rencana

$$M_u = 1,4 \times M$$

Nilai M didapat dari momen akibat beban mati diperhitungan SAP Sloof

b. Cek dimensi

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

2) Menghitung nilai ρ

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

Keterangan :

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

B = Lebar penampang (mm), diambil tiap 1 meter

d = Tinggi efektif (mm)

ϕ = Faktor reduksi rencana

Dengan syarat jika $\rho_{min} < \rho_{hitung} < \rho_{max}$ (OKE)

Jika $\rho_{hitung} < \rho_{min}$, maka penampang terlalu besar sehingga dimensi balok bisa dikurangi. Sedangkan jika $\rho_{hitung} > \rho_{max}$, maka penampang terlalu kecil sehingga dimensi balok harus dibesarkan.

2. Penulangan Lentur Lapangan Dan Tumpuan

a. Hitung As yang diperlukan

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

Dimana :

A_s = Luas tulangan yang diperlukan oleh balok untuk memikul momen lentur yang terjadi (mm^2)

ρ = Rasio Penulangan

d_{eff} = Tinggi efektif pelat (mm)

b. Menentukan diameter tulangan yang dipakai dengan syarat A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan

3. Perancangan Tulangan Geser

a. $V_c = 0,17 \lambda \sqrt{F_c'} b w d$

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

Tulangan geser diperlukan apabila $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$. Tulangan geser minimum dipakai apabila nilai V_u melebihi $\frac{1}{2} \phi V_c$ tapi kurang dari ϕV_c . Biasanya dapat digunakan tulangan berdiameter 10 mm yang diletakkan dengan jarak maksimum. Apabila nilai $V_u > \phi V_c$ maka kebutuhan tulangan geser harus dihitung.

b. Gaya geser V_u yang dihasilkan oleh beban terfaktor harus kurang atau sama dengan kuat geser nominal dikalikan dengan faktor reduksi ϕ , atau

$$V_u < \phi V_n$$

Dimana $V_n = V_c + V_s$

(SNI 2847:2019 halaman 482)

Sehingga

$$V_u < \phi (V_c + V_s)$$

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

(SNI 03-2487-2019 Tabel 21.2.1)

- c. Luas minimum tulangan geser

$$A_{v \min} = 0,0062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot \left(\frac{bw \cdot S}{F_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot bw \cdot S}{F_{yt}}$$

(SNI 2847:2019 hal 216)

- d. Jarak maksimum tulangan geser

$$\text{Jika } V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d, \text{ maka } S = \frac{d}{2} \text{ atau } 600 \text{ mm}$$

$$\text{Jika } V_s > 0,33 \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d, \text{ maka } S = \frac{d}{4} \text{ atau } 300 \text{ mm}$$

(SNI 2847:2019 halaman 202)

Dengan batasan kebutuhan luas tulangan geser :

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

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

Sehingga untuk sengkang vertikal dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$S = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s}$$

Keterangan :

V_c = Kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = Kuat geser terfaktor padapenampang

V_n = Kuat gesernominal

V_s = Kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = Luas tulangan geser pada daerah sejaraks

A_v = 2 A_s , dimana A_s = Luas penampang batang tulangan sengkang

d = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

f_y = mutubaja

2.3.8 Perancangan Pondasi

Pondasi dalam istilah ilmu teknik sipil dapat didefinisikan sebagai bagian dari struktur bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi untuk menyalurkan beban-beban yang diterima dari struktur atas ke lapisan tanah.

Proses desain struktur pondasi memerlukan analisis yang cukup lengkap, meliputi kondisi atau jenis struktur atas, beban-beban yang bekerja pada struktur,

profil lapisan tanah tempat bangunan, serta kemungkinan terjadinya penurunan (*settlement*). Hasil desain struktur pondasi yang optimal dapat menghasilkan biaya konstruksi yang minimal tanpa mengurangi tingkat keamanan dan kinerja dari struktur tersebut. Berikut ini merupakan beberapa jenis-jenis pondasi yang biasa diketahui, diantaranya:

1. Pondasi dangkal

Pondasi dangkal adalah pondasi yang memiliki dasar pondasi pada kedalaman maksimal 2 m dari muka tanah asli. Jenis-jenis pondasi dangkal :

- a. Pondasi telapak, dapat digunakan jika sebuah elemen pondasi memikul sebuah beban kolom tunggal
- b. Pondasi lajur, dapat digunakan jika kolom terletak dalam satu garis dan terletak berdekatan
- c. Pondasi gabungan, dapat digunakan apabila terdapat dua buah kolom yang saling berdekatan dan apabila digunakan pondasi telapak maka kedua pondasi tersebut akan saling bertabrakan satu sama lain.
- d. Pondasi rakit/raft/mat, dapat digunakan pada kondisi lapisan tanah yang memiliki daya dukung rendah, biasanya diperlukan ukuran/ dimensi pondasi yang lebih besar.

2. Pondasi dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang memiliki kedalaman tanah keras lebih dari 2 meter. Pada beberapa kondisi yang dijumpai di lapangan, terkadang lapisan tanah keras sebagai dasar pondasi, terletak cukup dalam dari lapisan muka tanah. Atau dengan kata lain, lapisan tanah tersebut memiliki daya dukung yang kurang bagus. Sebagai akibatnya, seorang ahli teknik tidak dapat menggunakan sistem pondasi dangkal, dan sebagai alternatifnya dapat dipilih sistem pondasi dalam berupa tiang pancang atau tiang bor. Fungsi dari sebuah pondasi tiang adalah untuk mentransmisikan beban aksial kolom serta beban momen ke lapisan tanah tanah keras.

Langkah-langkah perancangan pondasi:

1. Menentukan daya dukung ijin tanah (Q) melalui perhitungan dengan berdasarkan data-data tanah yang ada.

- a. Berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang

$$Q_{\text{bahan}} = 0,3 \times f'c \times A \text{ tiang}$$

- b. Berdasarkan kuat tanah

$$Q_{\text{ijin}} = \frac{A \text{ tiang} \cdot p}{Fb} + \frac{o.l.c}{Fs}$$

2. Menentukan jumlah banyaknya tiang pancang

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

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

3. Menentukan jarak antar tiang pancang

Apabila telah dilakukan perhitungan jumlah banyaknya tiang pancang, maka langkah selanjutnya adalah menentukan jarak antar masing-masing tiang pancang.

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

(Sumber : J.E. Bowles : 1974, Edisi ke-4 jilid 2 : hal 342)

Keterangan :

S = jarak antar tiang

D = ukuran tiang

4. Menentukan efisiensi kelompok tiang

Menentukan efisiensi kelompok tiang dilakukan setelah mengetahui hasil perhitungan jumlah tiang pancang. Perhitungan efisiensi kelompok tiang ini dilakukan apabila setelah didapat hasil perhitungan jumlah tiang yang lebih dari satu buah tiang. Nilai efisiensi tiang pancang (Eg) dapat ditentukan dengan rumus berikut ini :

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

(Sumber : Pondasi Tiang Pancang, Sardjono : hal 61)

Keterangan :

Eg = efisiensi kelompok tiang

$$\theta = \text{arc.tan} \frac{d}{s}$$

d = diameter tiang (m)

s = jarak antar tiang (m)

m = Jumlah baris tiang dalam kelompok tiang(buah)

n = Jumlah kolom tiang dalam kelompok tiang(buah)

Daya dukung grup ijin tiang:

$$Q_{\text{ult grup}} = E_g \cdot Q_{\text{ijin}} \cdot n$$

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

$$Q_i = \frac{Q}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_i}{\sum X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_i}{\sum Y^2}$$

(Sumber : Pondasi Tiang Pancang, Sardjono. : hal 55)

Keterangan :

Q = Total beban vertical yang bekerja (ton)

M_x = Momen yang berusaha untuk memutar sumbu x (t.m)

M_y = Momen yang berusaha untuk memutar sumbu y (t.m)

n = Jumlah tiang(buah)

X_i = Jarak tiang nomor i terhadap sumbu y diukur sejajar sumbu x(m)

Y_i = Jarak tiang nomor i terhadap sumbu x diukur sejajar sumbu y(m)

$\sum X^2$ = Jumlah kuadrat jarak seluruh tiang, terhadap sumbu y(m²)

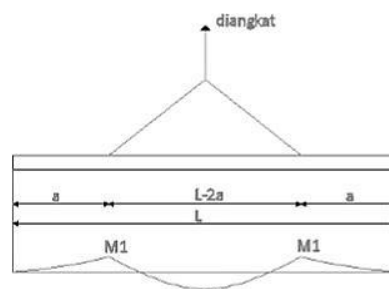
$\sum Y^2$ = Jumlah kuadrat jarak seluruh tiang, terhadap sumbu x(m²)

6. Pengangkatan tiang pancang

- a. Pengangkatan pola 1 (pada waktu pengangkatan)

Kondisi pengangkatan tiang pancang dan momen yang ditimbulkan dengan dua tumpuan.

$$M_1 = M_2$$

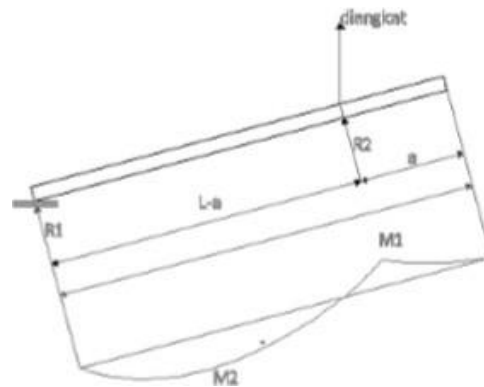


Gambar 2. 8 Pengangkatan Pola 1

$$1/2qa^2 = 1/8q(L-2a)^2 - 1/2qa^2$$

- b. Pengangkatan pola 2 (pada waktu pengangkatan)

Kondisi pengangkatan tiang pancang dan momen yang ditimbulkan dengan satu tumpuan.



Gambar 2. 9 Pengangkatan Pola 2

$$M_1 = M_2$$

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

7. Perhitungan tulangan tiang pancang

- a. Menentukan $d_{eff} = h - p - \emptyset$ sengkang $- \frac{1}{2} \emptyset$ tulangan utama
 b. Berdasarkan nilai P yang paling besar

Hitung arah absis x dan absisy

$$\text{absis X} = \frac{Pu}{\emptyset \cdot Ag \cdot 0,85 \cdot f'c} \cdot \left(\frac{e}{h} \right)$$

$$\text{absis Y} = \frac{Pu}{\emptyset \cdot Ag \cdot 0,85 \cdot f'c}$$

Nilai $\rho_g = 0,001 < \rho_{min} = 0,01$, maka di pakai ρ_{min}

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

$$\text{Sehingga } A_{stot} = b \cdot h$$

- c. Berdasarkan nilai momen pada saat pengangkatan

Menghitung nilai ρ hitung

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ atau } \rho_{min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4 \cdot f_y}, \text{ ambil nilai terbesar}$$

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

Menghitung luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_{stot} = b \cdot h$$

8. Perhitungan tulangan geser tiang pancang

a. Menghitung nilai V_u

$$V_u = R_1 = \frac{q(L-a)}{2} - \frac{qa^2}{2(L-a)}$$

b. $\phi V_c = \phi \frac{1}{6} \sqrt{f'c} bw d$

Tulangan geser diperlukan apabila $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$. Tulangan geser minimum dipakai apabila nilai V_u melebihi $\frac{1}{2} \phi V_c$ tapi kurang dari ϕV_c . Biasanya dapat digunakan tulangan berdiameter 10 mm yang diletakkan dengan jarak maksimum. Apabila nilai $V_u > \phi V_c$ maka kebutuhan tulangan geser harus dihitung.

c. Gaya geser V_u yang dihasilkan oleh beban terfaktor harus kurang atau sama dengan kuat geser nominal dikalikan dengan faktor reduksi ϕ , atau

$$V_u < \phi V_n$$

Dimana $V_n = V_c + V_s$

(SNI 2847:2019 halaman 482)

Sehingga

$$V_u < \phi (V_c + V_s)$$

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

d. Luas minimum tulangan geser

$$A_{v \min} = 0,0062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot \left(\frac{bw \cdot S}{F_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot bw \cdot S}{F_{yt}}$$

(SNI 2847:2019 hal 216)

e. Jarak maksimum tulangan geser

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

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

(SNI 2847:2019 halaman 202)

Dengan batasan kebutuhan luas tulangan geser :

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

$$S_{\max} = \frac{A_v \cdot F_y t}{0,035 \cdot b_w^2}, \text{ untuk } f'c \leq 30 \text{ Mpa}$$

Sehingga untuk sengkang vertikal dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$S = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s}$$

Keterangan :

V_c = Kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = Kuat geser terfaktor padapenampang

V_n = Kuat gesernominal

V_s = Kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = Luas tulangan geser pada daerah sejaraks

A_v = 2 A_s , dimana A_s = Luas penampang batang tulangansengkang

d = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangantarik

f_y = mutubaja

9. Perhitungan tulangan geser *pile cap*

a. Kontrol kekuatan geser secara kelompok

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

1) Untuk aksi dua arah

- Tegangan tanah ultimit akibat beban terfaktor

$$P_{ult} = P_u / A$$

$$V_u = P_{ult} \cdot B \cdot L - ((a_2 + d) \cdot (a_1 + d))$$

- Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \frac{b_o \cdot d \cdot \sqrt{f'c'}}{6} \rightarrow \beta = 1 \dots \dots \dots (1)$$

$$\phi V_c = \frac{1}{3} b_o \cdot d \cdot \sqrt{f'c'} \rightarrow \beta = 1 \dots \dots \dots (2)$$

$$\phi V_c = \phi \left(\frac{a_s \cdot d}{b_o} + 2 \right) \times \frac{\sqrt{f'c'} \cdot b_o \cdot d}{12} \rightarrow \dots \dots \dots (3)$$

(SNI 2847:2019 halaman 499)

Dari ketiga persamaan diambil yang terkecil. Jika $\phi V_c > V_u$ maka tidak diperlukan tulangan geser. Jika $\phi V_c < V_u$ maka diperlukan tulangan geser.

2) Untuk aksi satu arah

- Gaya geser terfaktor

$$P_{ult} = P_u / A$$

$$V_u = P_{ult} \cdot b \cdot \left(\frac{L}{2} - \frac{c}{2} - d \right)$$

- Gaya geser nominal

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

Jika $\phi V_c > V_u$ maka tidak diperlukan tulangan geser. Jika $\phi V_c < V_u$ maka diperlukan tulangan geser.

- b. Kontrol kekuatan geser secara kelompok

1) Gaya geser terfaktor (V_u)

2) Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \frac{1}{3} \cdot b_o \cdot d \cdot \sqrt{f_c'}$$

Jika $\phi V_c > V_u$ maka tidak diperlukan tulangan geser. Jika $\phi V_c < V_u$ maka diperlukan tulangan geser.

10. Perhitungan tulangan pokok *pile cap*

- a. Menghitung nilai ρ

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ atau } \rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{f_y}, \text{ ambil nilai terbesar}$$

$$\rho_{hitung} = \frac{f_c'}{f_y} \left(0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot M_u}{\phi \cdot f_c' \cdot b \cdot d \cdot e_{eff}^2}} \right)$$

- b. Menghitung tulangan yang dibutuhkan

$$A_s = \rho_{min} \times b \times d$$

$$S = \frac{A_{stulangan}}{A_{spakai}} \times \text{lebar } pile \text{ cap}$$

11. Perhitungan kekuatan tulangan pokok pasak

- a. Kuat tekan rencana kolom

$$\phi P_n = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A_g$$

Jika $\phi P_n > P_u$, berarti beban pada kolom dapat dipindahkan dengan dukungan saja. Tetapi disyaratkan untuk menggunakan tulangan pasak minimum sebesar : $A_{smin} = 0,0020 A_g$ (SNI 2847:2019 halaman 123)

- b. Kontrol panjang penyaluran pasak

$$L_{db} = \frac{0,25 \cdot f_y \cdot d_b}{\sqrt{f_c'}}$$

Panjang pengjangkaran dibawah pertemuan kolom dengan pondasi LI yang tersedia adalah :

$$LI = h - p - (2 \cdot \emptyset \text{ pondasi}) - \emptyset \text{ pasak}$$

$LI > Ldb$, maka OK

2.4 Manajemen Proyek

Manajemen proyek (pengelolaan proyek) merupakan suatu proses merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Lebih jauh, manajemen proyek menggunakan pendekatan sistem dan *hirarki* (arus kegiatan) vertical maupun horizontal. Fungsi dasar manajemen dikelompokkan menjadi 3 kelompok kegiatan, diantaranya :

1. Kegiatan perencanaan

a. Penetapan tujuan (*goalsetting*)

Penetapan tujuan ini yaitu tahap awal yang harus dilakukan dengan menentukan tujuan utama yang ditetapkan secara spesifik, realistis, terukur, dan mempunyai durasi pencapaian/target.

b. Perencanaan (*planning*)

Perencanaan ini dibuat sebagai upaya peramalan masa yang akan datang dan perumusan kegiatan-kegiatan yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan yang ditetapkan berdasarkan perencanaan tersebut. Bentuk perencanaan dapat berupa perencanaan prosedur, perencanaan metode kerja, perencanaan standar pengukuran hasil, perencanaan anggaran biaya, maupun perencanaan program (rencana kegiatan beserta jadwal).

c. Pengorganisasian (*organizing*)

Kegiatan pengorganisasian ini bertujuan untuk melakukan pengaturan dan pengelompokkan kegiatan proyek konstruksi agar kinerja yang dihasilkan dapat sesuai dengan harapan.

2. Kegiatan pelaksanaan

a. Pengisian staf (*staffing*)

Tahap ini adalah perencanaan personel yang akan ditunjuk sebagai pengelola pelaksanaan proyek. Kesuksesan proyek juga ditentukan oleh kecermatan dan ketetapan dalam memposisikan seseorang sesuai dengan keahliannya.

b. Pengarahan(*briefing*)

Pengarahan ini merupakan tahapan kelanjutan dari pengisian staf. Pada tahap ini dilakukan pengarahan berupa penjelasan tentang lingkup pekerjaan dan paparan waktu untuk memulai dan menyelesaikan pekerjaan tersebut.

3. Kegiatan pengendalian

a. Pengawasan(*supervising*)

Pengawasan ini merupakan interaksi antar individu-individu yang terlibat dalam organisasi proyek. Proses ini harus dilakukan secara berkelanjutan dari waktu ke waktu guna mendapatkan keyakinan bahwa pelaksanaan kegiatan berjalan dengan lancar sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan untuk mencapai hasil yang diinginkan

b. Pengendalian(*controlling*)

Controlling atau pengendalian merupakan proses penetapan atas apa yang telah dicapai, evaluasi kerja dan langkah perbaikan apabila diperlukan.

c. Koordinasi(*coordinating*)

Koordinasi yaitu pemantauan prestasi kegiatan dari pengendalian akan digunakan sebagai bahan untuk melakukan langkah perbaikan, baik proyek dalam keadaan terlambat maupun lebih cepat.

2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS)

Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS) merupakan segala ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh kontraktor pada saat akan mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan nantinya. Umumnya isi dari RKS terdiri dari tiga bagian yaitu umum, administrasi dan teknis.

1. Syarat Umum
 - a. Mengenai pemberi tugas atau pemilik proyek
 - b. Bentuk surat penawaran dan cara penyampaian
 - c. Syarat-syarat pesertalelang
 - d. Keterangan mengenai perencanaan (Desain)
2. Syarat teknis
 - a. Jenis mutu dan bahan yang digunakan
 - b. Jenis dan uraian pekerjaan yang harus dilaksanakan
 - c. Cara pelaksanaan pekerjaan
 - d. Merk material atau bahan
3. Syarat administrasi
 - a. Jangka waktu pelaksanaan pekerjaan
 - b. Syarat pembayaran
 - c. Tanggal waktu penyerahan
 - d. Denda atau keterlambatan
 - e. Besar jaminan penawaran
 - f. Besar jaminan pelaksanaan

Untuk dapat menyusun rencana kerja untuk sebuah proyek, maka harus dibutuhkan :

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 disekitar 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*, danlainnya.

2.4.2 Rencana Anggaran Biaya(RAB)

Rancangan anggaran biaya (RAB) adalah suatu acuan atau metode penyajian rencana biaya yang harus dikeluarkan dari awal pekerjaan dimulai hingga pekerjaan tersebut selesai dikerjakan. Rencana biaya harus mencakup dari keseluruhan kebutuhan pekerjaan tersebut, baik itu biaya material atau bahan yang diperlukan. Secara garis besar RAB terdiri dari 2 komponen utama yaitu sebagai berikut :

1. 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 agar didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan bisa dalam satuan panjang, luasan, maupun isi/volume terhadap bahan yang digunakan.

2. 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 yang didapat di pasaran

lalu dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan dan upah tenaga kerja yang didapatkan di lokasi, dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar dinamakan daftar harga satuan upah. Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda-beda. Jadi, dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu bangunan/proyek, harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di pasaran dan lokasi pekerjaan.

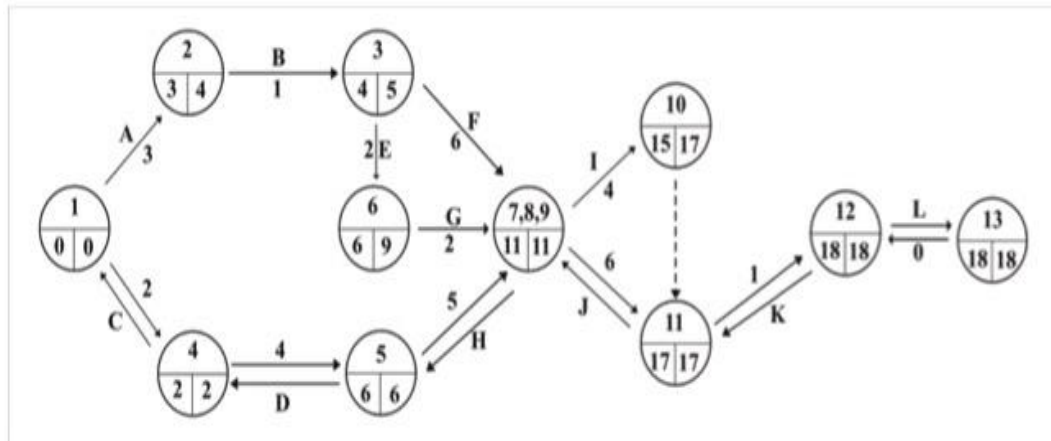
2.4.3 Rencana Kerja (*TimeSchedule*)

Rencana kerja merupakan serangkaian tujuan dan proses yang bisa membantu untuk mencapai tujuan pembangunan. Rencana kerja pada suatu proyek konstruksi dapat dibuat dalam bentuk berikut ini:

1. *Network Planning*(NWP)

Network planning merupakan suatu hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (*variables*) yang digambarkan/divisualisasikan dalam diagram *network*. Adanya *network* ini menjadikan sistem manajemen dapat menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan waktu dan biaya yang paling efisien. Berikut ini merupakan manfaat NWP adalah sebagai berikut :

- a. Mengkoordinasikan antarkegiatan
- b. Mengetahui apakah suatu kegiatan tergantung atau tidak dengan kegiatan yanglainnya.
- c. Mengetahui pekerjaan apa yang harus lebih dahuludiselesaikan
- d. Mengetahui berapa hari suatu proyek dapat diselesaikan.



Gambar 2. 10Diagram NWP

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah:

- Urutan pekerjaan yang logis
Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan dimulai, dan pekerjaan apa saja yang kemudian mengikutinya.
- Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan
Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek tersebut baru biasanya diberi kelonggaran waktu.
- Biaya untuk mempercepat pekerjaan
Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berada pada jalur-jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai.


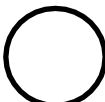


Sebelum menggambarkan diagram *network planning*, perlu diingat beberapa hal berikut :

- Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak memiliki arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya durasi dan *resources* yang dibutuhkan.
- Aktivitas-aktivitas apa yang mendahului dan aktivitas apa yang mengikutinya.
- Aktivitas-aktivitas apa yang dapat dikerjakan bersamaan.
- Aktivitas-aktivitas itu dibatasi saat mulai dan saat selesai.
- Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktivitas-aktivitas tersebut.
- Kepala anak panah menjadi pedoman arah dari setiap kegiatan.

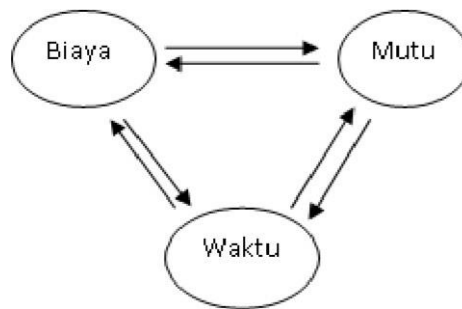
- g. Besar kecilnya juga tidak memiliki arti, dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa. Anak panah selalu menghubungkan dua nodes, arah dari anak panah menunjukkan waktu.

Berikut ini beberapa symbol yang biasa digunakan dalam network planning :

Tabel 2. 13 Simbol-Simbol Network Planning

No.	Simbol	Keterangan
1		<i>Arrow</i> , bentuknya merupakan anak panah yang artinya aktivitas/kegiatan merupakan suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan “ <i>duration</i> ” (jangka waktu tertentu) dan “ <i>resources</i> ”(tenaga, equipment, material dan biaya) tertentu.
2		<i>Node/event</i> , bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian : adalah permulaan atau akhir dari satu atau lebih kegiatan-kegiatan.
3		<i>Double arrow</i> , anak panah sejajar, merupakan kegiatan di lintasan kritis (<i>critical path</i>).
4		<i>Dummy</i> , bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktivitas semu merupakan bukan kegiatan/aktivitas tetapi dianggap kegiatan/ aktivitas, hanya saja tidak membutuhkan <i>duration</i> dan <i>resource</i> tertentu.

Pada proyek konstruksi membutuhkan perencanaan, penjadwalan dan pengendalian proyek. Tujuannya ialah untuk menyelaraskan antara biaya proyek yang dioptimalkan, mutu pekerjaan yang baik atau berkualitas dan waktu pelaksanaan yang tepat. Karena ketiganya adalah 3 elemen yang saling mempengaruhi. Adapun ilustrasinya dapat dilihat pada **gambar 2.6** dibawah ini.



Gambar 2. 11Diagram Hubungan Biaya, Mutu dan Waktu

Ilustrasi dari 3 lingkaran diatas adalah jika biaya proyek berkurang (dikurangi) sementara waktu pelaksanaan direncanakan tetap, maka secara otomatis anggaran belanja material akan dikurangi dan mutu pekerjaan juga bisa jadi akan berkurang, dengan demikian secara umum proyek akan merugi. Jika waktu pelaksanaan mundur atau terlambat sementara tidak ada rencana penambahan anggaran, maka mutu pekerjaan juga akan berkurang dan proyek tersebut akan merugi. Jika mutu ingin dijaga, sementara waktu pelaksanaan terlambat, maka akan terjadi peningkatan jumlah anggaran biaya dan proyek akan merugi. Proyek dapat dikatakan untung jika waktu pelaksanaan lebih cepat selesai dari rencana dengan mutu yang tetap terjaga dan secara otomatis akan ada keuntungan pada biaya anggaran belanja.

2. *Barchat*

Barchat adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal dan kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang. *Barchat* juga merupakan bentuk rencana yang paling sederhana yang digunakan dilapangan, kegiatan yang dilakukan digambarkan dalam bentuk balok pada skala waktu. Proses penyusunan *barchat* dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- a. Daftar item kegiatan, yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
- b. Urutan pekerjaan, 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.

- c. Waktu pelaksanaan pekerjaan adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan.

Adapun keuntungan dan kerugian dalam penggunaan *Barchat*, yaitu:

- Keuntungan :
 - a. Bentuknya sederhana
 - b. Mudah dibuat
 - c. Mudah dimengerti
 - d. Mudah dibaca
- Kerugian :
 - a. Hubungan antara pekerjaan yang satu dengan yang lain kurang jelas
 - b. Sulit digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang besar.
 - c. Sulit untuk mengadakan perbaikan atau pembaharuan (*updating*), karena umumnya harus dilakukan dengan membuat *barchat* baru

Tabel 2. 14 Tabel Barchat

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

3. Kurva S

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif *progress* pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Kurva tersebut dibuat berdasarkan rencana atau pelaksanaan *progress* pekerjaan dari setiap kegiatan. *Progress* tersebut dapat

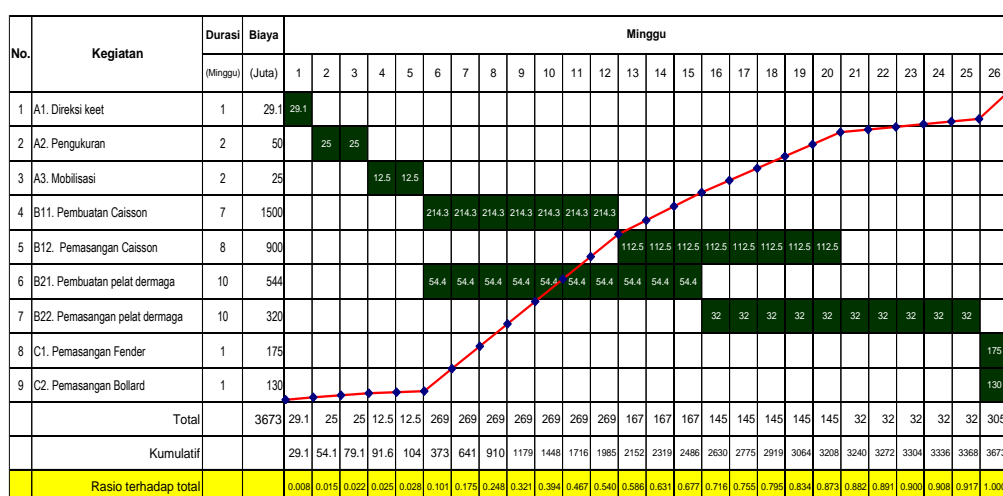
berupa rencana dan pelaksanaan biasanya mempunyai kemiringan yang landai pada tahap permulaan dan tahap akhir dari pelaksanaan proyek.

Visualisasi kurva S dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkannya terhadap jadwal rencana. Rencana *progress* yang dibuat dalam kurva S merupakan referensi atau kesepakatan dari semua pihak atas *progress* yang perlu dihasilkan oleh kontraktor pada setiap moment waktu tertentu. Penyebab membentuk huruf S didalam kurva S dikarenakan kegiatan proyek berlangsung sebagai berikut :

- Kemajuan pada awalnya bergerak lambat.
- Diikuti oleh kegiatan yang bergerak cepat dalam kurun waktu yang lebih lama.
- Akhirnya kecepatan kemajuan menurun dan berhenti pada titik akhir.

Manfaat dan kegunaan kuva S:

- Sebagai informasi untuk mengontrol pelaksaannya suatu proyek dengan cara membandingkan deviasi antara kurva rencana dengan kurva realisasi.
- Sebagai informasi untuk pengambilan keputusan berdasarkan perubahan kurva realisasi terhadap kurva rencana. Perubahan ini bisa dalam bentuk presentase pekerjaan lebih cepat atau lebih lambat dari waktu yang sudah ditentukan untuk menyelesaikan proyek.
- Sebagai informasi kapan waktu yang tepat untuk melakukan tagihan kepada *owner* ataupun melakukan pembayaran kepada *supplier*



Gambar 2. 12 Kurva S