

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Dalam suatu kegiatan konstruksi, perancangan adalah sebuah kegiatan yang sangat penting sebelum dilakukannya pelaksanaan di lapangan. Kesalahan dalam perancangan akan mengakibatkan terjadinya kerugian secara materil. Perancangan yang baik dan benar bukan hanya mampu mengeliminasi kerugian materil, 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 perancang dalam melakukan analisis struktur yakni pembebanan, kekuatan bahan dan pemeriksaan keamanan struktur. Adapun tahapan perencanaan sebuah konstruksi bangunan antara lain sebagai berikut:

A. Tahap Pra – Perancangan.

Pada tahap pra – perancangan ini, ahli struktur harus mampu membantu arsitek untuk memilih komponen – komponen penting pada struktur bangunan yang akan direncanakan, baik dimensinya maupun posisi struktur tersebut. Dan pada pertemuan pertama biasanya arsitek akan datang dan membawa informasi mengenai sketsa denah, gambar tampak, potongan, penjelasan fungsi setiap lantainya, konsep awal gedung, serta rencana komponen *non – structural*.

B. Tahap Perancangan

Pada tahap ini, kegiatan proyek pembangunan suatu gedung meliputi beberapa kegiatan, yaitu:

1) Perancangan Bentuk Arsitektur Bangunan

Dalam kegiatan perancangan arsitektur bangunan, seorang perancang belum memperhitungkan kekuatan bangunan sepenuhnya, namun perancang telah mencoba merealisasikan keinginan – keinginan dari pemilik bangunan sesuai dengan desain yang diinginkan.

2) Perancangan Struktur Bangunan

Dalam kegiatan perancangan struktur bangunan, perancang mulai melakukan perhitungan komponen – komponen struktur berdasarkan bentuk arsitektur yang di dapat. Perancang mulai mendimensi serta menyesuaikan komponen struktur lebih spesifik agar memenuhi syarat-syarat konstruksi namun masih berdasarkan prinsip – prinsip efisien dan ekonomis.

2.2 Ruang Lingkup Perencanaan

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

a. Struktur Bangunan Atas

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

- 1) Perhitungan Rangka Atap
- 2) Perhitungan Pelat Atap dan Pelat Lantai
- 3) Perhitungan Tangga
- 4) Perhitungan Balok Anak
- 5) Perhitungan Balok Induk
- 6) Perhitungan Kolom

b. Struktur Bangunan Bawah

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

- 1) Perhitungan *Tie Beam*
- 2) Perhitungan Pondasi.

2.3 Dasar-dasar Perencanaan

Dalam perencanaan pembangunan Pembangunan Gedung Kantor dan Ruang Belajar SD IT Al-Furqon Palembang, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku dan buku-buku referensi, diantaranya :

1. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan berdasarkan (SNI 2847 : 2019) oleh Badan Standarisasi Nasional. Pedoman ini terdapat persyaratan dan ketentuan dalam teknis perencanaan serta pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung untuk mendapatkan struktur yang aman.
2. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain berdasarkan (SNI 1727 : 2020) oleh Badan Standarisasi Nasional. Pedoman ini digunakan untuk menentukan beban minimum suatu konstruksi terhadap perencanaan bangunan dan digunakan guna menentukan beban angin pada suatu bangunan.
3. Desain Struktur Beton Bertulang berdasarkan (SNI 2847 : 2019) oleh Yudha Lesmana. Buku ini berisikan dasar-dasar pengertian sistem struktur beton bertulang serta kekuatan komponen struktur beton bertulang.
4. Pedoman Perancangan Pembebanan untuk Atap Rumah dan Gedung (SNI 1729 : 2002) untuk merancang Atap baja berat metode LRFD.
5. SNI 8900-2020 Panduan Desain Sederhana Untuk Bangunan Beton Bertulang.

2.4 Klasifikasi Pembebanan

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

2.4.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan yang terpasang, termasuk dinding, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung, dan komponen arsitektural dan struktur lainnya serta peralatan lauyan terpasang lain termasuk berat Derek dan system pengangkut material. Dalam menentukan beban mati untuk perancangan, harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya, dengan ketentuan bahwa jika ada informasi yang jelas, nilai yang harus digunakan adalah nilai yang di setuju oleh pihak berwenang. (SNI-8900-2000, hal 31).

Tabel 2. 1 Elemen Nonstruktural Datar, Beban Mati Minimum: Langit-langit

Komponen	Beban (kN/m ²) Per m ² luas lantai
Langit - langit	
Papan dinding akuistik	0.05
Papan Gypsum	0.0080 (Per mm tebal)
Saluran mekanikal	0.20
Sistem Sprinkler	0.30
Bagian Penting dan Sistem Elektrikal	0.05
Plaster Pada Ubin atau Beton	0.25
Plaster pada Reng Kayu	0.40
Sistem Saluran Baja yang Digantung	0.10
Reng Logam dan Plaster Semen yang Digantung	0.70
Reng Logam dan Plaster Gypsum yang Digantung	0.50
Sistem Penggantung Dari Kayu	0.15

(Sumber : SNI 8900 : 2020)

Tabel 2. 2 Elemen Nonstruktural Datar, Beban Mati Minimum: Isian Lantai

Komponen	Beban (kN/m ²) Per m ² luas lantai
Isian lantai	(Per mm tebal)
Beton Cinder	0.020
Beton ringan	0.015
Pasir	0.015
Batu beton	0.025

(Sumber : SNI 8900 : 2020)

Tabel 2. 3 Elemen Nonstruktural Datar, Beban Mati Minimum: Lantai

Komponen	Beban (kN/m ²) Per m ² luas lantai
Lantai dan <i>Finishing</i> Lantai	
Blok aspal 50 mm, 12 mm mortar	1.50
Finishing semen (25 mm) pada isian batu beton	1.50
Ubin keramik atau kuari [20 mm) pada 12 mm mortar	0.80
Ubin keramik atau kuari 20 mm pada 25 mm mortar	1.10
Finishing beton	0.020
Lantai kayu keras, 25 mm	0.20
Linoleum atau ubin aspal 6 mm	0.05
Marmer dan mortar pada isian batu	1.60
Batu pipih	0.030
Genteng pipih rata pada 25 mm mortar	1.10
Lantai kerja, 20 mm	0.15
Terazo 40 mm langsung diatas slab	0.90
Terazo 25 mm pada isian batu-beton	1.50
Terazo 25 mm, 50 mm batu beton	1.50
Blok kayu 75 mm pada damar wangi, tanpa isian	0.50
Blok kayu 75 mm pada 12 mm mortar dasar	0.80

(Sumber : SNI 8900 : 2020)

Tabel 2. 4 Elemen Nonstruktural Datar, Beban Mati Minimum: Penutup Atap

Komponen	Beban (kN/m ²) Per m ² luas Pintu
Penutup Atap	
Penutup asbes-semen	0.20
Penutup aspal	0.10
Ubin semen	0.80
Genteng tanah lempung termasuk mortar	1.20
Tembaga atau timah	0.05
Atap semen asbes bergelombang	0.20
Dek, logam, 20 gauge tebal nominal 0.9 mm	0.12
Dek, logam, 18 gauge tebal nominal 1.2 mm	0.15
Lantai struktur kayu 50 mm	0.25
Lantai struktur kayu 75 mm	0.40
Papan fiber 12 mm	0.05

Selubung gipsum, 12 mm	0.10
Insulasi, Papan atap	
Kaca berserat atau kaca seluler	0.0020
Papan fiber	0.0030
Perlite	0.0015
Busa polystyrene	0.0004
Busa urethane dengan kulit	0.0010
Kayu lapis [mm]	0.0060
Skylight, rangka logam, kaca kawat 10 mm	0.40
Membran tahan air	
Bitumen, tertutup kerikil	0.25
Bitumen, permukaan halus	0.10
Cairan yang diaplikasikan	0.05
Satu lapis lembaran	0.035
Selubung kayu	0.0060
Penutup kayu	0.15

(Sumber : SNI 8900 : 2020)

Tabel 2. 5 Elemen Nonstruktural Vertikal, Beban Mati Minimum: Penutup Dinding

Komponen	Beban (kN/m ²) Per m ² permukaan vertikal (dikali dengan tinggi elemen dalam m untuk mendapatkan beban garis dalam kN/m)
Penutup untuk dinding	
Ubin semen	0.80
Papan fiber, 12 mm	0.05
Selubung gipsum, 12 mm	0.10
Insulasi, Papan Dinding	
Kaca berserat atau kaca seluler	0.0020 (per in. tebal)
Papan fiber	0.0030 (per in. tebal)
Perlite	0.015 (per in. tebal)
Busa polystyrene	0.0004
Busa urethane dengan kulit	0.0010
Kayu lapis (tebal per in. [mm])	0.0060

(Sumber : SNI 8900 : 2020)

Tabel 2. 6 Elemen Nonstruktural Vertikal, Beban Mati Minimum: Partisi Ringan

Komponen	Beban (kN/m ²) Per m ² permukaan vertikal (dikali dengan tinggi elemen dalam m untuk mendapatkan beban garis dalam kN/m)
Partisi ringan	
Partisi baja yang dapat dipindah (non-full height)	0.30
Partisi baja yang dapat dipindah (full height)	0.20
Stud kayu atau baja, papan gypsum 12 mm di setiap sisi	0.80
Stud kayu, 50 x 100 mm, tidak diplester	0.30
Stud kayu, 50 x 100 mm, diplester satu sisi	0.60
Stud kayu, 50 x 100 mm, diplester dua sisi	1.00

(Sumber : SNI 8900 : 2020)

Tabel 2. 7 Elemen Nonstruktural Vertikal, Beban Mati Minimum: *Veneer*

Komponen	Beban (kN/m ²) Per m ² permukaan vertikal (dikali dengan tinggi elemen dalam m untuk mendapatkan beban garis dalam kN/m)
Lapisan	
Granit	0.017
Batu gamping	0.015
Batu pasir	0.013
Keramik	0.015

(Sumber : SNI 8900 : 2020)

Tabel 2. 8 Elemen Nonstruktural Vertikal, Beban Mati Minimum: Dinding

Komponen	Beban (kN/m ²) Per m ² permukaan vertikal (dikali dengan tinggi elemen dalam m untuk mendapatkan beban garis dalam kN/m)
Dinding	
Dinding Stud luar (Stud baja atau kayu)	
50 x 100 mm pada 400 mm, 15 mm gypsum, diinsulasi, 10 mm bersisian	1.00
50 x 150 mm pada 400 mm, 15 mm gypsum, diinsulasi, 10 mm bersisian	

Dinding eksterior dengan lapisan	2.30
Unit dinding batu bata :	Tebal dinding, mm
	<u>100</u> <u>150</u> <u>200</u> <u>250</u> <u>300</u>
Tidak dipleser	1.90 2.90 3.80 4.70 5.50
Unit dinding ubin batu bata :	Tebal dinding, mm
	<u>100</u> <u>150</u> <u>200</u> <u>250</u> <u>300</u>
Diplester di dua sisi	1.80 2.50 3.10 3.80 4.40
Tidak di plester	1.30 2.00 2.60 3.30 3.90
Unit dinding bata beton berongga :	Tebal dinding, mm
Tidak di grout	<u>100</u> <u>150</u> <u>200</u> <u>250</u> <u>300</u>
1.2 m jarak Grout	1.40 1.45 1.90 2.25 2.60
1.0 m jarak Grout	1.70 2.25 2.70 3.15
0.8 m jarak Grout	1.80 2.30 2.80 3.30
0.6 m jarak Grout	1.80 2.40 3.00 3.45
0.4 m jarak Grout	2.00 2.60 3.20 3.75
Grout penuh	2.20 2.90 3.60 4.30
	3.00 4.00 5.00 6.10
Unit dinding batu bata padat :	Tebal dinding, mm
	<u>100</u> <u>150</u> <u>200</u> <u>250</u> <u>300</u>
Tidak di plester	2.00 3.10 4.20 5.30 6.40

(Sumber : SNI 8900 : 2020)

Tabel 2. 9 Elemen Nonstruktural Vertikal, Beban Mati Minimum: Jendela

Komponen	Beban (kN/m ²) Per m ² permukaan vertikal (dikali dengan tinggi elemen dalam m untuk mendapatkan beban garis dalam kN/m)
Jendela	
Dinding tirai kaca, kaca, bingkai dan selempang	0.50
Jendela, kaca, bingkai, dan selempang	0.40

(Sumber : SNI 8900 : 2020)

Tabel 2. 10 Nilai Beban Mati Minimum Alternatif Untuk Elemen
Nonstruktural Apabila Tidak Dilakukan Analisis Detail

Hunian			Fasad dan partisi, (lb/ft ²) (kN/m ²) per ft ² (m ²) luas lantai	Pelapis Lantai dan langit - langit, (lb/ft ²) (kN/m ²) per ft ² (m ²) luas lantai
Kelompok A- <i>Assembly</i> (Pertemuan)	A-2 A-3	Gedung memiliki ruang pertemuan dengan kapasitas kurang dari 100 orang dan tidak memiliki panggung	20 (1.0)	40 (1.8)

Kelompok B-Business (Bisnis)	B	Partisi dengan tinggi penuh yang dapat dipindahkan	20 (1.0)	40 (1.8)
		Partisi tetap dari pasangan bata	45 (2.0)	40 (1.8)
Kelompok E-Educational (Pendidikan)	E	Ruang kelas	45 (2.0)	35 (1.5)
Kelompok F-Factory (Pabrik)	F - 1	Industri ringan	18 (0.8)	35 (1.6)
Kelompok I-Institutional (Kelembagaan)	I - 1	Tempat tinggal and fasilitas perawatan	45 (2.0)	35 (1.6)
	I - 3	Penjara, panti rehabilitasi, pusat penahanan	55 (2.5)	40 (1.8)
	I - 4	Fasilitas penitipan anak	45 (2.0)	35 (1.6)
Kelompok M-Mercantile (Perdagangan)	M	Etalase dan tempat penjualan barang dagangan	35 (1.5)	30 (1.4)
Kelompok R-Residential (Hunian)	R	Fasad dan partisi dari batu bata	65 (3.0)	35 (1.6)
		Fasad dan partisi ringan	45 (2.0)	30 (1.4)
Kelompok S-Storage (Penyimpanan)	S - 2	Penyimpanan bahan ringan	35 (1.5)	35 (1.5)
Kelompok U-Utility and Miscellaneous (Utilitas dan lain-lain)	U	Garasi untuk kendaraan dengan daya angkut hingga 4000 lb (1800 kg)	5 (0.2)	20 (1.0)

(Sumber : SNI 8900 : 2020)

2.4.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban gravitasi yang bekerja pada struktur dalam masa layannya dan timbul akibat penggunaan suatu gedung. Beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lain harus beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung, akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan. Berikut beban hidup menurut kegunaan suatu bangunan berdasarkan SNI-1727-2020 Pasal 4.3.1 dalam tabel berikut.

Tabel 2. 11 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, Lo Dan Beban Hidup Terpusat Minimum

Hunian atau Penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat psf (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem Lantai Akses		
Ruang kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
Ruang computer	100 (4,79)	2000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18)	
Kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	
Lobi	100 (4,79)	
Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	
Lobi	100 (4,79)	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	
Panggung pertemuan	150 (7,18)	
Lantai podium	100 (4,79)	
Tribun penonton Stadion dan arena dengan kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	
Ruang pertemuan lainnya	100 (4,79)	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak melebihi 100 psf (4,79 kN/m ²)	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor		
Lantai pertama	100 (4,79)	
Lantai lain	Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Dudukan mesin elevator (pada area 50 mm x 50 mm)		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai finishing ringan (pada area 25 mm x 25 mm)		200 (0,89)
Jalur penyelesaian terhadap kebakaran	100 (4,79)	
Hunian satu keluarga saja	40 (1,92)	
Tangga Permanen		

Garasi/Parkir (Lihat pasal 4.10)		
Mobil penumpang saja	40 (1,92)	Lihat Pasal 4.10.1
Truk dan bus	Lihat Pasal 4.10.2	Lihat Pasal 4.10.2
Pegangan tangga dan pagar pengaman	Lihat Pasal 4.5.1	Lihat Pasal 4.5.1
Batang pegangan		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 4.11.1
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)	1000 (4,45)
Ruang pasien	40 (1,92)	1000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Hotel (Lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
Ruang baca	60 (2,87)	1000 (4,45)
Ruang penyimpanan	150 (7,18)	1000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Pabrik		
Ringan	125 (6,00)	2000 (8,90)
Berat	250 (11,97)	3000 (13,35)
Gedung perkantoran		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	2000 (8, 90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2000 (8,90)
Lembaga hukum		
Blok sel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, billiard, dan penggunaan yang sama	75 (3,59)	
Ruang dansa dan ballroom	100 (4,79)	
Gimnasium	100 (4,79)	

Rumah tinggal		
Hunian satu keluarga dan dua keluarga		
Loteng yang tidak dapat dihuni tanpa gudang	10 (0,48)	
Loteng yang tidak dapat dihuni dengan gudang	20 (0,96)	
Loteng yang dapat dihuni dan ruang tidur	30 (1,44)	
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya		
Ruang pribadi dan koridor	40 (1,92)	
Ruang publik	100 (4,79)	
Atap		
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96)	
Atap yang digunakan penghuni	Sama dengan pengguna yang dilayani	
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,70)	
Atap vegetatif dan atap lansekap		
Atap bukan untuk hunian	20 (0,96)	
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,79)	
Atap untuk penggunaan lainnya	Sama dengan penggunaan yang dilayani	
Awning dan kanopi		
Atap konstruksi <i>fabric</i> yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0,24)	
	5 (0,24)	
Rangka penumpu layar penutup	Berdasarkan area tributari dari atap yang didukung oleh komponen struktur rangka	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 pendukung atap diatas pabrik, gudang penyimpanan dan pekerjaanya, dan garasi bengkel		2000 (8,90)
Semua komponen struktur atap.		300 (1,33)
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		300 (1,33)

Sekolah		
Ruang kelas	40 (1,92)	1 000 (4,50)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,50)
Koridor lantai pertama	100 (4,79)	1 000 (4,50)
Scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Jalan di pinggir untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97)	8000 (35,60)
Tangga dan jalan keluar	100 (4,79)	300 (1,33)
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga	40 (1,92)	300 (1,33)
Gudang diatas langit-langit	20 (0,96)	
Gudang penyimpanan dan pekerja (harus dirancang untuk beban lebih berat jika diperlukan)		
Ringan	125 (6,00)	
Berat	250 (11,97)	
Toko		
Eceran		
Lantai pertama	100 (4,79)	1 000 (4,45)
Lantai diatasnya	75 (3,59)	1 000 (4,45)
Grosir, di semua Lantai	125 (6,00)	1 000 (4,45)
Penghalang kendaraan		Lihat pasal 4.5.3
Susuran jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79)	

(Sumber : SNI 1727 : 2020)

Tabel 2. 12 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum

Hunian atau penggunaan		Fasad dan partisi, (lb/ft ²) (kN/m ²) per ft ² (m ²) luas lantai	Pelapis Lantai dan langit - langit, (lb/ft ²) (kN/m ²) per ft ² (m ²) luas lantai
Kelompok A- <i>Assembly</i> (Pertemuan)	Balkon	125	6.0
	Koridor dan tangga	125	6.0
	Gimnasium	125	6.0
	Lobby	125	6.0
	Kursi yang dapat dipindah	125	6.0

	Area rekreasi	100	5.0
	Platform	125	6.0
Kelompok B-Business (Bisnis)	Koridor dan tangga	115	5.5
	Kantor	50	2.5
	Restoran	115	5.5
Kelompok E-Educational (Pendidikan)	Ruang kelas	65	3.0
	Koridor dan tangga	125	6.0
	Perpustakaan	-	-
	Ruang baca	75	3.5
	Kamar susun	170	8.0
Kelompok F-Factory (Pabrik)	Industri ringan	150	7.0
Kelompok I-Institutional (Kelembagaan)	Ruang operasi, laboratorium	85	4.0
	Bangsai dan kamar privat	50	2.5
	Koridor dan tangga	115	5.5
Kelompok M-Mercantile (Perdagangan)	Toko Pengecer	115	5.5
	Grosir	150	7.0
Kelompok R-Residential (Hunian)	Balkon	115	5.5
	Kamar pribadi dan koridor layanan	50	2.2
	Ruang publik dan koridor layanan	115	5.5
	Tangga	125	6.0
Kelompok S-Storage (Penyimpanan)	Lampu pencahayaan	140	6.5
Kelompok U-Utility and Miscellaneous (Utilitas dan lain-lain)	Garasi mobil penumpang	60	2.8

(Sumber : SNI 8900 : 2020)

Struktur beton bertulang termasuk material yang diizinkan, tebal selimut beton, dan prosedur untuk menentukan kekuatan desain dari komponen yang mengalami lentur, beban aksial dengan atau tanpa lentur, dan geser.

Tabel 2. 13 Ukuran Batang Tulangan Baja Sirip

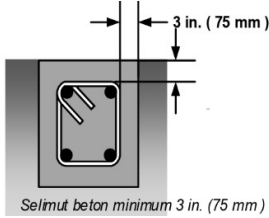
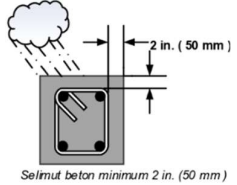
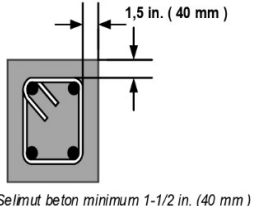
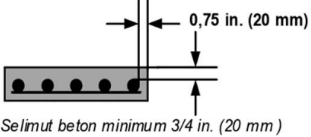
Penamaan Tulangan	Ukuran		
	Diameter, mm	Luas Penampang, mm ²	Berat Nominal per meter, kg/m
S6	6	28	0,222
S8	8	50	0,395
S10	10	79	0,617
S13	13	133	1,042
S16	16	201	1,578
S19	19	284	2,226
S22	22	380	2,984
S25 [‡]	25	491	3,853

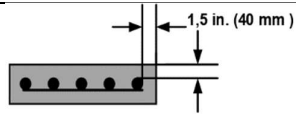
* Simbol dan angka pada penamaan tulangan mengindikasikan jenis tulangan adalah tulangan sirip/ulir dan diameter tulangan dalam satuan mm seperti yang ditunjukkan di dalam SNI 2052.

[‡] Diameter tulangan sirip/ulir maksimum yang diijinkan di dalam panduan ini adalah S25 (1 in. [25 mm]).

(Sumber : SNI 8900 : 2020)

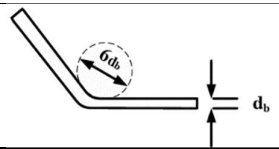
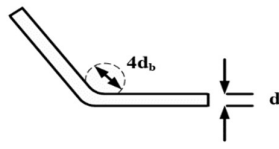
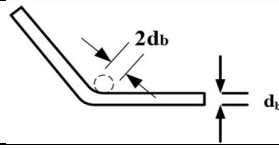
Tabel 2. 14 Tebal Minimum Selimut Beton Terhadap Tulangan

Komponen yang dicor di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	 Selimut beton minimum 3 in. (75 mm)
Komponen yang terpapar terhadap cuaca atau berhubungan dengan tanah	 Selimut beton minimum 2 in. (50 mm)
Girder, balok, dan kolom yang tidak terpapar terhadap cuaca atau berhubungan dengan tanah	 Selimut beton minimum 1-1/2 in. (40 mm)
Slab solid, dinding beton bertulang, atau joist yang tidak terpapar terhadap cuaca	 Selimut beton minimum 3/4 in. (20 mm)

atau berhubungan dengan tanah	
Slab solid di atas tanah	 Selimum beton minimum 1-1/2 in. (40 mm)

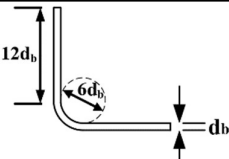
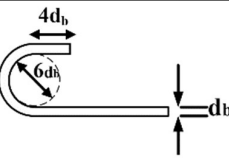
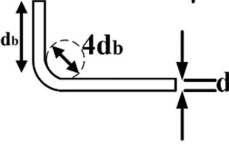
(Sumber : SNI 8900 : 2020)

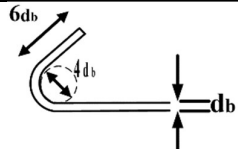
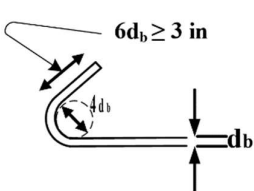
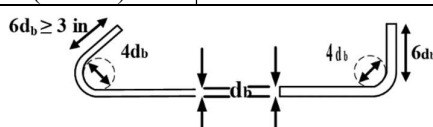
Tabel 2. 15 Diameter Bengkokan Minimum

Tipe batang tulangan	Diameter bengkokan	
Batang tulangan sirip	$6d_b$	
Batang tulangan untuk sengkang dan kait pengikat	$4d_b$	
Kawat untuk batang tulangan kawat dilas dengan $db > 6 \text{ mm}$	$4d_b$	
Kawat untuk batang tulangan kawat dilas dengan $db \leq 6 \text{ mm}$	$2d_b$	

(Sumber : SNI 8900 : 2020)

Tabel 2. 16 Deskripsi dan Dimensi Kait Standar

Penunjukan Kait	Deskripsi dan dimensi	
Kait 90°	Pembengkokan 90° ditambah perpanjangan minimum $12d_b$ pada ujung bebas kait	
Kait 180°	Pembengkokan 180° ditambah perpanjangan minimum $4d_b$ pada ujung bebas kait	
Untuk sengkang dan kait pengikat	Pembengkokan 90° ditambah perpanjangan minimum $6d_b$ pada ujung bebas kait	

	Pembengkokan 135° ditambah perpanjangan minimum $6d_b$ pada ujung bebas kait	
Sengkang tertutup (Sengkang pengekan dan kait pengikat) untuk struktur di daerah seismik	Pembengkokan 135° ditambah perpanjangan minimum $6d_b$ pada ujung bebas kait, tetapi tidak kurang dari 3 in. (75 mm)	
Untuk kait pengikat di daerah seismik	Pembengkokan 135° ditambah perpanjangan minimum $6d_b$ pada salah satu ujung bebas kait, tetapi tidak kurang dari 3 in. (75 mm)	Pembengkokan 90° ditambah perpanjangan minimum $6d_b$ pada ujung bebas kait lainnya
		

(Sumber : SNI 8900 : 2020)

2.4.3 Beban Angin

Beban angin adalah beban yang timbul sebagai akibat adanya tekanan dari gerakan angin. Beban angin didistribusikan merata pada kolom yang berada di dinding terluar bangunan. Beban angin bangunan gedung yang termasuk sebagai Sistem Penahan Gaya Angin Utama (SPGAU) direncanakan sesuai dengan aturan pada **SNI 1727 : 2020**. (Hal 126). Sebagaimana dalam penjelasan berikut:

- a) Menentukan kecepatan angin dasar, SNI 1727 : 2020, pada Tabel 1.5-1
- b) Menentukan parameter beban angin
 - 1 Faktor arah angin, K_d
 - 2 Kategori eksposur
 - 3 Faktor topografi, K_{z1}
 - 4 Faktor efek tiupan angin, G
 - 5 Klasifikasi tekanan internal, $GC_{PI} = \pm 0,18$

c) Beban angin maksimum

- 1 Menentukan tekanan eksposur, tekanan
velocitas, k_z atau k_h

Menghitung k_z

z = tinggi bangunan dari permukaan tanah untuk eksposur B, $\alpha = 7$ dan

$Z_g = 365,76$ karena $15 \text{ ft} < z < Z_g$ (15 ft = 4,6 meter)

$$\text{maka } k_z = 2.01 \left(\frac{z}{Z_g} \right)^2 a$$

Menghitung k_h jika diketahui z

Dihitung menggunakan interpolasi linier. Menentukan tekanan velocitas q_z dan q_h .

- 1) Menghitung q_z

$$q_z = 0,613 \cdot k_z \cdot K_{zl} \cdot k_d \cdot V^2$$

- 2) Menghitung q_h

$$q_h = 0,613 \cdot k_z \cdot K_{zl} \cdot k_d \cdot V^2$$

- 2 Menghitung Koefisien eksternal, C_p Maka, nilai C_p untuk : **(SNI 1727 : 2020)**

$$W_{datang} = q_z \times G \times C_p \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$W_{pergi} = q_h \times G \times C_p \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

d) Beban angin minimum

Menentukan tekanan eksposur, tekanan
velocitas, k_z atau k_h

- 1 Menghitung k_z

z (tinggi bangunan dari permukaan tanah) = 4 m, untuk eksposur B, $\alpha = 7$
dan $Z_g = 365,76$

- 2 Menghitung k_h

Jika diketahui z (tinggi di atas elevasi tanah, dalam ft (m) = 4 meter **(SNI 1727:2020)** Dihitung menggunakan interpolasi linier

- 3 Menentukan tekanan velocitas q_z dan q_h

Menghitung qz (tekanan velositas pada tinggi z di atas tanah, dalam lb/ft² (N/m²))

$$qz = 0,613 \cdot k_z \cdot K_{zl} \cdot k_d \cdot V^2$$

Menghitung qh (tekanan velositas pada ketinggian $z = h$, dalam lb/ft² (N/m²))

$$qh = 0,613 \cdot k_h \cdot K_{zl} \cdot k_d \cdot V^2$$

dimana :

K_z = koefisien eksposur tekanan kecepatan, lihat Pasal 26.10.1.

K_{zt} = faktor topografi, lihat Pasal 26.8.2.

K_d = faktor arah angin, lihat Pasal 26.6.

V = kecepatan angin dasar, lihat Pasal 26.5.

qz = tekanan kecepatan pada ketinggian z .

Tekanan kecepatan pada tinggi atap rata-rata dihitung sebagai $qh = qz$ yang dievaluasi dari Persamaan (26.10-1) menggunakan K_z pada ketinggian atap rata – rata h .

4 Menghitung Koefisien eksternal, C_p

Maka, nilai C_p untuk : (SNI 1727 : 2020)

$$W_{datang} = qz \times G \times C_p \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$W_{pergi} = qz \times G \times C_p \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

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

- a) Datang dan pergi dari kanan ke kiri sisi bangunan
- b) Datang dan pergi dari kiri ke kanan sisi bangunan

2.4.4 Beban Kombinasi

Setiap komponen struktur dirancang sedemikian rupa agar dapat memikul besarnya beban yang lebih besar daripada beban layan atau aktual guna memberikan jaminan keamanan terhadap kegagalan struktur. Dalam metode perencanaan berbasis kekuatan (*strength design method*), elemen struktur didesain untuk memikul beban terfaktor yang diperoleh dengan mengalikan suatu faktor

beban terhadap beban layan nominal. Beban hidup memiliki derajat ketidakpastian yang lebih tinggi dibandingkan dengan beban mati.

Berdasarkan persyaratan dalam **(SNI 1727 : 2020)** besarnya kuat perlu, Ultimit yang harus dipertimbangkan sebagai kondisi paling kritis yang harus dipikul suatu elemen struktur adalah :

1. $U = 1,4D$
2. $U = 1,2D + 1,6L$
3. $U = 1,2D + 1,6L + 0,5W$
4. $U = 1,2D + 1,0W + L$
5. $U = 0,9D + 1,0W$

Berikut adalah beberapa catatan tambahan untuk kombinasi beban ultimit:

- a) Nilai faktor beban untuk L dalam persamaan ke 3,4,5 dapat direduksi menjadi $0,5L$, jika nilai L tidak lebih besar daripada $4,8 \text{ kN/m}^2$ (atau 500 kg/m^2) disamping itu faktor tersebut tidak boleh direduksi untuk area garasi atau area tempat publik.
- b) Apabila beban angin, W , belum direduksi oleh faktor arah maka faktor beban untuk beban angin dalam persamaan 4 harus diganti menjadi $1,6$, dan dalam persamaan 3 diganti menjadi $0,8$.
- c) Untuk struktur yang memikul beban fluida, maka unsur beban fluida tersebut dapat dimasukkan dalam persamaan 1 hingga 5 dan 7 dengan faktor beban yang sama dengan faktor beban untuk beban mati.
- d) Jika ada pengaruh tekanan tanah lateral, H , maka ada tiga kemungkinan berikut :
 - 1) Apabila H bekerja sendiri atau menambah efek dari beban – beban lainnya maka H harus dimasukkan dalam kombinasi pembebanan dengan faktor beban sebesar $1,6$.
 - 2) Apabila H permanen dan bersifat melawan pengaruh dari beban – beban lain, maka H dapat dimasukkan dalam kombinasi pembebanan dengan menggunakan faktor beban sebesar $0,9$.

- 3) Jika H tidak permanen, namun pada saat H bekerja mempunyai sifat melawan beban – beban lainnya, maka beban H boleh tidak dimasukkan dalam kombinasi pembebanan.

Berdasarkan persyaratan dalam (SNI 1727 : 2020) besarnya kuat perlu untuk beban tidak terfaktor (*Service*) yang harus dipertimbangkan sebagai kondisi paling kritis yang harus dipikul suatu elemen struktur adalah :

1. $U = D$
2. $U = D + L$
3. $U = D + 0,75L + 0,5W$
4. $U = D + 0,6W$
5. $U = D + 0,75 L + 0,75(0,6W)$

Berikut adalah beberapa catatan tambahan untuk kombinasi beban *service* :

Jika ada pengaruh tekanan tanah lateral, H , maka ada tiga kemungkinan berikut :

- 1) Apabila H bekerja sendiri atau menambah efek dari beban – beban lainnya maka H harus dimasukkan dalam kombinasi pembebanan dengan faktor beban sebesar 1,0.
- 2) Apabila H permanen dan bersifat melawan pengaruh dari beban – beban lain, maka H dapat dimasukkan dalam kombinasi pembebanan dengan menggunakan faktor beban sebesar 0,6.

2.5 Perencanaan Konstruksi

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

2.5.1 Perencanaan Rangka Atap

Rangka atap direncanakan menggunakan software ETABS 2020 untuk menghitung gaya dalam secara otomatis. Setelah gaya dalam diperoleh, perencanaan dihitung secara manual berdasarkan SNI 1729:2002. Berikut ini adalah pembahasan-pembahasan mengenai perancangan rangka atap, antara lain :

1. Gording

Perencanaan gording menggunakan metode berikut :

- a. Cek Kekompakan
- b. Cek Momen Nominal
- c. Lakukan Analisa Pembebanan
- d. Kontrol Lendutan

2. Konstruksi Rangka Baja (Kuda – Kuda)

Konstruksi kuda-kuda diperhitungkan terhadap pembebanan, antara lain :

- a. Beban Mati
 - 1) Beban Sendiri Kuda – Kuda
 - 2) Beban Gording
 - 3) Beban Penutup Atap
 - 4) Beban Simpul
 - 5) Beban Plafond dan Penggantungnya
- b. Beban Hidup
 - 1) Beban Air Hujan = $(40 - (0,8 \times \alpha)) \text{ kg/m}^2$
 - 2) Beban Pekerja
- c. Beban Angin

Pada masing – masing beban diatas, kemudian dapat dicari nilai gaya-gaya betangnya dengan menggunakan program ETABS 2020 Perhitungan konstruksi rangka dapat dihitung dengan cara :

 - 1) Menentukan Nilai Beban Kombinasi
 - 2) Memeriksa Kelangsingan Sayap

3. Sambungan Las

- a. Pengelasan konstruksi sipil harus dilakukan dengan las listrik
- b. Kuat Las Sudut
- c. Penentuan Ukuran Las
- d. Panjang Las yang Dibutuhkan
- e. Kontrol Panjang Las

2.5.2 Perencanaan Pelat

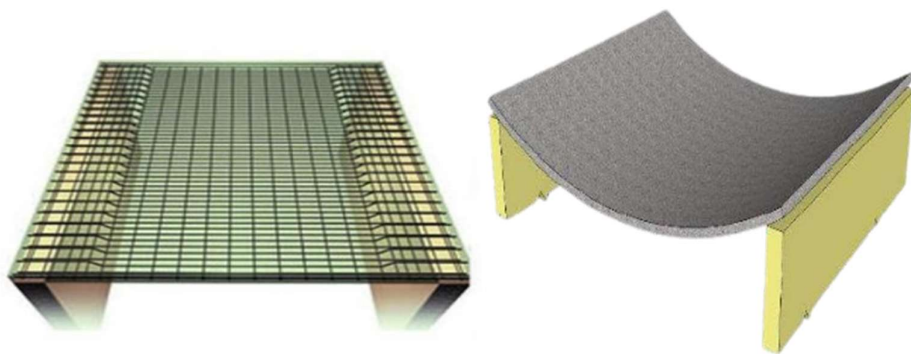
Pelat lantai merupakan elemen struktur yang umumnya difungsikan untuk mendistribusikan beban mati dan beban hidup ke struktur utama lainnya, seperti balok dan kolom. Pada suatu konstruksi bangunan gedung, pelat terdiri dari pelat atap dan pelat lantai. Beban pada pelat atap hanya terdiri dari beban mati sendirinya pelat atap, beban hidup dan beban hujan, sementara pada pelat lantai selain beban mati sendirinya, pelat lantai juga diberi beban dinding dan beban hidup yang sesuai dengan penggunaan ruang yang ada di atasnya.

Pada umumnya struktur pelat lantai beton dalam suatu bangunan gedung dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

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

Pelat satu arah (*one way*) merupakan jenis pelat yang mengalami lendutan pada satu arah sumbunya. Hal ini mengandung arti bahwa tulangan lentur yang digunakan pun hanya satu arah, sesuai dengan arah lendutan pelat yang terjadi.

Pelat dikatakan satu arah apabila $\frac{L_y}{L_x} \geq 2$, dimana L_y adalah panjang sisi panjang dan L_x adalah panjang sisi pendek, karena slab ini akan menekuk dalam satu arah yaitu pada arah sepanjang rentang yang lebih pendek seperti pada gambar.



Gambar 2. 1 Pelat Satu Arah

(Sumber : SNI-2847-2019)

Untuk menentukan ketebalan minimum pelat satu arah digunakan tabel SNI 2847 : 2019.

Tabel 2. 17 Ketebalan Minimum Pelat Solid Satu Arah (Non Prategang)

Kondisi Tumpuan	$h^{[1]}$ minimum
Tumpuan Sederhana	$\ell/20$
Satu Ujung Menerus	$\ell/24$
Kedua ujung Menerus	$\ell/28$
Kantilever	$\ell/10$
[1]Angka ini berlaku untuk beton berat normal dan $f_y = 420$ MPa.	

(Sumber : SNI 2847 : 2019)

Nilai yang tertera pada tabel 2.14 berlaku untuk beton berat normal dan mutu baja 420 Mpa. Untuk f_y lebih dari 420 Mpa, maka persamaan pada tabel 2.13 harus di kalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

Tabel 2. 18 Tebal Minimum h untuk Slab Solid Satu Arah yang Menumpu Elemen Nonstruktural yang Tidak Sensitif Terhadap Lendutan

Kondisi Tumpuan	Tebal Minimum h
Tumpuan Sederhana	$\ell_s/20$
Satu Ujung Menerus	$\ell_s/24$
Kedua ujung Menerus	$\ell_s/28$
Kantilever	$\ell_s/10$

(Sumber : SNI 8900 : 2020)

Tabel 2. 19 Tebal Minimum h Untuk Slab Solid Satu Arah yang Menumpu Elemen Nonstruktural yang Sensitif terhadap Lendutan

Kondisi Tumpuan	Tebal Minimum h
Tumpuan Sederhana	$\ell_s/14$
Satu Ujung Menerus	$\ell_s/16$
Kedua ujung Menerus	$\ell_s/19$
Kantilever	$\ell_s/7$

(Sumber : SNI 8900 : 2020)

Tabel 2. 20 Kekuatan Momen Perlu untuk Pelat Bentang Tunggal Satu Arah

Momen positif pada batang ujung : $M_u^+ = \frac{q_u l_n^2}{11}$ Bentang Interior : $M_u^+ = \frac{q_u l_n^2}{16}$
Momen negatif ditumpuan pada muka interior tumpuan eksternal : $M_u^- = \frac{q_u l_n^2}{24}$ Muka eskterior tumpuan internal pertama, hanya dua bentang : $M_u^- = \frac{q_u l_n^2}{9}$ Muka tumpuan internal, lebih dari dua bentang : $M_u^- = \frac{q_u l_n^2}{10}$ Muka semua tumpuan untuk pelat dengan bentang tidak melebihi 3m: $M_u^- = \frac{q_u l_n^2}{12}$

(Sumber : SNI 8900 : 2020; hal 90)

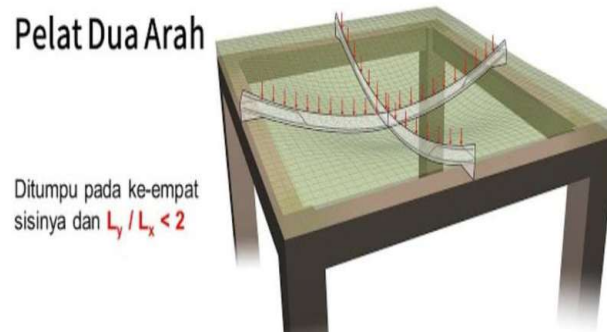
		Beban Merata w_u ($L/D \leq 3$)			
		Satu bentang atau lebih			
Terintegrasi dengan Tumpuan		Komponen prismatis		Tumpuan Sederhana	
$\ell_{n,2} < \ell_{n,1} \leq 1,2\ell_{n,2}$		$\ell_{n,2}$		$\ell_{n,2}$	
$\frac{w_u \ell_{n,1}^2}{14}$		$\frac{w_u \ell_{n,2}^2}{16}$		$\frac{w_u \ell_{n,2}^2}{11}$	
Tumpuan Balok	$\frac{w_u \ell_{n,1}^2}{24}$	$\frac{w_u \ell_{n,avg}^2}{10}$	$\frac{w_u \ell_{n,avg}^2}{11}$	$\frac{w_u \ell_{n,2}^2}{11}$	$\frac{w_u \ell_{n,2}^2}{10}$ 0
Tumpuan Kolom	$\frac{w_u \ell_{n,1}^2}{16}$				
Catatan A	$\frac{w_u \ell_{n,1}^2}{12}$	$\frac{w_u \ell_{n,avg}^2}{12}$	$\frac{w_u \ell_{n,avg}^2}{12}$	$\frac{w_u \ell_{n,2}^2}{12}$	$\frac{w_u \ell_{n,2}^2}{12}$ 0
	$\frac{w_u \ell_{n,1}^2}{2}$	$\frac{1,15w_u \ell_{n,1}^2}{2}$	$\frac{w_u \ell_{n,2}^2}{2}$	$\frac{w_u \ell_{n,2}^2}{2}$	$\frac{1,15w_u \ell_{n,2}^2}{2}$ $\frac{w_u \ell_{n,2}^2}{2}$

Gambar 2. 2 Momen Lentur dan Gaya Geser Pendekatan Untuk Balok Menerus dan Slab satu Arah

(Sumber : SNI 8900 -2020; hal 90)

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

Pelat dikatakan dua arah apabila $\frac{L_b}{L_a} < 2$, dimana L_b adalah panjang sisi panjang dan L_a adalah Panjang sisi pendek, yang dimana pelat ini akan menekuk dalam dua arah.



Gambar 2. 3 Pelat Dua Arah

(Sumber : SNI 8900 -2020)

Berikut ini langkah-langkah perhitungan pelat dua arah:

a. Menentukan tebal minimum pelat

Tebal pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- Untuk $\alpha f_m \leq 0,2$ harus menggunakan tabel 2.21 berdasarkan SNI 2847 : 2019

Tabel 2. 21 Tebal Minimum Pelat Dua Arah Non Prategang Tanpa Balon Interior

f_y Mpa	Tanpa drop panel			Dengan drop panel		
	Panel Eksterior		Panel Interior	Panel Eksterior		Panel Interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
280	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/40$	$\ell_n/40$
420	$\ell_n/30$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$
520	$\ell_n/28$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/34$	$\ell_n/34$
• 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						

(Sumber: SNI 2847-2019; hal 134)

- Untuk $0,2 < \alpha f_m \leq 0,2$ atau $\alpha f_m > 2,0$ ketebalan pelat minimum harus

menggunakan tabel 2.22 sesuai dengan SNI 2847 : 2019 pasal 8.3.1.2, hal 134, yakni:

Tabel 2. 22 Tebal Minimum Pelat Dua Arah Nonprategang dengan Balok Diantara Tumpuan pada Semua Sisinya

αf_m	h Minimum, mm	
$0,2 < \alpha f_m \leq 2,0$	Terbesar dari :	$\frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha f_m - 0,2)}$
		125
$\alpha f_m > 2,0$	Terbesar dari :	$\frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$
		90

(Sumber: SNI 2847-2019; hal 134)

- b. Menghitung αf_m masing-masing panel

$$\alpha = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{pelat}}} = \frac{\sum I_o + \sum A_i \cdot (y_a - y_i)^2}{\frac{I_n \cdot t^3}{12}}$$

$$\alpha f_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

Dimana:

L_n = Jarak bentang bersih

h = tinggi balok

t = tebal pelat

β = rasio $\left(\frac{L_{nb}}{L_{na}} \right)$ L_n diambil dari panjang netto terpanjang

- c. Tebal Selimut Beton Minimum

Tabel 2. 23 Ketebalan Selimut Beton untuk Komponen Struktur Beton Nonprategang yang Dicor di Tempat

Paparan	Komponen Struktur	Tulangan	Ketebalan Selimut, mm
Dicor dan secara permanen kontak dengan tanah	Semua	semua	75
Terpapar cuaca atau kontak dengan tanah		Batang D19 hingga D57	50
		Batang D16, Kawat Ø13 atau D13 dan yang lebih kecil	40
		Batang D43 dan D57	40

Tidak terpapar cuaca atau kontak dengan tanah		Batang D36 dan yang lebih kecil	20
		Tulangan utama, sengkang, sengkang ikat, spiral dan sengkang pengekan	40

(Sumber: SNI 2847-2019)

- d. Menghitung beban yang bekerja (beban mati dan beban hidup) dan beban terfaktor.

$$\text{Untuk Pelat Lantai} \quad Q_u = 1,2 Q_D + 1,6 Q_L$$

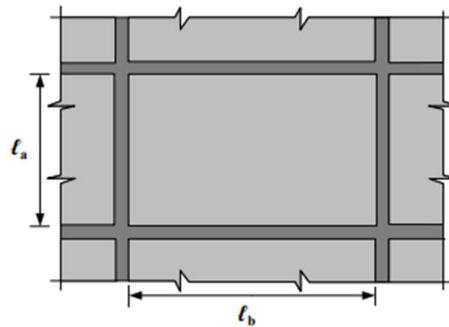
Dimana :

Q_u = beban rencana terfaktor (kN/m)

Q_D = beban mati pelat (kN/m)

Q_L = beban hidup pelat (kN/m)

- e. Menghitung momen rencana (M_u) yang bekerja pada arah a dan b, dengan metode koefisien momen pelat dimana koefisien ini ditentukan berdasarkan jenis panel pelat berdasarkan SNI 8900 : 2020 sebagai berikut.



Gambar 2. 4 Panel Interior Pelat Dua Arah yang Dipikul Girder, Balok, atau Dinding Beton Bertulang.

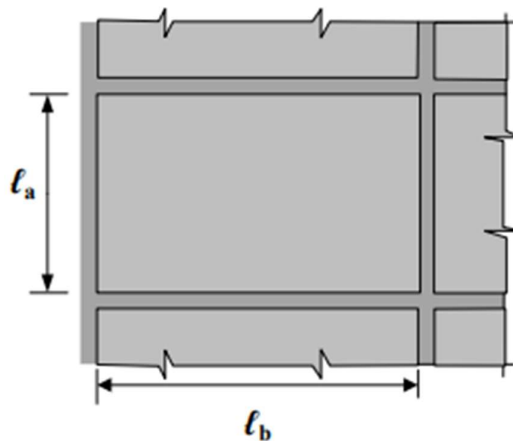
(Sumber : SNI 8900-2020 hal 93)

Tabel 2. 24 Panel Interior Pelat Dua Arah yang Ditumpu Girder, Balok, atau Dinding Beton Bertulang

$\beta = \frac{l_b}{l_a}$	Arah pendek, l_a			Arah panjang, l_b		
Rasio bentang panel	Momen negatif	Momen positif	Fraksi beban	Momen negatif	Momen positif	Fraksi beban
1,0	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{22}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{42}$	$\alpha_a = 0,50$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{22}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{42}$	$\alpha_b = 0,50$
1,1	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{18}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{35}$	$\alpha_a = 0,60$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{25}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{50}$	$\alpha_b = 0,40$

1,2	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{16}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{30}$	$\alpha_a = 0,67$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{35}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{60}$	$\alpha_b = 0,33$
1,3	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{15}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{27}$	$\alpha_a = 0,74$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{40}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{75}$	$\alpha_b = 0,26$
1,4	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{14}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{25}$	$\alpha_a = 0,80$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{50}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{100}$	$\alpha_b = 0,20$
1,5	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{13}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{23}$	$\alpha_a = 0,84$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{65}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{120}$	$\alpha_b = 0,16$
1,6	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{13}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{22}$	$\alpha_a = 0,87$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{85}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{145}$	$\alpha_b = 0,13$
1,7	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{12}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{21}$	$\alpha_a = 0,90$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{110}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{180}$	$\alpha_b = 0,10$
1,8	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{12}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{20}$	$\alpha_a = 0,92$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{135}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{225}$	$\alpha_b = 0,08$
1,9	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{12}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{20}$	$\alpha_a = 0,93$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{160}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{275}$	$\alpha_b = 0,07$
2,0	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{11}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{18}$	$\alpha_a = 0,94$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{170}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{340}$	$\alpha_b = 0,06$
>2,0	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{10}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{16}$	$\alpha_a = 1,00$	Tulangan susut dan temperatur		$\alpha_b = 0,00$

(Sumber : SNI 8900-2020 hal 95)



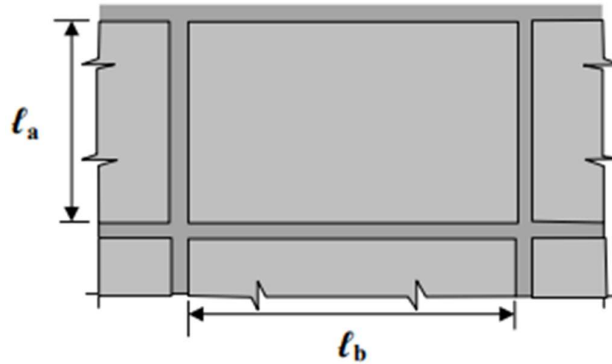
Gambar 2. 5 Panel ujung Dengan l_a Sejajar Tepi Slab Dua Arah yang Dipikul Girder, Balok, Atau Dinding Beton Bertulang

(Sumber : SNI 8900-2020 hal 94)

Tabel 2. 25 Panel Tepi dengan ℓ_a Sejajar Tepi Pelat Dua Arah yang Ditumpu
Girder, Balok, Atau Dinding Beton Bertulang

$\beta = \ell_b/\ell_a$	Arah pendek, ℓ_a			Arah panjang, ℓ_b		
Rasio bentang panel	Momen negatif	Momen positif	Fraksi beban	Momen negatif	Momen positif	Fraksi beban
1,0	$M_a^- = \frac{q_u \ell_a^2}{16}$	$M_a^+ = \frac{q_u \ell_a^2}{35}$	$\alpha_a = 0,67$	$M_b^- = \frac{q_u \ell_b^2}{33}$	$M_b^+ = \frac{q_u \ell_b^2}{40}$	$\alpha_b = 0,33$
1,1	$M_a^- = \frac{q_u \ell_a^2}{15}$	$M_a^+ = \frac{q_u \ell_a^2}{31}$	$\alpha_a = 0,74$	$M_b^- = \frac{q_u \ell_b^2}{35}$	$M_b^+ = \frac{q_u \ell_b^2}{50}$	$\alpha_b = 0,26$
1,2	$M_a^- = \frac{q_u \ell_a^2}{14}$	$M_a^+ = \frac{q_u \ell_a^2}{28}$	$\alpha_a = 0,80$	$M_b^- = \frac{q_u \ell_b^2}{50}$	$M_b^+ = \frac{q_u \ell_b^2}{65}$	$\alpha_b = 0,20$
1,3	$M_a^- = \frac{q_u \ell_a^2}{13}$	$M_a^+ = \frac{q_u \ell_a^2}{25}$	$\alpha_a = 0,85$	$M_b^- = \frac{q_u \ell_b^2}{70}$	$M_b^+ = \frac{q_u \ell_b^2}{85}$	$\alpha_b = 0,15$
1,4	$M_a^- = \frac{q_u \ell_a^2}{13}$	$M_a^+ = \frac{q_u \ell_a^2}{23}$	$\alpha_a = 0,88$	$M_b^- = \frac{q_u \ell_b^2}{90}$	$M_b^+ = \frac{q_u \ell_b^2}{110}$	$\alpha_b = 0,12$
1,5	$M_a^- = \frac{q_u \ell_a^2}{12}$	$M_a^+ = \frac{q_u \ell_a^2}{22}$	$\alpha_a = 0,91$	$M_b^- = \frac{q_u \ell_b^2}{115}$	$M_b^+ = \frac{q_u \ell_b^2}{135}$	$\alpha_b = 0,09$
1,6	$M_a^- = \frac{q_u \ell_a^2}{12}$	$M_a^+ = \frac{q_u \ell_a^2}{21}$	$\alpha_a = 0,93$	$M_b^- = \frac{q_u \ell_b^2}{135}$	$M_b^+ = \frac{q_u \ell_b^2}{160}$	$\alpha_b = 0,07$
1,7	$M_a^- = \frac{q_u \ell_a^2}{12}$	$M_a^+ = \frac{q_u \ell_a^2}{20}$	$\alpha_a = 0,94$	$M_b^- = \frac{q_u \ell_b^2}{165}$	$M_b^+ = \frac{q_u \ell_b^2}{185}$	$\alpha_b = 0,06$
1,8	$M_a^- = \frac{q_u \ell_a^2}{12}$	$M_a^+ = \frac{q_u \ell_a^2}{20}$	$\alpha_a = 0,95$	$M_b^- = \frac{q_u \ell_b^2}{200}$	$M_b^+ = \frac{q_u \ell_b^2}{220}$	$\alpha_b = 0,05$
1,9	$M_a^- = \frac{q_u \ell_a^2}{12}$	$M_a^+ = \frac{q_u \ell_a^2}{19}$	$\alpha_a = 0,96$	$M_b^- = \frac{q_u \ell_b^2}{250}$	$M_b^+ = \frac{q_u \ell_b^2}{270}$	$\alpha_b = 0,04$
2,0	$M_a^- = \frac{q_u \ell_a^2}{11}$	$M_a^+ = \frac{q_u \ell_a^2}{18}$	$\alpha_a = 0,97$	$M_b^- = \frac{q_u \ell_b^2}{330}$	$M_b^+ = \frac{q_u \ell_b^2}{340}$	$\alpha_b = 0,03$
>2,0	$M_a^- = \frac{q_u \ell_a^2}{10}$	$M_a^+ = \frac{q_u \ell_a^2}{16}$	$\alpha_a = 1,00$	Tulangan susut dan temperatur		$\alpha_b = 0,00$

(Sumber : SNI 8900-2020 hal 96)



Gambar 2. 6 Panel Ujung Dengan l_b Sejajar Tepi Slab Dua Arah yang Dipikul Girder, Balok, Atau Dinding Beton Bertulang

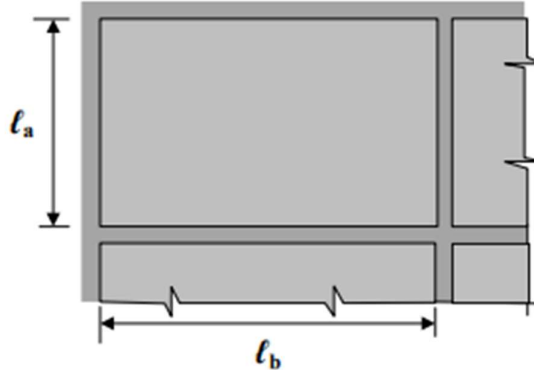
(Sumber : SNI 8900-2020 hal 94)

Tabel 2. 26 Panel Tepi Dengan l_b Sejajar Tepi Pelat Dua Arah yang Ditumpu Girder, Balok, Atau Dinding Beton Bertulang

$\beta = \frac{l_b}{l_a}$	Arah pendek, l_a			Arah panjang, l_b		
Rasio bentang panel	Momen negatif	Momen positif	Fraksi beban	Momen negatif	Momen positif	Fraksi beban
1,0	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{30}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{39}$	$\alpha_a = 0,33$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{16}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{35}$	$\alpha_b = 0,67$
1,1	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{23}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{32}$	$\alpha_a = 0,42$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{19}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{40}$	$\alpha_b = 0,58$
1,2	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{19}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{26}$	$\alpha_a = 0,51$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{22}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{50}$	$\alpha_b = 0,49$
1,3	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{17}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{23}$	$\alpha_a = 0,59$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{27}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{60}$	$\alpha_b = 0,41$
1,4	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{15}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{20}$	$\alpha_a = 0,66$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{32}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{70}$	$\alpha_b = 0,34$
1,5	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{13}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{19}$	$\alpha_a = 0,72$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{40}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{85}$	$\alpha_b = 0,28$
1,6	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{12}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{17}$	$\alpha_a = 0,77$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{50}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{100}$	$\alpha_b = 0,23$
1,7	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{12}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{16}$	$\alpha_a = 0,81$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{60}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{125}$	$\alpha_b = 0,19$
1,8	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{11}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{15}$	$\alpha_a = 0,85$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{70}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{150}$	$\alpha_b = 0,15$
1,9	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{11}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{15}$	$\alpha_a = 0,88$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{85}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{175}$	$\alpha_b = 0,12$

2,0	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{10}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{14}$	$\alpha_a = 0,92$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{100}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{200}$	$\alpha_b = 0,08$
>2,0	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{9}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{11}$	$\alpha_a = 1,00$	Tulangan susut dan temperatur		$\alpha_b = 0,00$

(Sumber : SNI 8900-2020 hal 97)



Gambar 2. 7 Panel Sudut Slab Dua Arah yang Dipikul Girder, Balok, atau Dinding Beton Bertulang

(Sumber : SNI 8900-2020 hal 94)

Tabel 2. 27 Panel Sudut Pelat Dua Arah yang Ditumpu Girder, Balok, atau Dinding Beton Bertulang

$\beta = \frac{l_b}{l_a}$	Arah pendek, l_a			Arah panjang, l_b		
Rasio bentang panel	Momen negatif	Momen positif	Fraksi beban	Momen negatif	Momen positif	Fraksi beban
1,0	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{20}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{31}$	$\alpha_a = 0,50$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{20}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{31}$	$\alpha_b = 0,50$
1,1	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{17}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{26}$	$\alpha_a = 0,59$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{25}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{38}$	$\alpha_b = 0,41$
1,2	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{15}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{23}$	$\alpha_a = 0,67$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{30}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{45}$	$\alpha_b = 0,33$
1,3	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{13}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{20}$	$\alpha_a = 0,74$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{40}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{55}$	$\alpha_b = 0,26$
1,4	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{13}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{19}$	$\alpha_a = 0,80$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{50}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{70}$	$\alpha_b = 0,20$
1,5	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{12}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{17}$	$\alpha_a = 0,84$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{60}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{85}$	$\alpha_b = 0,16$
1,6	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{11}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{16}$	$\alpha_a = 0,87$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{75}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{100}$	$\alpha_b = 0,13$
1,7	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{11}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{16}$	$\alpha_a = 0,90$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{100}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{125}$	$\alpha_b = 0,10$

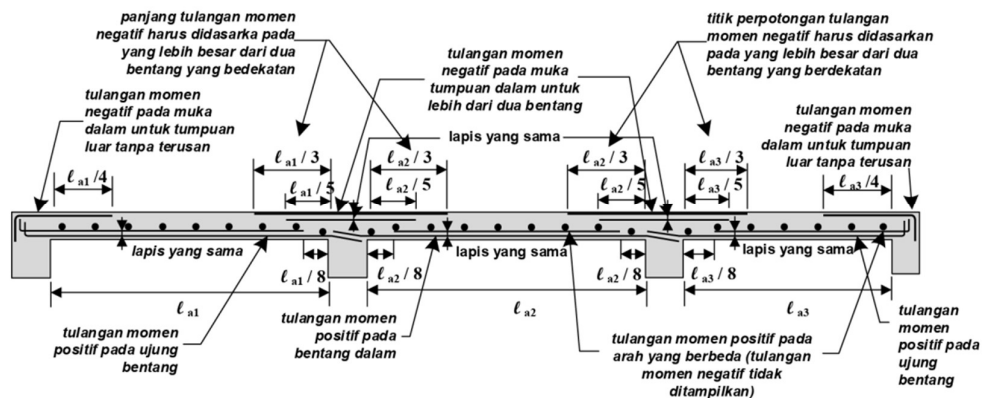
1,8	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{11}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{15}$	$\alpha_a = 0,92$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{120}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{150}$	$\alpha_b = 0,08$
1,9	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{11}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{15}$	$\alpha_a = 0,94$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{145}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{175}$	$\alpha_b = 0,06$
2,0	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{10}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{14}$	$\alpha_a = 0,96$	$M_b^- = \frac{q_u l_b^2}{165}$	$M_b^+ = \frac{q_u l_b^2}{200}$	$\alpha_b = 0,04$
>2,0	$M_a^- = \frac{q_u l_a^2}{9}$	$M_a^+ = \frac{q_u l_a^2}{11}$	$\alpha_a = 1,00$	Tulangan susut dan temperatur		$\alpha_b = 0,00$

(Sumber : SNI 8900-2020 hal 98)

f. Penulangan lentur pada pelat terdiri dari:

- Tulangan momen positif

Dalam area pusat panel slab, tulangan momen positif harus berdasarkan momen positif terfaktor yang ditentukan dari persamaan-persamaan yang sesuai. Rasio baja momen positif ρ untuk tulangan sejajar bentang pendek l_a atau bentang panjang l_b harus ditentukan dengan nilai M_a^+ atau M_b^+ yang berhubungan. Sebanyak setengah tulangan momen positif di tengah bentang yang berhubungan boleh dipotong pada jarak $l_a/8$ atau $l_b/8$, diukur dari muka tumpuan interior manapun. Tulangan momen positif yang tegak lurus tepi tak menerus tidak boleh dipotong. Tulangan momen positif di area perbatasan boleh dikurangi dari yang dibutuhkan pada area pusat menjadi sepertiga nilai di tepi panel, tetapi tidak kurang dari luas yang dibutuhkan untuk susut dan temperatur.

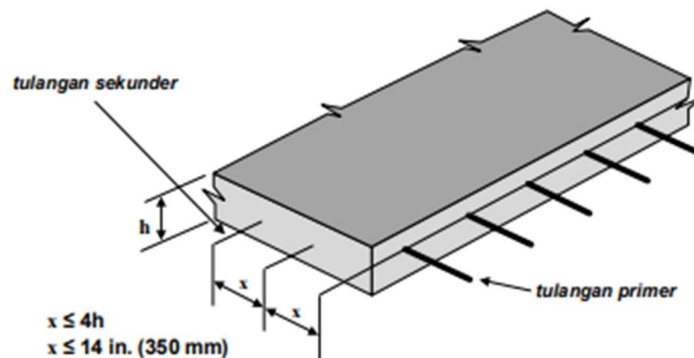


Gambar 2. 8 Tulangan Slab Dua Arah yang Dipikul oleh Girder, Balok, atau Dinding Beton Bertulang

(Sumber : SNI 8900-2020)

- Tulangan momen negatif

Rasio baja momen negatif ρ untuk tulangan sejajar bentang pendek ℓ_a atau bentang panjang ℓ_b harus ditentukan dengan nilai M_a - atau M_b - yang berhubungan. Diizinkan untuk memotong hingga setengah luas tulangan momen negatif pada tumpuan pada jarak $\ell_a/5$ atau $\ell_b/5$, diukur dari muka tumpuan interior manapun. Diizinkan untuk memotong semua tulangan momen negatif pada tumpuan bentang yang berhubungan pada jarak $\ell_a/3$ atau $\ell_b/3$, diukur dari muka tumpuan interior manapun. Diizinkan untuk mengurangi secara gradual luas tulangan momen negatif dari tepi area pusat hingga sepertiga nilai di tepi panel, tetapi tidak kurang dari luas yang dibutuhkan untuk susut dan temperatur.



Gambar 2. 9 Spasi Maksimum Tulangan Susut dan Temperatur
(Sumber: SNI 89002020)

Tabel 2. 28 Persyaratan Tulangan Susut Dan Temperatur Pada Pelat

Jenis Tulangan	Rasio Tulangan Minimum
Pelat yang menggunakan tulangan ulir dengan mutu $f_y = 280$ atau 350 MPa	0,0020
Pelat yang menggunakan tulangan ulir atau jaringan kawat las dengan mutu $f_y = 420$ MPa.	. 0,0018
Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan luluh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35%	$\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$

(Sumber : SNI 2847-2019)

- g. Menghitung tinggi efektif (d_{eff})

$$d_{\text{eff}} a = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tul. arah a}$$

$$d_{\text{eff}} b = h - \text{tebal selimut beton} - \varnothing \text{ tulangan arah a} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tul. arah b}$$

- h. Mencari faktor tahanan momen (R_n)

$$\text{Faktor reduksi } \phi = 0,90$$

$$R_n = \frac{M_u \times 10^6}{\phi \times b \times d^2}$$

- i. Mencari rasio penulangan

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

Dimana:

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

b = Lebar penampang (mm) diambil tiap 1 meter

d_{eff} = Tinggi efektif (mm)

R_n = Koefisien tahanan

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

1) Jika $\rho_{\min} > \rho$, maka pakai $\rho_{\min}$ dan As yang digunakan $A_{s\min}$.

2) Jika $\rho > \rho_{\max}$, maka pakai $\rho_{\max}$

- j. Menghitung luas tulangan (A_s)

$$- A_{s\text{pakai}} = \rho \cdot b \cdot d_{\text{eff}}$$

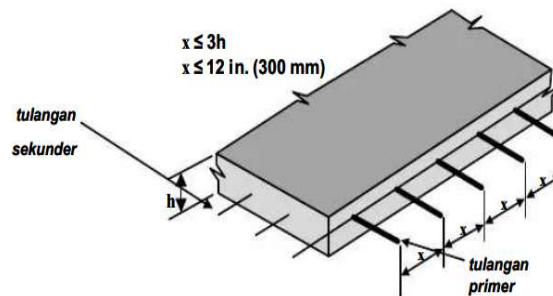
- Untuk $A_{s\min}$ bisa dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. 29 Luas Tulangan Minimum Terhadap Luas Penampang Beton Bruto

Jenis Tulangan	f_y MPa	Luas Tulangan Minimum
Batang Ulir	< 420	$0,0020.A_g$
Batang Ulir atau Kawat Las	≥ 420	$\frac{0,0018 \times 420}{f_y} \times A_g$
		$0,0014. A_g$

(Sumber : SNI 2847-2019)

- k. Pilih tulangan pokok yang akan dipasang. Periksa jarak maksimum antara tulangan dari pusat ke pusat $3h$ atau 300mm .



Gambar 2. 10 Spasi maksimum tulangan lentur
(Sumber: SNI 8900-2020)

- l. Mencari jarak antar tulangan dan luas tulangan terpakai

$$s = \frac{\pi \times D^2 \times b \times A_s}{4 \times A_{s_{\text{pakai}}}} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \frac{b}{A_s}$$

$$A_s = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \frac{b}{s}$$

Cek kapasitas momen

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

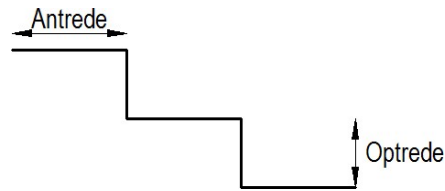
$$\phi M_n = \phi \times 0,85 \times f_c' \times a \times b \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

- m. Menggambar tulangan pelat

2.5.3 Perancangan Tangga

Tangga adalah suatu konstruksi yang merupakan salah satu bagian dari bangunan yang berfungsi sebagai alat yang menghubungkan antar lantai bawah dengan lantai yang ada di atasnya pada bangunan bertingkat dalam keadaan tertentu. (Ilmu Bangunan Gedung, 1993. Drs. IK. Supribadi: 10). Drs. IK. Supribadi: 10). Bagian-bagian tangga antara lain sebagai berikut.

1. Anak tangga (*trade*), merupakan bagian tangga yang berfungsi untuk memijakkan/melangkahkan kaki ke arah vertical maupun horizontal (datar). Anak tangga terdiri dari 2 bagian, yaitu bagian *antrade* (pijakan datar) dan *optrade* (pijakan tegak untuk langkah naik).



Gambar 2. 11 *Optrede dan Antrade*

2. Ibu Tangga (*boom*), merupakan bagian yang berfungsi untuk menyokong atau mendukung anak tangga.
3. Bordes merupakan bagian dari tangga yang merupakan bidang datar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat istirahat bila terasa lelah. Untuk menentukan panjang bordes (L), menggunakan rumus berikut :

$$L = L_n (57 - 65 \text{ cm}) + 1 \text{ Antrade s/d } 2 \text{ Antrade}$$

4. Pelengkap Tangga
 - 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 tangga bagi yang melintasi tangga yang mempunyai posisi sejajar dengan sisi atas ibu tangga.

Adapun syarat- syarat khusus tangga sebagai berikut :

➤ Untuk bangunan rumah tinggal:

- *Antrade* = 25 cm (minimum)
- *Optrede* = 20 cm (maksimum)
- Lebar tangga = 80-120 cm

➤ Untuk gedung atau fasilitas umum:

- *Antrade* = 25 cm (minimum)
- *Optrede* = 18 cm (maksimum)
- Lebar tangga = 120 cm (minimum)

➤ Syarat Langkah

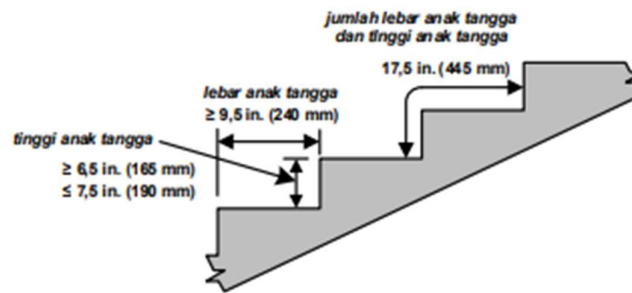
$2 \text{ optrede} + 1 \text{ antrade} = \text{satu langkah orang dewasa (57-65 cm)}$

➤ Sudut Kemiringan

Minimum = 25° dan Maksimum = 45°

Menurut SNI 8900 : 2020 ; pasal 13.1.1.1, rekomendasi dalam menentukan tangga:

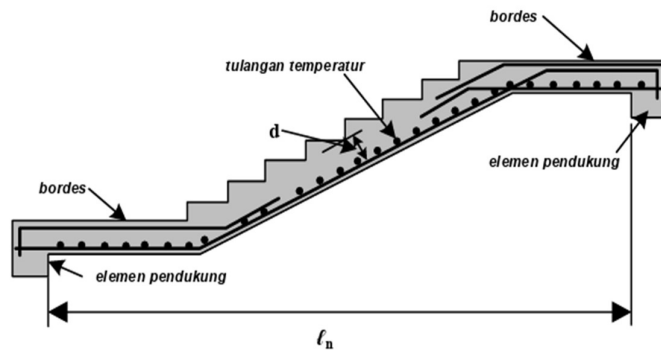
- a) Lebar tangga minimum dan dimensi minimum bordes adalah 1,2 m. Lebar anak tangga minimum, tidak termasuk nosing, adalah 240 mm.
- b) Tinggi anak tangga maksimum adalah 190 mm. Tinggi anak tangga kurang dari 165 mm sebaiknya tidak digunakan untuk tangga internal pada gedung. Untuk anak tangga tanpa nosing, jumlah panjang tinggi anak tangga dan lebar anak tangga adalah 445 mm, tetapi tinggi anak tangga tidak boleh kurang dari 165 mm ataupun lebih dari 190 mm.
- c) Tinggi maksimum pada bagian tangga yang lurus antara bordes/lantai. Untuk tangga yang melayani akses keluar dari tempat berkumpul, tinggi maksimum pada bagian tangga yang lurus antara bordes/lantai adalah 2,5 m. Untuk kasus lainnya, tinggi maksimum pada bagian tangga yang lurus antara bordes/lantai adalah 3,5 m.
- d) Jumlah lebar anak tangga dan tinggi anak tangga $\geq 165 \text{ mm} \leq 190 \text{ mm}$ lebar anak tangga $\geq 240 \text{ mm}$, 445 mm.
- e) Jumlah tangga ditentukan oleh lebar slab tangga, jumlah perkiraan penghuni tiap lantai, dan dimensi luas lantai. Jumlah tangga harus ditentukan sesuai dengan peraturan di bawah ini:
 1. Jarak dari titik terjauh pada suatu lantai ke tangga atau akses keluar terdekat tidak boleh melebihi 30 m.
 2. Panjang koridor pada suatu area tertentu tidak boleh melebihi 40m.
 3. Lebar gabungan untuk semua anak tangga pada tiap lantai harus menghitung jumlah orang yang akan menempati luasan lantai terbesar yang dilayani oleh tangga diatas luasan lantai yang ditinjau dengan dasar perhitungan satu orng menempati 0,6 m lebar tangga dan 1,5 anak tangga, dan satu orang menmpati 0,3 m² area lantai bordes.



Gambar 2. 12 Tinggi anak tangga maksimum dan tinggi anak tangga beserta lebar anak tangga minimum

(Sumber : SNI 8900 : 2020, hal 181)

Detail penulangan pada tangga haruslah memenuhi syarat yang sesuai dengan SNI 8900-2020, pasal 7.3 dan pasal 7.7.1 hal 181 apabila tangga menerus dengan slab horizontal, tulangan longitudinal harus diteruskan lurus ke dalam slab sampai mencapai permukaan yang berlawanan dari slab eksternal dimana seharusnya tulangan tersebut dibengkokkan atau diteruskan sampai ke permukaan eksternal yang berlawanan seperti gambar dibawah ini:



Gambar 2. 13 Detail penulangan tipikal

(Sumber : SNI 8900-2020)

Berikut langkah-langkah perhitungan tangga :

1) Perencanaan Tangga

- Menentukan panjang tangga, jumlah *antrade* dengan mengasumsikan tinggi (h).

$$\text{Jumlah optrade} = \frac{h}{\text{Tinggi optrade}}$$

- Menentukan tinggi *optrade* yang sebenarnya dan *antrade*

$$\text{Tinggi } optrade \text{ sebenarnya} = \frac{h}{\text{Jumlah } optrade}$$

$$Antrade = Ln - 2 \text{ } optrade$$

- Menentukan sudut kemiringan tangga

$$\text{Arc tan } \theta = \frac{optrade}{antrade}$$

2) Menentukan pembebanan pada tangga

Meliputi pembebanan pelat anak tangga dan pelat bordes.

- a) Beban Mati
- b) Beban Hidup (dapat dilihat pada SNI 1727-2020).

3) Menghitung gaya-gaya yang bekerja dengan menggunakan program ETABS V.20.

4) Menghitung tulangan lentur pada tangga

- a) Menghitung tinggi efektif (d)

$$d = h - ts - \frac{1}{2} \times D_{\text{tulangan pokok}}$$

- b) Menghitung nilai R_n

$$R_n = \frac{M_u \times 10^6}{\phi \times b \times d^2}$$

- c) Menghitung rasio tulangan tangga

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

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

- d) Menghitung luas tulangan (A_s)

$$- A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$- A_{s\text{min}} = \frac{0,0018 \times 420}{f_y} \times b \times h \text{ (karena } f_y \geq 420 \text{ MPa).}$$

- $A_{s\text{pakai}}$ diambil yang terbesar

- e) Mencari jarak antar tulangan dan luas tulangan terpakai

$$S = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \frac{b}{A_s}$$

$$A_s = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \frac{b}{S}$$

- f) Cek kapasitas penampang pada tangga

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

$$\phi M_n = \phi \times 0,85 \times f_c' \times a \times b \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

- g) Gambar penulangan tangga

- 5) Menghitung tulangan susut pada tangga

- a) Menghitung luas tulangan (A_s)

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ (berdasarkan SNI 2847-2019)}$$

$$A_{s_{\min}} = \rho_{\min} \times b \times h$$

- b) Mencari jarak antar tulangan

$$S = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \frac{b}{A_{s_{\min}}}$$

- c) Menentukan jarak maksimum tulangan susut yaitu 4h atau 350 mm (SNI 8900 : 2020).

- d) Menghitung luasan tulangan yang dipasang

$$A_s = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \frac{b}{S}$$

2.5.4 Perencanaan Balok Anak

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

1. Menentukan dimensi balok anak

Untuk tinggi balok:

Penentuan tinggi balok minimum diatur pada SNI 2847-2019; Pasal 9.3.1; Tabel 9.3.1.1. Pembatasan ini guna menjamin lendutan yang terjadi pada balok masih dalam batas yang diijinkan.

Tabel 2. 30 Tinggi Minimum Balok Nonprategang

Kondisi Tumpuan	Tebal Minimum h
Tumpuan Sederhana	$\ell_s/16$
Satu Ujung Menerus	$\ell_s/18,5$
Kedua ujung Menerus	$\ell_s/21$
Kantilever	$\ell_s/8$

(Sumber: SNI 2847-2019, Tabel 9.3.1.1)

Tabel 2. 31 Tinggi Balok Minimum h untuk Girder, Balok Dan Joist Satu Arah yang Menumpu Elemen Nonstruktural yang Sensitif Terhadap Lendutan

Kondisi Tumpuan	Tebal Minimum h
Tumpuan Sederhana	$\ell_s/11$
Satu Ujung Menerus	$\ell_s/12$
Kedua ujung Menerus	$\ell_s/14$
Kantilever	$\ell_s/5$

(Sumber: SNI 8900-2020)

Untuk lebar balok:

Lebar balok (b) = $1/2 - 2/3$ h

2. Menentukan mutu beton (f_c') dan mutu baja (f_y) yang akan digunakan.
3. Menghitung pembebanan yang terjadi pada balok anak untuk kemudian di proses menggunakan program *ETABS V.20* untuk mendapatkan gaya dalamnya.
4. Menentukan momen dan gaya geser maksimum berdasarkan dari hasil analisa menggunakan program *ETABS V.20*.
5. Menghitung tulangan tumpuan dan tulangan lapangan pada balok anak.

- a) Menghitung tinggi efektif (d)

$$d = h - t_s - d_s - \frac{1}{2} \times d_b$$

- b) Menghitung nilai R_n

$$Rn = \frac{Mu \times 10^6}{\phi \times b \times d^2}$$

c) Menghitung rasio tulangan

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

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

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{\max} = \frac{0,003 + \frac{f_y}{E_s}}{0,008} \times \rho_b$$

Dengan beberapa syarat, seperti :

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

d) Menghitung luas tulangan (As)

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

e) Menentukan jumlah tulangan yang terpasang

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times (d_b)^2}$$

f) Menghitung jarak bersih antar tulangan

$$S_n = \frac{b - 2t_s - 2d_s - n(d_b)}{n - 1} \geq 40 \text{ cm}$$

g) Menghitung luasan tulangan actual

$$A_{s\text{perlu}} = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times (d_b)^2$$

h) Mengecek kapasitas penampang

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

$$\phi M_n = \phi \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

6. Menghitung tulangan geser

- a) Gaya geser ultimit (V_u) yang telah didapat dari program *ETABS V.20* kemudian nilai V_u tersebut dihitung kembali sejarak x menggunakan *ETABS V.20* untuk mendapatkan gaya geser berdasarkan daerah lokasi penampangnya.

- b) Memeriksa apakah membutuhkan tulangan geser

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

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

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

- c) Menghitung kuat geser yang disediakan tulangan

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

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

(Yudha Lesmana, hal. 81)

- d) Hitung nilai V_{c1} dan V_{c2} dengan menggunakan persamaan berikut :

$$V_{c1} = 0,33 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_{c2} = 0,66 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

Dengan syarat:

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

- e) Menghitung luasan tulangan geser

$$A_{s_{perlu}} = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times (d_b)^2, \text{ dengan } n = \text{jumlah kaki sengkang}$$

- f) Menghitung jarak tulangan sengkang

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

$$S_2 = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm, jika } V_s \leq V_{c1} \text{ (sesuai SNI : 2847 : 2019)}$$

atau

$$S_2 = \frac{d}{4} \leq 300 \text{ mm, jika } V_{c1} < V_s \leq V_{c2} \text{ (sesuai SNI : 2847 : 2019)}$$

$$S_3 = \frac{A_v \times f_{yt}}{0,35 \times b} \text{ untuk } f_{c'} \leq 30 \text{ MPa}$$

atau

$$S_3 = \frac{A_v \times f_{yt}}{0,0062 \times \sqrt{f_{c'}} \times b} \text{ untuk } f_{c'} > 30 \text{ MPa}$$

S_{pasang} dipilih dari nilai yang terkecil.

g) Cek kapasitas geser

$$V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{S}$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

2.5.5 Perencanaan Balok Induk

Balok induk merupakan penyangga struktur utama pada bangunan yang secara fisik mengikat kolom-kolom utama bangunan. Seluruh gaya-gaya yang bekerja pada balok ini akhirnya didistribusikan ke pondasi melalui kolom bangunan. Langkah perhitungan balok induk sama seperti balok anak. Adapun langkah-langkah perhitungan balok induk sebagai berikut:

1. Menentukan dimensi balok induk

Untuk tinggi balok:

Sama seperti menentukan tinggi balok anak pada tabel 2.16 yang diatur pada SNI 2847 : 2019; Pasal 9.3.1.

Untuk lebar balok:

$$\text{Lebar balok (b)} = \frac{1}{2} - \frac{2}{3} h$$

2. Menentukan mutu beton ($f_{c'}$) dan mutu baja (f_y) yang akan digunakan.

3. Menghitung pembebanan yang terjadi pada balok induk untuk kemudian di proses menggunakan program *ETABS V.20* untuk mendapatkan gaya dalamnya.
4. Menentukan momen dan gaya geser maksimum berdasarkan dari hasil analisa menggunakan program *ETABS V.20*.
5. Menghitung tulangan tumpuan dan tulangan lapangan pada balok induk.
6. Menghitung tulangan geser.
7. Menghitung tulangan torsi
 - a) Memeriksa apakah membutuhkan tulangan torsi

$$T_u > \frac{\phi T_{cr}}{4} \text{ (perlu tulangan torsi)}$$

- b) Mengecek kecukupan dimensi penampang

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b \times d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \times P_h}{1,7 \times A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b \times d} + 0,66 \times \sqrt{f'c}\right)$$

- c) Penulangan transversal torsi

$$\frac{A_{v+t}}{S_{tumpuan \text{ pasang}}} = \frac{n \times \frac{\pi}{4} \times ds^2}{S_{tumpuan \text{ pasang}}}$$

$$\frac{A_{v+t}}{S_{lapangan \text{ pasang}}} = \frac{n \times \frac{\pi}{4} \times ds^2}{S_{lapangan \text{ pasang}}}$$

Kebutuhan tulangan transversal torsi:

$$\frac{A_t}{S} = \frac{T_u}{2 \times \phi \times A_o \times f_{yt}}$$

Kebutuhan tulangan geser tumpuan:

$$\frac{A_v}{S_{tumpuan \text{ perlu}}} = \frac{\frac{V_{u \text{ tumpuan}}}{\phi - V_c}}{f_{yt} \times d}$$

Kebutuhan tulangan geser lapangan:

$$\frac{A_v}{S_{lapangan \text{ perlu}}} = \frac{\frac{V_{u \text{ lapangan}}}{\phi - V_c}}{f_{yt} \times d}$$

Kebutuhan tulangan geser+torsi tumpuan:

$$\frac{A_{v+t}}{S_{\text{tumpuan perlu}}} = \left(2 \times \frac{At}{s}\right) + \frac{Av}{S_{\text{tumpuan perlu}}}$$

Cek geser + torsi tumpuan:

$$\frac{A_{v+t}}{S_{\text{tumpuan pasang}}} \geq \frac{A_{v+t}}{S_{\text{tumpuan pasang}}}$$

Kebutuhan tulangan geser+torsi tumpuan:

$$\frac{A_{v+t}}{S_{\text{tumpuan perlu}}} = \left(2 \times \frac{At}{s}\right) + \frac{Av}{S_{\text{tumpuan perlu}}}$$

Cek geser + torsi tumpuan:

$$\frac{A_{v+t}}{S_{\text{tumpuan pasang}}} \geq \frac{A_{v+t}}{S_{\text{tumpuan pasang}}}$$

d) Penulangan longitudinal torsi

Kebutuhan tulangan longitudinal torsi:

$$A_1 = \frac{At}{S} \times P_h \times \frac{f_{yt}}{f_y}$$

$$A_{1 \min} = 0,42 \times \sqrt{f'c'} \times \frac{A_{cp}}{f_{yt}} - \frac{At}{S} \times P_h \times \frac{f_{yt}}{f_y}$$

$$A_{\text{perlu tumpuan atas}} = \frac{Mu^{(-)}}{f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_{\text{perlu lapangan bawah}} = \frac{Mu^{(+)}}{f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$Spasi_{\text{horizontal tumpuan}} = \frac{b - 2t_s - 2d_s - d_b}{\min(n_{\text{atas}}, n_{\text{bawah}}) - 1}$$

$$Spasi_{\text{vertikal tumpuan}} = \frac{h - 2t_s - 2d_s - d_b}{n_{\text{vertikal}} - 1}$$

$$Spasi_{\text{horizontal lapangan}} = \frac{b - 2t_s - 2d_s - d_b}{\min(n_{\text{atas}}, n_{\text{bawah}}) - 1}$$

$$Spasi_{\text{vertikal lapangan}} = \frac{h - 2t_s - 2d_s - d_b}{n_{\text{vertikal}} - 1}$$

Spasi tulangan longitudinal lapangan ≤ 300 mm

Cek lentur + torsi tumpuan:

$$A_s + A_1 \text{ pasang tumpuan} = (n_{\text{tumpuan atas}} + n_{\text{tumpuan bawah}}) \times \frac{\pi}{4} \times d_b^2 \\ + n_{\text{tumpuan tengah}} \times \frac{\pi}{4} \times d_{bt}^2$$

$$A_s + A_1 \text{ pasang tumpuan} \geq A_s + A_1 \text{ perlu tumpuan (OKE)}$$

Cek lentur + torsi lapangan:

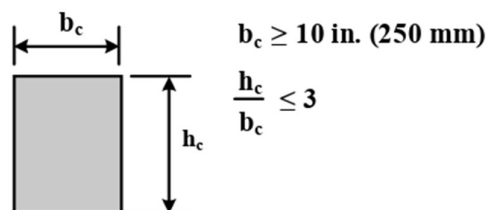
$$A_s + A_1 \text{ pasang lapangan} = (n_{\text{lapangan atas}} + n_{\text{lapangan bawah}}) \times \frac{\pi}{4} \times d_b^2 \\ + n_{\text{lapangan tengah}} \times \frac{\pi}{4} \times d_{bt}^2$$

$$A_s + A_1 \text{ pasang lapangan} \geq A_s + A_1 \text{ perlu lapangan (OKE)}$$

2.5.6 Perencanaan Kolom

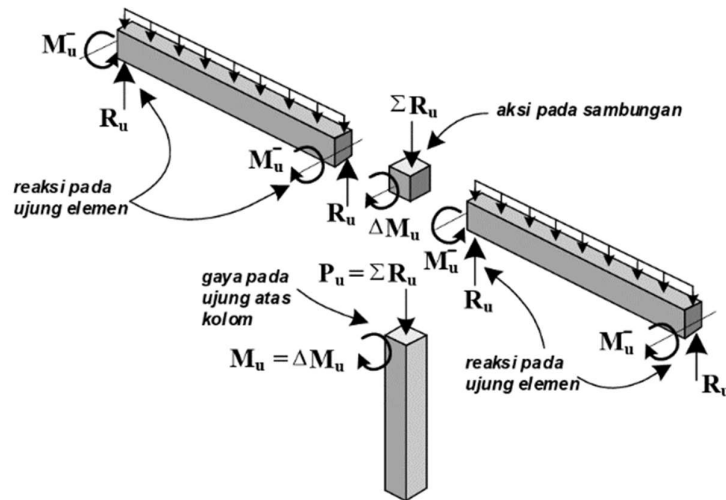
Kolom merupakan elemen struktur utama yang memikul beban kombinasi aksial tekan dan momen lentur. Kolom juga merupakan elemen struktur utama yang berperan penting dalam memikul beban lateral. Kolom perlu sesuai dengan batasan dimensi umum yang telah ditetapkan. Kolom dipasang vertikal dan meneruskan kebawah hingga pondasi, untuk bentuk kolom harus persegi atau bundar. Dimensi potongan penampang minimum untuk kolom persegi perlu sesuai dengan syarat:

- Dimensi tekecil potongan penampang tidak boleh kurang dari 250 mm.
- Rasio dimensi panjang terhadap dimensi pendek pada potongan penampang tidak boleh lebih dari 3, kecuali pada sistem kolom slab, rasio tidak boleh melebihi 2.



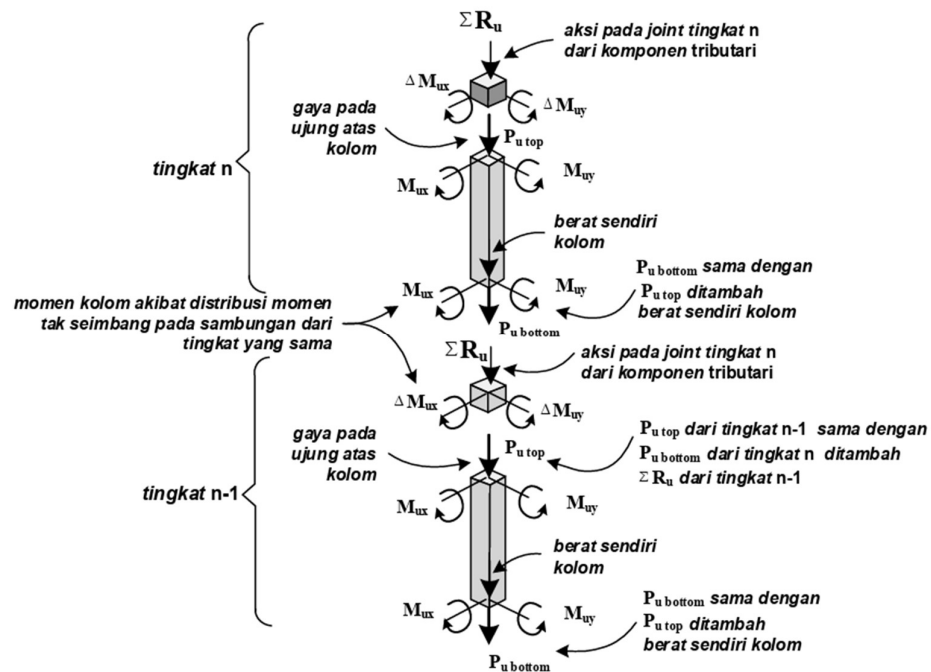
Gambar 2. 14 Ukuran Minimum Potongan Penampang untuk Kolom Persegi

(Sumber : SNI 8900 : 2020)



Gambar 2. 15 Beban dan momen kolom terfaktor dari lantai tunggal satu arah

(Sumber : SNI 8900 : 2020)



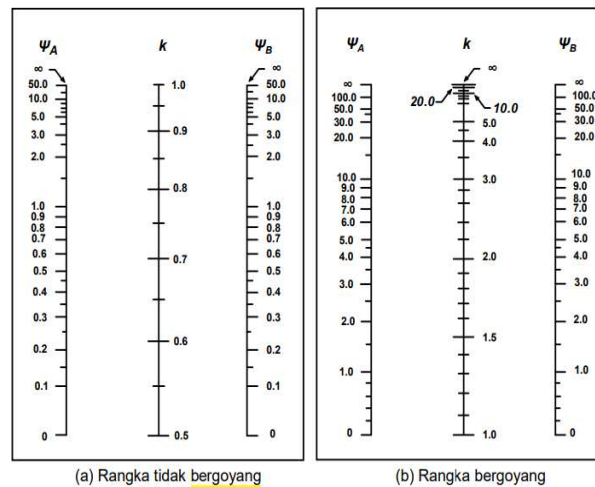
Gambar 2. 16 Beban dan Momen Kolom Terfaktor dari Lantai Ganda

(Sumber : SNI 8900 : 2020)

Berdasarkan pengaruh kelangsingan dan pembesaran momen yang terjadi elemen kolom juga dibedakan menjadi dua, yaitu kolom tak bergoyang dan kolom bergoyang.

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

$$\psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{l} \text{ kolom} \right)}{\sum \left(\frac{EI}{l} \text{ balok} \right)}$$



Gambar 2. 17 Diagram nomogram faktor panjang efektif kolom (k)
(Sumber: Jackson dan Moreland)

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

a. Kolom Bergoyang

Kolom bergoyang terjadi pada struktur yang mengalami beban gravitasi dan formasi bebannya simetris, sehingga kolom murni menerima aksial tekan tanpa adanya perpindahan secara lateral. Untuk kolom bergoyang pengaruh kelangsingannya bisa diabaikan jika memenuhi persyaratan yang telah di atur dalam SNI 2847-2019 hal. 91 yakni:

$$\frac{k \times l_u}{r} \leq 22$$

Dimana:

- k : faktor panjang efektif yang besarnya terganti pada kekangan - kekangan rotasional dan lateral ujung-ujungnya
 l_u : panjang kolom yang terkekang
 r : jari - jari girasi penampang

b. Kolom Tak Bergoyang

Kolom tak bergoyang dapat terjadi karena ada beban gravitasi yang tak simetris dan bisa juga dikarenakan adanya beban lateral seperti gempa atau angin yang membebani struktur.

$$\frac{k \times l_u}{r} \leq 34 + 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \text{ dan } \frac{k \times l_u}{r} < 40$$

Dimana:

- k : faktor panjang efektif yang besarnya terganti pada kekangan-kekangan rotasional dan lateral ujung-ujungnya
 l_u : panjang kolom yang terkekang
 r : jari - jari girasi penampang
 M_1/M_2 : negatif jika kolom melentur dalam kurvatur tunggal atau positif jika komponen struktur melentur dalam kurvatur ganda

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 6.2.5.1 ; hal 92, besaran jari-jari girasi adalah:

$$r = \sqrt{\frac{I_g}{A_g}}$$

Atau

$r = 0,3 \times \text{dimensi arah stabilitas yang ditinjau (kolom persegi)}$

$r = 0,3 \times D(\text{kolom bulat})$

Adapun langkah perhitungan kolom sebagai berikut.

1. Menentukan dimensi kolom
2. Menentukan mutu beton (f_c') dan mutu baja (f_y) yang akan digunakan.
3. Menentukan gaya aksial, momen, dan gaya geser pada kolom berdasarkan dari hasil analisa menggunakan program ETABS V.20.

4. Menghitung tulangan longitudinal kolom dengan cara:

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

$$d = h - t_s - d_s - \frac{db}{2}$$

$$d' = t_s - d_s - \frac{db}{2}$$

- a.) Analisa kolom dalam kondisi aksial tekan sentris

$$A_s = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times (d_b)^2$$

$$P_n = P_o = A_g[0,85f_c' + \rho(f_y - 0,85f_c')]$$

$$\phi P_n = 0,65 \times P_n$$

$$0,8\phi P_n = 0,8 \times 0,65 \times P_n$$

- b.) Analisa kolom dalam kondisi seimbang

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

$$a_b = \beta_1 \times C_b$$

$$\epsilon_s' = \epsilon_{cu} \times \frac{C_b - d'}{C_b}$$

$$\epsilon_s' > \epsilon_s(\text{tulangan tekan leleh}), \text{ maka } f_s' = f_y$$

$$A_s = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times (d_b)^2$$

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times a_b \times b$$

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

$$T = A_s \times f_y$$

$$P_b = C_c + C_s - T$$

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

$$\phi P_b = 0,65 \times P_b$$

$$\phi P_b > P_n \rightarrow \text{Keruntuhan Tarik}$$

$$\phi P_b < P_n \rightarrow \text{Keruntuhan Tekan}$$

$$\phi M_b = 0,65 \times M_b$$

$$e_b = \frac{\phi M_b}{\phi P_b}$$

c.) Analisa kolom dalam kondisi keruntuhan tekan

Tentukan nilai C lebih besar dari C_b

$$a = \beta_1 \times C \text{ (diasumsikan)}$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{cu} \times \frac{C - d}{C}$$

$$f_s = \epsilon_s \times E_s$$

$$\epsilon_s' = \epsilon_{cu} \times \frac{C - d'}{C}$$

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times a \times b$$

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

$$T = A_s \times f_y$$

$$P_n = C_c + C_s - T$$

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

$$\phi P_n = 0,65 \times P_n$$

$$\phi M_n = 0,65 \times M_n$$

$$e = \frac{\phi M_b}{\phi P_b}$$

d.) Analisa kolom dalam kondisi keruntuhan tarik

Tentukan nilai C lebih kecil dari C_b

$$a = \beta_1 \times C \text{ (diasumsikan)}$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{cu} \times \frac{d - C}{C}$$

$$\epsilon_s' = \epsilon_{cu} \times \frac{C - d'}{C}$$

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times a \times b$$

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

$$T = A_s \times f_y$$

$$P_n = C_c + C_s - T$$

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

$$\phi = 0,65 + (\epsilon_s - \epsilon_y) \times \frac{250}{3} \text{ (transisi)}$$

$$\phi P_n = \phi \times P_n$$

$$\phi M_n = 0,7925 \times M_n$$

$$e = \frac{\phi M_b}{\phi P_b}$$

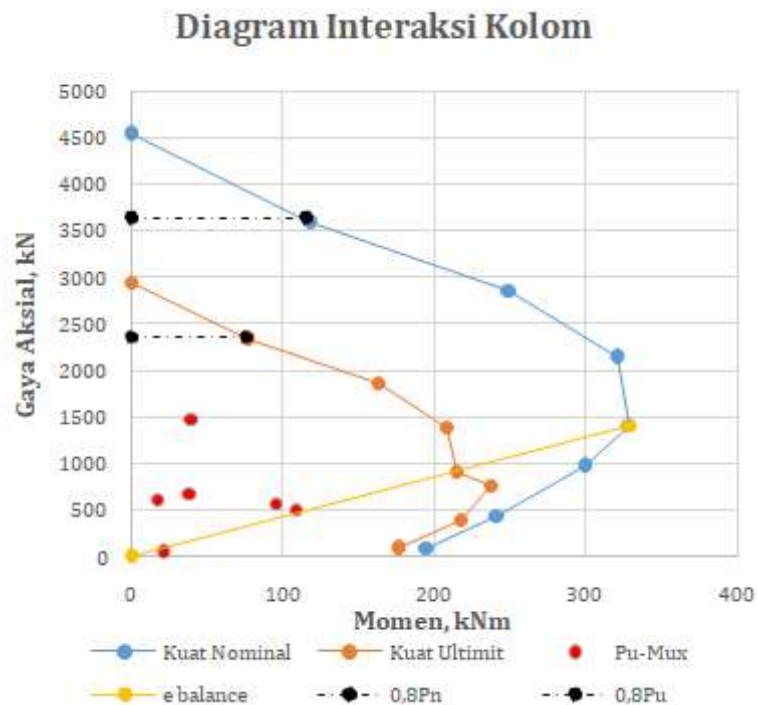
e.) Analisa kolom dalam kondisi lentur murni

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

$$M_n = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times M_n$$

Setelah itu memasukkan nilai P_u dan M_u terhadap sumbu yang ditinjau yang sebelumnya sudah didapatkan melalui program ETABS 2020 kedalam diagram interaksi kolom P-M. Apabila titik merah berada dibawah garis hitam maka kolom tersebut AMAN untuk menahan beban yang bekerja sehingga tulangan yang direncanakan bisa digunakan.



Gambar 2. 18 Diagram Interaksi Kolom

5. Menghitung tulangan geser kolom dengan cara:

Ambil nilai V_u terbesar beserta pasangan P_u .

$$V_c = \left(0,17 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \right) b \cdot d$$

$$\phi V_c = 0,75 \times V_c$$

Dengan $\phi = 0,75$ (SNI 2847-2019; Pasal 21.2.1)

Syarat kemampuan penampang:

$$V_u \leq \phi (V_c + 0,66 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d) \text{ (OKE)}$$

Cek kebutuhan tulangan geser:

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

$$\text{Jika } \frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c, \text{ dibutuhkan tulangan geser minimum}$$

Jika $V_u > \phi V_c$, tulangan geser harus disediakan

$$A_v = n \times \frac{1}{2} \times \pi \times d_s^2$$

Menghitung jarak tulangan sengkang:

Berdasarkan SNI 2847-2019 Pasal 25.7.2; Hal 599; batas minimum penentuan jarak antar tulangan geser adalah:

$$S_{\min} = \frac{4}{3} \times d_{\text{agg}}$$

Jarak maksimum dari pusat ke pusat sengkang tidak melebihi nilai terkecil dari:

- $S_1 = 16 d_s$
- $S_2 = 48 d_b$
- $S_3 = 400 \text{ mm}$

$$S_{\min} \leq S_{\text{pasang}} \leq S_{\text{maks}} \text{ (OKE)}$$

Cek kapasitas geser:

$$V_s = \frac{A_v \times f_{y_t} \times d}{s}$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$\phi V_n \geq V_u \text{ (AMAN)}$$

2.5.7 Perencanaan Sloof

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

Adapun langkah-langkah perhitungan sloof sebagai berikut :

1. Perencanaan dimensi sloof
2. Menentukan mutu beton dan baja yang akan digunakan
3. Menghitung pembebanan yang terjadi pada tie beam untuk kemudian di proses menggunakan program *ETABS V.20* untuk mendapatkan gaya dalamnya.
4. Menghitung momen dan gaya geser maksimum berdasarkan hasil analisa menggunakan program *ETABS V.20*
5. Penulangan yang direncanakan adalah :
 - a. Penulangan lapangan
 - b. Penulangan tumpuan
 - c. Penulangan geser

2.5.8 Perencanaan Pondasi

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

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

1. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal merupakan pondasi yang mendukung bebannya secara langsung yang biasanya digunakan ketika permukaan tanah yang cukup kuat dan kaku untuk mendukung beban yang dikenakan, dimana jenis struktur yang

didukungnya tidak terlalu berat dan tinggi. Pondasi dangkal umumnya memiliki kedalaman kurang $\frac{1}{3}$ dari lebar pondasi sampai dengan kedalaman kurang dari 3m. Pondasi dangkal pada umumnya tidak cocok dalam tanah yang lemah seperti tanah urug dengan kepadatan yang sangat buruk dan juga pondasi dangkal tidak cocok untuk jenis tanah gambut. Adapun jenis-jenis pondasi dangkal seperti :

a. Pondasi Tapak (*Pad Foundations*)

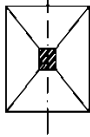
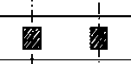
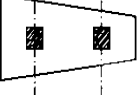
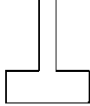
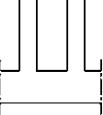
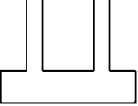
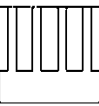
Pondasi tapak digunakan untuk mendukung titik beban tunggal pada bangunan, seperti kolom struktural. Biasanya pondasi tapak dibangun dalam bentuk bulat (melingkar) dan juga persegi. Jenis pondasi ini biasanya dibangun dengan struktur lapisan beton bertulang dengan ketebalan yang sama.

b. Pondasi Memanjang (*Strip Foundations*)

Pondasi memanjang atau pondasi menerus adalah jenis pondasi yang digunakan untuk mendukung beban memanjang atau beban garis, baik untuk mendukung beban dinding atau beban kolom. Pondasi memanjang dengan campuran pasangan batu pecah, batu kali dan cor beton tanpa tulangan.

c. Pondasi Rakit (*Raft Foundation*)

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

Tipe Fundasi	Fundasi Telapak	Fundasi Lajur	Fundasi Gabungan		Fundasi Rakit
			Segi Empat	Trapesium	
Denah Fundasi					
Potongan					

Gambar 2. 19 Jenis-jenis Pondasi Dangkal

2. Pondasi Dalam

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

a. Pondasi *Bore Pile*

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

b. Pondasi Tiang *Pancang (Pile)*

Bahan yang digunakan pada pondasi ini diantaranya bahan kayu (balok kayu), beton (berbentuk persegi, segitiga, maupun silinder), dan berbentuk

sheet pile. Untuk memasukkan tiang pancang ke dalam bumi menggunakan alat berat, metode yang digunakan mendesak tiang ke dalam tanah bisa *hammer pile*, getar dan ditekan. Karena ujung tiang pancang lancip menyerupai paku, tiang pancang tidak memerlukan proses pengeboran.

Pada laporan akhir ini, pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang dilengkapi data sondir. Adapun langkah – langkah perhitungan pondasi tiang pancang dan pile cap sebagai berikut.

1. Menentukan gaya aksial dan momen maksimum yang bekerja pada pondasi berdasarkan dari hasil analisa menggunakan program ETABS 2020.
2. Perhitungan pembebanan gaya dalam untuk perhitungan dimensi pondasi. Pada tahap ini gaya aksial (P) yang digunakan merupakan hasil dari kombinasi beban *service* (beban tak terfaktor) yang kemudian akan dijumlahkan dengan beban tambahan seperti berat kolom padestal, berat pile cap dan berat tanah diatas pile cap.

3. Perhitungan daya dukung izin

Daya dukung izin berdasarkan:

- a) Kekuatan bahan tiang pancang

$$P_{\text{bahan}} = 0,3 \times f_c \times A_{\text{tiang}} - W_{\text{tiang}}$$

- b) Kekuatan tanah

Nilai q_c dan jumlah hambatan perekat (JHP) diperoleh dari data sondir.

$$P_{\text{izin}} = \frac{q_c \times A}{3} + \frac{JHP \times K}{5}$$

4. Menentukan jumlah tiang pancang dan jarak tiang pancang

$$n = \frac{P_{\text{total}}}{P_{\text{izin}}}$$

Menentukan jarak tiang pancang:

Jarak antar tiang (as ke as): $2,5D \leq s \leq 4D$

Jarak antar tiang ke tepi pile cap: $1,5D \leq s \leq 2D$

5. Menentukan panjang penyaluran

Pajang penyaluran kondisi tarik:

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

Panjang penarikan kait standar:

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times f_y \times \Psi_e \times \Psi_c \times \Psi_r}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_{dh} = 8d_b \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

Panjang kait lurus:

$$l_{ext} = 12d_b$$

Panjang Penyaluran kondisi tekan:

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times f_y \times \Psi_r}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

6. Menentukan gaya tekan pada tiang pancang (*beban service*)

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

Dimana:

P_i = Gaya pada tiang pancang yang ditinjau pada titik i

n = Jumlah total tiang dalam pile cap

M_x = Momen yang berputar pada sumbu x pada pile cap

M_y = Momen yang berputar pada sumbu y pada pile cap

X dan Y = Jarak tiang pancang terhadap titik berat baik dari arah X dan Y

7. Cek kapasitas tiang pancang

Kapasitas per- unit tiang pancang:

$$P_{max} < P_{ijin} \text{ (OKE)}$$

Kapasitas kelompok:

$$E_g = 1 - \tan^{-1} \frac{d_s}{S} \times \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn}$$

Dimana:

E_g = Efisiensi kelompok tiang

d_s = Ukuran penampang tiang pancang (diameter atau panjang sisi)

S = Jarak anatar tiang dari as ke as

m = Jumlah tiang arah melintang

n = Jumlah tiang arah memanjang

$$Q_{ug} = P_{izin} \times n \times E_g$$

$$Q_{ug} > P_{tot} \text{ (OKE)}$$

Hal ini menandakan bahwa dimensi pondasi tiang pancang yang direncanakan kuat memikul beban yang direncanakan.

8. Analisa *punching shear* pada pondasi

Tinggi efektif arah x:

$$d_x = h - t_s - \frac{d_b}{2}$$

Tinggi efektif arah y:

$$d_y = h - t_s - d_b - \frac{d_b}{2}$$

Jadi, tinggi efektif (d)

$$d = \left(\frac{d_x + d_y}{2} \right)$$

Perhitungan geser ultimate (V_u):

Aksi dua arah:

$$A_{eff} = (p \times l) - [(c + d) \times (c + d)]$$

$$V_u = \left(\frac{P_u}{A} \right) \times A_{eff}$$

Aksi satu arah:

$$A_{eff} = p \times \left(\frac{p}{2} \right) - \left(\frac{c}{2} \right) - d$$

$$V_u = \left(\frac{P_u}{A} \right) \times A_{eff}$$

9. Analisa *nominal punching shear* kondisi dua arah

- **Geser 2 Arah disekitar Kolom**

$$b_0 = 4 \times (c + d)$$

$$\beta_c = \left(\frac{\text{sisi panjang kolom}}{\text{sisi pendek kolom}} \right)$$

as = ditentukan berdasarkan posisi kolom; 40 untuk kolom tengah, 30 untuk kolom tepi, dan 20 untuk kolom sudut.

Berdasarkan SNI 2847-2019; Pasal 22.6.5.2, besaran nilai kuat geser (*nominal punching*) ketika tulangan geser diabaikan dalam perhitungan

adalah nilai terkecil dari:

$$V_{c1} = 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,083 \times \left(2 + \frac{\alpha_s \times d}{b_o}\right) \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b_o \times d$$

- **Geser 2 Arah disekitar Tiang Pancang**

$$b_o = 2 \times \left(S_1 + \frac{S}{2} + \frac{d}{2}\right)$$

Berdasarkan SNI 2847-2019; Pasal 22.6.5.2; Hal 499, besaran nilai kuat geser (*nominal punching*) ketika tulangan geser diabaikan dalam perhitungan adalah nilai terkecil dari:

$$V_{c1} = 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,083 \times \left(2 + \frac{\alpha_s \times d}{b_o}\right) \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b_o \times d$$

10. Analisa *nominal punching shear* kondisi satu arah

Berdasarkan SNI 2847-2019; Pasal 22.5.5.1; Hal 499, besaran nilai kuat geser (*nominal punching*) ketika tulangan geser diabaikan dalam perhitungan untuk perilaku satu arah yaitu:

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b \times d$$

11. Menghitung gaya tekan tiang pancang (beban *ultimate*)

$$P_{u_i} = \frac{P_u}{n} \pm \frac{M_{uy}X_i}{\sum X^2} \pm \frac{M_{ux}Y_i}{\sum Y^2}$$

12. Desain tulangan lentur pile cap

- **Tulangan arah X (My):**

$$R_n = \frac{M_{uy}}{\rho \times b \times d_x^2}$$

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

$$\rho_{\min} = 0,0018 \times \frac{420}{f_y}$$

$$\rho_{\min} = 0,0014 \text{ (karena } f_y \geq 420 \text{ MPa).}$$

$$A_s = \rho \times b \times d_x$$

Terkait batas maksimal spasi tulangan lentur pelat, berdasarkan SNI 2847-2019; Pasal 7.7.2.3, nilai maksimal spasi pelat adalah:

$$S_{\max} = 3h$$

$$S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

$$S = \frac{\pi}{4} \times d_b^2 \times \frac{b}{A_s}$$

$$A_s = \frac{\pi}{4} \times d_b^2 \times \frac{b}{S}$$

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

$$\phi M_{ny} = \phi \times 0,85 \times f_c' \times a \times b \times \left(d_x - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_{ny} > M_{uy} \text{ (AMAN)}$$

- **Tulangan arah Y (M_x):**

$$R_n = \frac{M_{ux}}{\rho \times b \times d_y^2}$$

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

$$\rho_{\min} = 0,0018 \times \frac{420}{f_y}$$

$$\rho_{\min} = 0,0014 \text{ (karena } f_y \geq 420 \text{ MPa).}$$

$$A_s = \rho \times b \times d_y$$

Terkait batas maksimal spasi tulangan lentur pelat, berdasarkan SNI 2847-2019; Pasal 7.7.2.3; Hal 126, nilai maksimal spasi pelat adalah:

$$S_{\max} = 3h$$

$$S_{\max} = 450 \text{ mm}$$

$$S = \frac{\pi}{4} \times d_b^2 \times \frac{b}{A_s}$$

$$A_s = \frac{\pi}{4} \times d_b^2 \times \frac{b}{S}$$

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

$$\phi M_{nx} = \phi \times 0,85 \times f_c' \times a \times b \times \left(d_y - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_{nx} > M_{ux} \quad (\text{AMAN})$$

13. Desain tulangan susut *pile cap*

$$A_{s_{\min}} = \rho_{\min} \times b \times d$$

$$S = \frac{\pi}{4} \times d_b^2 \times \frac{b}{A_s}$$

Berdasarkan SNI 8900:2020, nilai maksimal spasi tulangan susut yang di gunakan lebih kecil dari yang ditentukan maka di perbolehkan:

$$S_{\max 1} = 4 \times h$$

$$S_{\max 2} = 350 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{\pi}{4} \times d_b^2 \times \frac{b}{S}$$

$$A_s > A_{s_{\min}} \quad (\text{OKE})$$

2.6 Manajemen Proyek

2.6.1 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 pelaksanaan pekerjaan nantinya. Umumnya isi dari RKS terdiri dari tiga bagian yaitu : Umum, Administrasi dan Teknis.

1. Syarat Umum

- Mengenai pemberi tugas atau pemilik proyek
- Bentuk surat penawaran dan cara penyampaianya
- Syarat- syarat peserta lelang
- 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

3. Syarat Administrasi

- a. Jangka waktu pelaksanaan pekerjaan
- b. Peraturan-Peraturan yang dipakai
- c. Syarat pembayaran
- d. Tanggal waktu penyerahan Pekerjaan
- e. Denda atas keterlambatan
- f. Besar jaminan pelaksanaan

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

- a. Gambar kerja proyek
- b. Rencana anggaran biaya pelaksanaan proyek
- c. *Bill of quality* (BOQ) atau daftar volume pekerjaan
- d. Data lokasi proyek berada
- e. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan, sub-kontraktor yang tersedia disekitar lokasi pekerjaan proyek berlangsung.
- f. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan, sub-kontraktor yang harus didatangkan ke lokasi proyek.
- g. Data kebutuhan tenaga kerja dan ketersediaan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan.
- h. Data cuaca atau musim dilokasi pekerjaan proyek
- i. Metode kerja yang digunakan untuk melaksanakan masing-masing item pekerjaan.
- j. Data kapasitas produksi meliputi peralatan, tenaga kerja, sub-kontraktor, material.
- k. Data keuangan proyek meliputi arus kas cara pembayaran pekerjaan, tenggang waktu pembayaran *progress*, dan lainnya.

2.6.2 Rencana Anggaran Biaya

Rencana 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 dilokasi, 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.

Dari volume dan harga satuan tersebut dapat disusun rencana anggaran biayanya yang disesuaikan dengan jenis pekerjaannya seperti contoh sebagai berikut.

- a) Pekerjaan persiapan meliputi:
 - 1. Pekerjaan mobilisasi alat dan bahan
 - 2. Pekerjaan pembersihan lahan
 - 3. Pekerjaan pemasangan *bowplank*
- b) Pekerjaan pondasi meliputi:
 - 1. Pekerjaan galian tanah
 - 2. Pekerjaan lantai kerja
 - 3. Pekerjaan urugan pasir
 - 4. Pekerjaan pasangan batu bata
 - 5. Pekerjaan urugan tanah kembali
- c) Pekerjaan beton bertulang meliputi:
 - 1. Pekerjaan sloof
 - 2. Pekerjaan kolom
 - 3. Pekerjaan ring balok
 - 4. Pekerjaan lantai beton
- d) Pekerjaan atap meliputi:
 - 1. Pekerjaan rangka atap
 - 2. Pekerjaan penutup atap
 - 3. Pekerjaan kerpus
 - 4. Pekerjaan lis plank

Dari masing-masing item pekerjaan tersebut dihitung volume pekerjaan dan analisa harga satuannya masing-masing kemudian dibuat rekapitulasi harga pekerjaan.

3. Rekapitulasi Anggaran Biaya

Rekapitulasi anggaran biaya merupakan bagian akhir dari perhitungan rencana anggaran biaya bangunan yang berfungsi untuk merekap hasil perhitungan analisa harga satuan sehingga mudah dibaca dan dipahami. Sebelum membuat rekapitulasi anggaran biaya terlebih dahulu dihitung harga tiap – tiap item pekerjaannya. Rekapitulasi anggaran biaya hanya diwakilkan dengan masing masing sub pekerjaannya. Adapun contoh sub pekerjaan yang dituliskan didalam rekapitulasi anggaran biaya antara lain:

- a) Pekerjaan persiapan
- b) Pekerjaan tanah dan pondasi
- c) Pekerjaan beton bertulang
- d) Pekerjaan atap

2.6.3 Rencana Pelaksanaan

a. *Network Planning* (NWP)

Dalam menyelesaikan pekerjaan konstruksi dibutuhkan suatu perencanaan waktu yang nantinya diperlukan untuk menyelesaikan tiap tahap pekerjaan yang akan dilaksanakan. Produk dari *Network planning* ini berisikan kegiatan- kegiatan yang ada dalam proyek. Dan informasi yang dihasilkan dari NWP ini adalah sumber daya yang akan digunakan.

Adapun manfaat dari *Network Planning* adalah:

- Mengkoordinasikan antara kegiatan atau pekerjaan
- Agar mengetahui apakah suatu kegiatan ataupun pekerjaan tersebut bersifat bebas atau bergantung dengan pekerjaan selanjutnya atau pekerjaan yang lainnya
- Mengetahui pekerjaan apa yang harus didahulukan
- Mengetahui target atau hari suatu proyek itu dapat diselesaikan
- Mengetahui apakah proses pekerjaan yang sedang berlangsung apakah telah sesuai prosedur guna mengetahui hasil akhir dari proses pekerjaan itu sendiri

Dalam penyusunan *Network Planning* secara garis besar meliputi:

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

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah :

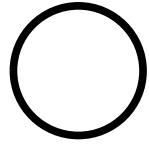
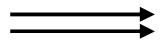
- a. Urutan pekerjaan yang logis
Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan dimulai, dan pekerjaan apa saja yang kemudian mengikutinya.
- b. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan
Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek tersebut baru biasanya diberi kelonggaran waktu.
- c. 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 :

- a. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak memiliki arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya durasi dan *resources* yang dibutuhkan.
- b. Aktivitas - aktivitas apa yang mendahului dan aktivitas apa yang mengikutinya.
- c. Aktivitas - aktivitas apa yang dapat dikerjakan bersamaan.
- d. Aktivitas - aktivitas itu dibatasi saat mulai dan saat selesai.
- e. Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktivitas-aktivitas tersebut.
- f. 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 simbol yang biasa digunakan dalam *Network Planning* :

Tabel 2. 32 Simbol – simbol *Network Planning*

No.	Simbol	Keterangan
1		Arrow , 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		Node/event , bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian : adalah permulaan atau akhir dari satu atau lebih kegiatan-kegiatan.
3		Double arrow , anak panah sejajar, merupakan kegiatan di lintasan kritis (<i>critical path</i>).
4		Dummy , 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.

(sumber: Drs. Sofwan Badri;1991)

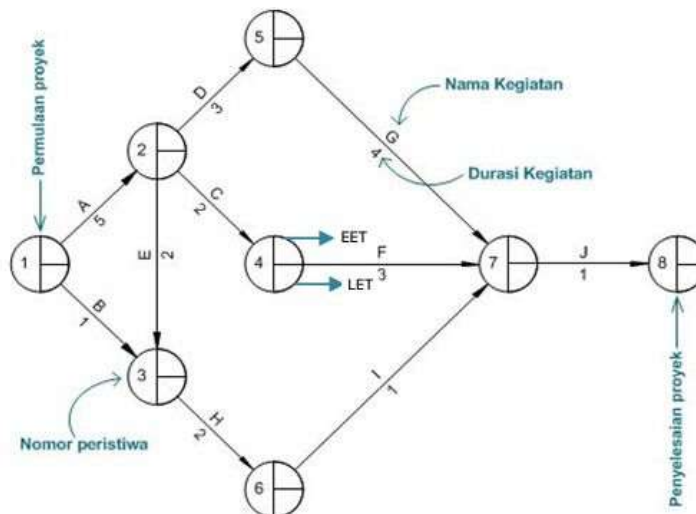
Menurut Haming dan Nurnajamuddin (2011), langkah-langkah penyusunan diagram jaringan kerja (*network planning*) adalah sebagai berikut:

1. Merumuskan visi (*vision*) dan tujuan (*goals*) dari proyek, visi dan tujuan proyek akan menjadi dasar perumusan kegiatan.
2. Mengidentifikasi pekerjaan yang harus diselesaikan pada proyek yang bersangkutan.
3. Mengidentifikasi urutan pelaksanaan pekerjaan sehingga pengerjaan berlangsung secara sistematis.
4. Mengidentifikasi waktu pengerjaan setiap pekerjaan yang ada.
5. Membuat diagram pengerjaan proyek.
6. Menetapkan jalur kritis proyek.
7. Menghitung standar deviasi jalur kritis proyek.

8. Menghitung probabilitas penyelesaian proyek sesuai yang diminta oleh pemilik proyek.
9. Menghitung biaya nyata proyek.
10. Mengevaluasi alternatif percepatan yang mungkin.

Menurut Sofwan Badri (1997), Ada beberapa hal yang perlu diingat sebelum menggambarkan diagram *network planning* yaitu:

- a.) Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak memiliki arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya durasi dan *resources* yang dibutuhkan.
- b.) Aktivitas-aktivitas apa yang mendahului dan aktivitas apa yang mengikutinya.
- c.) Aktivitas-aktivitas apa yang dapat dikerjakan bersama-sama.
- d.) Aktivitas-aktivitas itu dibatasi saat mulai dan saat selesai.
- e.) Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktivitas-aktivitas tersebut.
- f.) Kepala anak panah menjadi pedoman arah dari setiap kegiatan.
- g.) Besar kecilnya lingkaran juga tidak memiliki arti, dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.



Gambar 2. 20 Activity Network Diagram

b. *Barchart*

Barchart merupakan salah satu bentuk penjadwalan waktu yang berfungsi untuk menyelesaikan suatu jenis pekerjaan. Dengan diagram batang tersebut diharapkan pekerjaan dapat diselesaikan pada waktu yang direncanakan. Pada diagram ini menguraikan tentang uraian setiap pekerjaan mulai dari tahap awal sampai berakhirnya pekerjaan, bobot pekerjaan dan pelaksanaan pekerjaan. *Barchart* juga merupakan bentuk rencana yang paling sederhana yang digunakan di lapangan, kegiatan yang dilakukan digambarkan dalam bentuk balok pada skala waktu. Proses penyusunan *barchart* 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 *Barchart*, 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.

c. 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 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 :

1. Kemajuan pada awalnya bergerak lambat
 2. Diikuti oleh kegiatan yang bergerak cepat dalam kurun waktu yang lebih lama.
 3. Akhirnya kecepatan kemajuan menurun dan berhenti pada titik akhir.
- Manfaat dan kegunaan Kurva S :

1. Sebagai informasi untuk mengontrol pelaksanaan suatu proyek dengan cara membandingkan deviasi antara kurva rencana dengan kurva realisasi.
2. 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.
3. Sebagai informasi kapan waktu yang tepat untuk melakukan tagihan kepada *owner* ataupun melakukan pembayaran kepada *supplier*.