

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Uraian Umum

Perencanaan adalah bagian yang terpenting dari pembangunan suatu gedung, jalan, jembatan, bendungan dan bangunan lainnya. Perencanaan dapat diartikan sebagai suatu usaha untuk menyusun, mengatur atau mengorganisasikan suatu hal atau topik sehingga output (hasil) yang sesuai dengan perhitungan standar yang berlaku, sehingga bangunan yang dihasilkan nantinya sesuai dengan keinginan dengan tetap memperhatikan standar ekonomis, aman, kuat dan nyaman.

Secara umum, struktur bangunan gedung terdiri dari dua bagian yaitu struktur bagian atas berupa plat lantai, balok dan kolom serta struktur bagian bawah berupa pondasi dan *sloof*. Struktur gedung dirancang untuk memberikan jaminan keselamatan penghuni gedung, maka dari itu gedung yang direncanakan harus memenuhi standart. Dalam perencanaan struktur umumnya ada 3 hal utama yang harus diperhatikan:

- a. Keamanan dari struktur untuk memikul beban-beban layan dengan baik. Hal ini dapat dicapai dengan menyediakan kuat rencana kompeten struktur yang mencukupi.
- b. Lendutan dari komponen struktur akibat beban layan. Lendutan yang dapat terjadi pada suatu komponen struktur pada umumnya dibatasi oleh suatu nilai yang besarnya ditentukan oleh panjang bentang komponen struktur tersebut.
- c. kontrol terhadap lebar letak yang terjadi akibat beban layan. Retak yang terjadi pada struktur akan mengurangi penampilan dari struktur tersebut, disamping itu adanya retak akan memungkinkan udara masuk ke dalam beton dan menyebabkan korosi pada baja tulangan, yang pada akhirnya akan menurunkan kekuatan dari komponen tersebut. SNI 2847:2019 lebar retak dalam struktur sangat bervariasi.

2.2 Ruang Lingkup Perencanaan

Pada perencanaan Gedung Politeknik Kesehatan Kemenkes Jurusan Farmasi Palembang Sumatera Selatan, digunakan jenis struktur beton bertulang untuk bagian utama konstruksi. Ada beberapa tahapan perencanaan yang dilakukan pada beton yang bersifat konvensional yakni, dimulai dari pemilihan dimensi elemen struktur dan perhitungan tulangan yang diperlakukan agar penampang elemen tersebut mempunyai kekuatan yang cukup untuk memikul beban – beban pada kondisi layan (*service load*) dan kondisi batas (*ultimate load*).

Adapun jenis stuktur dalam pembangunan Gedung terdiri dari dua cakupan umum, yaitu:

a. Struktur Bangunan Atas (*Upper Structure*)

Struktur atas merupakan seluruh elemen struktur yang terletak diatas muka tanah. Adapun Perhitungan perencanaan struktur bangunan atas meliputi:

- 1) Perhitungan atap
- 2) Perhitungan pelat lantai
- 3) Perhitungan tangga
- 4) Perhitungan balok
- 5) Perhitungan kolom

b. Struktur Bangunan Bawah (*Sub Structure*)

Struktur bawah merupakan elemen struktur yang berada dibawah muka tanah. Adapun Perhitungan perencanaan struktur bangunan bawah meliputi:

- 1) Perhitungan *sloof*
- 2) Perhitungan pondasi

Ruang lingkup dari perencanaan bangunan Gedung kuliah politeknik kesehatan Kemenkes jurusan farmasi Palembang Sumatera Selatan ini meliputi beberapa tahapan yaitu persiapan, studi kelayakan, perencanaan bangunan, perhitungan struktur, perhitungan biaya dan penjadwalan kerja yang diwujudkan melalui *Network Planning* (NWP) dan Kurva S.

2.3 Dasar-Dasar Perencanaan

Dalam menyelesaikan perhitungan perencanaan pembangunan Gedung kuliah politeknik kesehatan Kemenkes jurusan farmasi Palembang Sumatera Selatan, Penulis berpedoman pada peraturan yang dibuat oleh Badan Standarisasi Nasional yang berlaku di Indonesia dan berbagai jenis buku, diantaranya yaitu:

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

Pada pedoman ini berisikan persyaratan-persyaratan umum serta ketentuan-ketentuan teknis perencanaan dan pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung sebagai pedoman dalam perencanaan dan pelaksanaan untuk mendapatkan struktur yang aman.

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

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

- c. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk gedung berdasarkan SNI 8900:2020
Dalam peraturan ini berisikan peraturan-peraturan pembebanan untuk perencanaan bangunan dan memuat ketentuan-ketentuan beban yang diizinkan dalam perhitungan konstruksi bangunan gedung.

- d. Peraturan baja tulangan beton untuk penulangan beton berdasarkan SNI 2052:2017

Dalam pedoman ini berisikan Standar Nasional Indonesia mengenai baja tulangan beton, Spesifikasi batang baja karbon deform dan polos untuk penulangan beton.

2.4 Klasifikasi Pembebanan

Pembebanan pada struktur merupakan salah satu yang terpenting dalam perencanaan sebuah gedung. Kesalahan dalam perencanaan beban atau penerapan beban pada perhitungan akan mengakibatkan kesalahan yang fatal pada hasil desain bangunan tersebut. Untuk itu sangat penting bagi kita untuk merencanakan

perhitungan pembebanan secara baik dan matang agar bangunan yang didesain nantinya akan aman pada saat dibangun akan digunakan sesuai fungsinya.

Besar beban yang bekerja pada suatu struktur diatur oleh peraturan pembebanan yang berlaku, beberapa jenis beban yang sering dijumpai antara lain:

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

Berdasarkan SNI 1727:2020, Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, *klading* gedung dan komponen arsitektural dan structural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material.

Tabel 2. 1 Elemen Nonstruktural datar, beban mati minimum: langit - langit

Komponen	Beban (lb/ft ²) per ft ² luas lantai	Beban (kN/m ²) per m ² luas lantai
Langit-langit		
Papan dinding akustik	1	0.05
Papan gypsum	0.55 (per 1/8 in. tebal)	0.0080 (per mm tebal)
Saluran mekanikal	4	0.20
Sistem sprinkler	6	0.30
Bagian penting dan sistem elektrikal	1	0.05
Plester pada ubin atau beton	5	0.25
Plester pada reng kayu	8	0.40
Sistem saluran baja yang digantung	2	0.10
Reng logam dan plester semen yang digantung	15	0.70
Reng logam dan plester gipsum yang digantung	10	0.50

Komponen	Beban (lb/ft ²) per ft ² luas lantai	Beban (kN/m ²) per m ² luas lantai
Langit-langit		
Sistem penggantung dari kayu	2.5	0.15

(Sumber: SNI 8900:2020)

Tabel 2. 2 Elemen Nonstruktur datar, beban mati minimum: isian lantai

Komponen	Beban (lb/ft ²) per ft ² luas lantai	Beban (kN/m ²) per m ² luas lantai
Isian lantai	(per in. tebal)	(per mm tebal)
Beton cinder	9	0.020
Beton ringan	8	0.015
Pasir	8	0.015
Batu beton	12	0.025

(Sumber: SNI 8900:2020)

Tabel 2. 3 Elemen nonstruktural datar, beban mati minimum: lantai

Komponen	Beban (lb/ft ²) per ft ² luas lantai	Beban (kN/m ²) per m ² luas lantai
Lantai dan Finishing Lantai		
Blok aspal (2 in. [50 mm]), 1/2 in. (12 mm) mortar	30	1.50
Finishing semen (1 in. [25 mm]) pada isian batu beton	32	1.50
Ubin keramik atau kuari (3/4 in. [20 mm]) pada 1/2	16	0.80

Komponen	Beban (lb/ft ²) per ft ² luas lantai	Beban (kN/m ²) per m ² luas lantai
Lantai dan Finishing Lantai		
in. (12 mm) mortar		
Ubin keramik atau kuari (3/4 in. [20 mm]) pada 1 in. (25 mm) mortar	23	1.10
Finishing beton	12 (per in. tebal)	0.020 (per mm tebal)
Lantai kayu keras, 7/7 in. (25 mm)	4	0.20
Linoleum atau ubin aspal, 1/4 in. (6 mm)	1	0.05
Marmer dan mortar pada isian batu	33	1.60
Batu pipih	15 (per in. tebal)	0.030 (per mm tebal)
Genteng pipih rata pada 1 in. (25 mm) mortar	23	1.10
Lantai kerja, 3/4 in. (20 mm)	3	0.15
Terazo 1-1/2 in. (40 mm) langsung diatas slab	19	0.90
Terazo 1 in. (25 mm) pada isian batu-beton	32	1.50
Terazo 1 in., (25 mm), 2 in. (50 mm) batu beton	32	1.50

Komponen	Beban (lb/ft ²) per ft ² luas lantai	Beban (kN/m ²) per m ² luas lantai
Lantai dan Finishing Lantai		
Blok kayu 3 in. (75 mm) pada damar wangi, tanpa isian	10	0.50
Blok kayu 3 in. (75 mm) pada 1/2 in. (12 mm) mortar dasar	16	0.80

(Sumber: SNI 8900:2020)

Tabel 2. 4 Elemen Non Struktural datar, Beban mati minimum: penutup atap

Komponen	Beban (lb/ft ²) per ft ² luas pintu	Beban (kN/m ²) per m ² luas pintu
Penutup Atap		
Penutup asbes-semen	4	0.20
Penutup aspal	2	0.10
Ubin semen	16	0.80
Genteng tanah lempung termasuk mortar	25	1.20
Tembaga atau timah	1	0.05
Atap semen asbes bergelombang	4	0.20
Dek, logam, 20 gauge (tebal nominal 0.9 mm)	2.5	0.12

Dek, logam, 18 gauge (tebal nominal 1.2 mm)	3	0.15
Lantai struktur kayu 2 in. (50 mm)	5	0.25
Lantai struktur kayu 3 in. (75 mm)	8	0.40
Papan fiber, 1/2 in. (12 mm)	0.75	0.05
Selubung gipsum, 1/2 in. (12 mm)	2	0.10
Insulasi, Papan atap		
Kaca berserat atau kaca seluler	1.0 (per in. tebal)	0.0020 (per mm tebal)
Papan fiber	1.5 (per in. tebal)	0.0030 (per mm tebal)
Perlite	0.8 (per in. tebal)	0.0015 (per mm tebal)
Busa polystyrene	0.2 (per in. tebal)	0.0004 (per mm tebal)
Busa urethane dengan kulit	0.5 (per in. tebal)	0.0010 (per mm tebal)
Kayu lapis (tebal per in. [mm])	3.2 (per in. tebal)	0.0060 (per mm tebal)
Skylight, rangka logam, kaca kawat 3/8 in. (10 mm)	8	0.40
Membran tahan air		
Bitumen, tertutup kerikil	5.5	0.25
Bitumen, permukaan halus	1.5	0.10
Cairan yang diaplikasikan	1	0.05

Satu lapis lembaran	0.7	0.035
Selubung kayu	3.0 (per in. tebal)	0.0060 (per mm tebal)
Penutup kayu	3	0.15

(Sumber: SNI 8900:2020)

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

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

Semua beban hidup yang memungkinkan dalam proses konstruksi perlu dipertimbangkan untuk memperoleh hasil perhitungan yang maksimal. Beban-beban yang perlu diketahui beratnya, harus berdasarkan aturan-aturan yang berlaku seperti yang disebutkan pada SNI 1727:2020.

Tabel 2. 5 Beban hidup terdistribusi merata minimum, L_o dan beban hidup terpusat minimum.

Hunian atau Penggunaan	Merata Psf (kN/m ²)	Terpusat Ib (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses		
- Ruang kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
- Ruang komputer	100 (4,79)	2000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18)	
Ruang pertemuan		
- Kursi tetap (terikat dilantai)	100 (4,79)	
- Lobi	100 (4,79)	
- Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	
- Panggung pertemuan	100 (4,79)	
- Lantai podium	150 (7,18)	

Hunian atau Penggunaan	Merata Psf (kN/m ²)	Terpusat Ib (kN)
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf(4,79) kN/m ²	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor <ul style="list-style-type: none"> - Lantai pertama - Lantai lain 	100 (4,79) sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in x 2 in (50 mm x 50 mm))		
Konstruksi pelat lantai finishing ringan (pada area 1 in x 1 in (25 mm x 25 mm))		
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran <ul style="list-style-type: none"> - Hunian satu keluarga saja 	100 (4,79) 40 (1,92)	
Tangga permanen	Lihat pasal 4.5	
Garasi/parkir Mobil penumpang saja	40 (1,92)	

Hunian atau Penggunaan	Merata Psf (kN/m ²)	Terpusat Ib (kN)
Truk dan bus		
Susunan tangga, rel pengaman dan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) Tidak boleh direduksi	
Rumah sakit		
- Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	1000 (4,45)
- Ruang pasien	40 (1,92)	1000 (4,45)
- Koridor diatas 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 diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Pabrik		
- Ringan	125 (6,00)	2000 (8,90)
- Berat	250 (11,97)	3000 (13,40)
Gedung perkantoran		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian	100 (4,79)	2000 (8,90)
- Lobi dan koridor lantai pertama	50 (2,40)	2000 (8,90)
- Kantor	80 (3,83)	2000 (8,90)
- Koridor diatas lantai pertama		

Hunian atau Penggunaan	Merata Psf (kN/m ²)	Terpusat Ib (kN)
Lembaga hukum		
- Blok sel	40 (1,92)	
- Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
- Tempat bowling, kolam renang, dan penggunaan yang sama	75 (3,59)	
- Bangsal dansa dan ruang dansa	100 (4,79)	
- Gimnasium	100 (4,79)	
- Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79)	
- Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	60 (2,87)	
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
- Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang		30 (1,44)
- Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	10 (0,48)	
- Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	20 (0,96)	40 (1,92)
- Semua orang kecuali tangga dan balkon		
Semua hunian rumah tinggal lainnya		
- Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	40 (1,92)	
- Ruang publik koridor yang melayani mereka	100 (4,79)	

Hunian atau Penggunaan	Merata Psf (kN/m ²)	Terpusat Ib (kN)
Atap		
Atap datar, berbubungan, dan lengkung	20 (0,96)	
Atap digunakan untuk taman atap	100 (4,79)	
Atap yang digunakan untuk tujuan lain	Sama seperti hunian dilayani	
Atap yang digunakan untuk hunian lainnya		
Awning dan kanopi	5 (0,24) tidak boleh	200 (0,89)
Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	direduksi 5 (0,24) tidak boleh	
Rangka tumpu layar penutup	direduksi dan berdasarkan Luas tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka	
Semua konstruksi lainnya		
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai	20 (0,96)	2000 (8,9)
Titik panel tunggal dari batang bawah Rangka atap atau setiap titik sepanjang Komponen struktur utama yang Mendukung atap diatas pabrik, gudang, Dan perbaikan garasi.		300 (1,33)
		300 (1,33)

Hunian atau Penggunaan	Merata Psf (kN/m ²)	Terpusat Ib (kN)
Semua komponen struktur atap utama lainnya. Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		
Sekolah		
- Ruang kelas	40 (1,92)	1000 (4,5)
- Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,5)
- Koridor lantai pertama	100 (4,79)	1000 (4,5)
Bak-bak/scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97)	8000 (35,6)
Tangga dan jalan keluar	100 (4,79)	300
- Rumah tinggal untuk satu keluarga dan dua keluarga	40 (1,92)	300
Gudang diatas langit-langit	20 (0,96)	
Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan kepengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat)	125 (6,00)	

Hunian atau Penggunaan	Merata Psf (kN/m ²)	Terpusat Ib (kN)
- Ringan - Berat	250 (11,97)	
Toko eceran		
- Lantai pertama	100 (4,79)	1000 (4,45)
- Lantai di atasnya	75 (3,59)	1000 (4,45)
Grosir, disemua lantai	125 (6,00)	1000 (4,45)
Penghalang kendaraan	Lihat pasal 4.5	
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79)	

(Sumber: Standar Nasional Indonesia 1727:2020)

c. Beban kombinasi

Berdasarkan metode perancangan berbasis kekuatan (*streight design method*), elemen struktur dirancang untuk mampu memikul beban terfaktor yang didapatkan dengan mengalikan nilai faktor beban dengan nilai beban layan (*service load*) nominal, dengan catatan bahwa beban hidup memiliki derajat ketidakpastian yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan beban mati.

Mengacu pada SNI 2847-2019, Adapun nilai factor beban untuk beban hidup (live load) ialah 1,6 dan beban mati (dead load) sebesar 1,2. Berikut standar menurut SNI 2847-2019 Pasal 9.2 mengenai detail besarnya nilai kuat perlu (U) yang harus dipertimbangkan sebagai kondisi paling kritis yang harus dipikul suatu elemen struktur, yakni:

- $U = 1,4D$
- $U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
- $U = 1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$
- $U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
- $U = 1,2D + 1,0E + 1,0L$

- $U = 1,2D + 1,0W + 1,0L$
- $U = 0,9D + 1,0W$
- $U = 0,9D + 1,0E$

2.5 Material beton Bertulang

2.5.1 Beton

Beton adalah material konstruksi yang diperoleh dari pencampuran pasir, kerikil/batu pecah, semen serta air. Terkadang beberapa macam bahan tambahan dicampurkan ke dalam campuran tersebut dengan tujuan memperbaiki sifat-sifat dari beton, yakni antara lain untuk meningkatkan *workability*, *durability*, serta waktu pengerasan beton. Sedangkan beton bertulang adalah kombinasi dari beton serta tulangan baja, yang bekerja Bersama-sama untuk memikul beban yang ada. Tulangan baja akan memberikan kuat tarik yang tidak dimiliki oleh beton. Selain itu tulangan baja juga mampu memikul beban tekan, seperti digunakan pada elemen kolom beton. (Setiawan, 2016:2)

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

- a. Untuk nilai w_c diantara 1400 dan 2560 kg/m³

$$E_c = w_c^{1,5} 0,043 \sqrt{f'c'} \text{ (MPa)}$$

- b. Untuk beton normal

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

Perencana dalam pembangunan sebuah gedung harus menentukan kelas paparan berdasarkan pada tingkat keparahan paparan komponen struktur beton yang diantisipasi untuk setiap kategori paparan menurut Tabel 19.2.1.1 batasan nilai $f'c'$ diizinkan untuk dilewati bila bukti hasil eksperimental dari elemen stuktur yang terbuat dari beton ringan menunjukkan kekuatan dan keteguhan (*toughness*) yang sama atau melebihi dari elemen yang dibuat dengan menggunakan beton normal dengan kekuatan yang sama. Tabel 19.3.1.1 SNI 2847:2019 untuk mencapai

permeabilitas rendah sehingga dapat memenuhi persyaratan durabilitas. ASTM C1202 dapat digunakan untuk menentukan ketahanan beton terhadap penetrasi fluida.

Tabel 2. 6 Batasan Nilai f_c'

Kegunaan	Jenis Beton	Nilai f_c' Maksimum (MPa)	Nilai Maksimum (MPa)
Umum	Berat normal dan berat ringan	17	Tidak ada Batasan
Sistem rangka pemikul momen khusus dan dinding struktur khusus	Berat normal	21	Tidak ada batasan
	Berat ringan	21	35

(Sumber: SNI 2847:2019)

Tabel 2. 7 Kategori dan kelas paparan **Tabel 19.3.1.1**

Kategori	Kelas	Kondisi	
Sulfat (S)		Sulfat SO_4^{2-} larut dalam air di tanah, dalam persen masa	Sulfat (SO_4^{2-}) larut dalam air, dalam ppm
	S0	$SO_4^{2-} < 0,10$	$SO_4^{2-} < 150$
	S1	$0,10 \leq SO_4^{2-} < 0,20$	$150 \leq SO_4^{2-} < 1500$ atau air laut
	S2	$0,20 \leq SO_4^{2-} < 2,00$	$1500 \leq SO_4^{2-} \leq 10.000$
	S3	$SO_4^{2-} > 2,00$	$1500 \leq SO_4^{2-} \leq 10.000$

Kategori	Kelas	Kondisi
Kotak dengan air (W)	W0	Beton kering kondisi layan, Beton kontak dengan air dan permeabilitas rendah tidak disyaratkan
	W1	Beton kontak dengan air dan permeabilitas rendah disyaratkan
Proteksi korosi tulangan (C)	C0	Beton kering atau terlindung dari kelembaban
	C1	Beton terpapar terhadap kelembaban tetapi tidak terhadap sumber klorida luar
	C2	Beton terpapar terhadap kelembaban dan sumber klorida eksternal dari bahan kimia, garam, air asin, air payau, atau percikan dari sumber-sumber ini

(Sumber: SNI 2847:2019)

Tabel 2. 8 Persyaratan untuk beton berdasarkan kelas paparan **Tabel 19.3.2**

Kelas paparan	w/cm maks	fc' min., MPa	Material sementisius			Material campuran tambahan kalsium klorida
			Semen Portland	Semen Hidrolik Campuran	Semen Hidrolik	
S0	T/A	17	Tanpa batas tepi	Tanpa batasan tipe	Tanpa batasan tipe	Tanpa batasan

S1	0,50	28	II	Tanpa batasan tipe	MS	Tanpa batasan
S2	0,45	31	V	IP(HS), IS(HS) atau IT(HS)	HS	Tidak diizinkan
S3	0,45	31	V + pozzolan atau slag	IP(HS), IS(HS) atau IT(HS) dan plus pozzolan atau slag	HS + pozzolan atau slag	Tidak diizinkan
W0	T/A	17	Tidak Ada			
W1	0,50	28	Tidak Ada			
			Kandungan ion klorida terlarut maksimum (Cl) pada beton dalam persen berat semen		Persyaratan lainnya	
			Beton nonprategang	Beton prategang		
C0	T/A	17	1,00	0,06	Tidak Ada	
C1	T/A	17	0,30	0,06		
C2	0,40	35	0,15	0,06	Selimut Beton	

(Sumber: SNI 2847:2019)

2.5.2 Tulangan

Besi tulangan atau besi beton (reinforcing bar) adalah batang baja yang berberntuk menyerupai jala baja yang digunakan sebagai alat penekan pada beton bertulang dan struktur batu bertulang untuk memperkuat dan membantu beton di bawah tekanan. Besi tulangan secara signifikan meningkatkan kekuatan tarik struktur.(the civil engineering handbook second edition). Adapun jenis tulangan terdiri dua macam yaitu:

a) Baja tulangan beton polos (BjTP)

Baja tulangan polos adalah baja tulangan beton berpenampang bundar dengan permukaan rata ridak bersirip/ berulir (SNI 2052:2017).

Baja atulangan polos (BjTP) terbuat dari *billet* baja tuang kontinyu dengan komposisi karbon (C), silikon (SI), mangan (Mn), fosfor (P), belerang (S) dan karbon ekivalen (Ceq).

Tabel 2. 9 Komposisi Kimia Baja Tulangan Polos (BjTP)

Kelas baja tulangan	Kandungan unsur maksimum (%)					
	C	Si	Mn	P	S	Ceq*
BjTP 280	-	-	-	0.050	0.050	-

Catatan :

1. Tolernasi nilai karbon (C) pada produk baja tulangan betondiperbolehkan lebih besar 0.03%.
2. * karbon ekivalen,
$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14}$$

(Sumber : SNI 2052:2017)

Baja tulangan polos (BjTP) tidak mengandung lipatan, gelombang, retakan,serpihan hanya diperbolehkan berkarat ringan pada permukaan. Untuk diameter danberat per meter baja tulangan polos tercantum pada **Tabel 2.10**.

Tabel 2. 10 Ukuran Baja Tulanagn Beton Polos

No	Penamaan	Diameter nominal (d)	Luas penampang nominal (A)	Bereat nominal per meter*
		mm	mm ²	Kg/m
1	P 6	6	28	0.222
2	P 8	8	50	0.395
3	P 10	10	79	0.617
4	P 12	12	113	0.888
5	P 14	14	154	1.208
6	P 16	16	201	1.578
7	P 19	19	284	2.226
8	P 22	22	380	2.984
9	P 25	25	491	3.853
10	P 28	28	616	4.834
11	P 32	32	804	6.313
12	P 36	36	1018	7.990
13	P 40	40	1257	9.865
14	P 50	50	1964	15.413

Catatan :

1. Sebagai referensi
2. Cara menghitung luas penampang nominal, keliling nominal, beratnominal dan ukuran sebagai berikut:
 - a. Luas penampang nomina (A)
$$A = 0.7854 \times d^2 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$d = \text{diameter nominal (mm)}$$
 - b) Berat nominal = $0,785 \times 0,7854 \times d^2 / 100 \text{ (kg/m)}$

(Sumber : SNI 2052:2017)

Tabel 2. 11 Ukuran Toleransi Diameter Baja Tulangan Polos (BjTP)

No	Diameter (d)	Toleransi (t)	Penyimpangan kebulatan maks (p)
	Mm	mm	mm
1	6	± 0.3	0.42
2	$8 \leq d \leq 14$	± 0.4	0.56
3	$16 \leq d \leq 25$	± 0.5	0.70
4	$28 \leq d \leq 34$	± 0.6	0.84
5	$d \geq 36$	± 0.8	1.12

Catatan :

1. Penyimpangan kebulatan maksimum dengan rumus :

$$p = (dmaks - dmin) \leq (2t \times 70 \%)$$
2. Toleransi untuk baja tulangan beton polos = $d - daktual$

(Sumber : SNI 2052:2017)

Tabel 2. 12 Sifat Mekanis baja Tulangan Polos

Kelas baja tulangan	Uji tarik			Uji lengkung		Rasio TS/YS (hasil uji)
	Kuat leleh (YS)	Kuat Tarik (TS)	Renggan gandalam 200 mm, Min.	Sudut lengkung	Diamete r pelengk ung	
	Mpa	Mpa	%		Mm	
BjTP 280	Min. 280	Min. 350	11 ($d \leq$ 10 mm)	180°	3.5d (d ≤ 16 mm)	-
	Mak s 405		12 ($d \geq$ 12 mm)		5d (d ≥ 19 mm)	

(Sumber : SNI 2052:2017)

b. Baja tulangan beton sirip/ulir (BjTS)

Baja tulangan beton sirip/ulir adalah baja tulangan betong yang permukaannya memiliki sirip/ulir melintang dan memanjang yang dimaksud untuk meningkatkan daya lekat dan guna menahan gerakan membujur dari belakang secara relatif terhadap beton. (SNI 2052:2017)

Bahan baku baja tulangan beton/ ulir (BjTS) terbuat dari *billet* bahan baku baja tulangan kontinyu dengan komposisi karbon (C), silikon (Si), mangan (Mn), fosfor (P), belerang (S) dan karbon ekivalen (Ceq).

Tabel 2. 13 Komposisi Kimia Baja Tulangan Sirip/Ulir (BjTS)

Kelas Baja Tulangan	Kandungan Unsur Maksimum (%)					
	C	Si	Mn	P	S	Ceq*
Bjts 280	-	-	-	0.050	0.050	-
Bjts 420A	0.32	0.55	1.65	0.050	0.050	0.60
Bjts 420B	0.32	0.55	1.65	0.050	0.050	0.60
Bjts 520	0.35	0.55	1.65	0.050	0.050	0.625
Bjts 550	0.35	0.55	1.65	0.050	0.050	0.625
Bjts 700**	0.35	0.55	1.65	0.050	0.050	0.625

Catatan :

1. Tolernasi nilai karbon (c) pada produk baja tulangan beton diperbolehkan lebih besar 0.03%.
2. * karbon ekivalen, $ceq = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14}$
3. **bjts 700 perlu ditambahkan unsur paduan lainnya sesuai kebutuhan selain pada table di atas dan termasuk kelompok baja paduan

(Sumber : SNI 2052:2017)

Baja tulangan sirip/ulir (BjTS) diameter dan berat per meter baja tulangan polos tercantum pada **Tabel 2.14**

Tabel 2. 14 Ukuran Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir

No	Penamaang	Diamter nominal (D)	Luas penampang Nominal (A)	Tinggi Sirip (H)		Jarak Sirip Melintang (P) Maks	Lebar sirip membujur (T) Maks	Berat Nominal Permeter
				Min	Maks			
1	S 6	6	28	0.3	0.6	4.2	4.7	0.22
2	S 8	8	50	0.4	0.8	5.6	6.3	0.395
3	S 10	10	79	0.5	1	7.9	7.9	0.617
4	S 13	13	133	0.7	1.3	10.2	10.2	1.578
5	S 16	16	201	0.8	1.6	12.6	14.9	2.226
6	S 19	19	284	1	1.9	14.9	17.3	2.984
7	S 22	22	380	1.1	2.2	17.3	19.7	3.853
8	S 25	25	491	1.3	2.5	19.7	22.8	5.185
9	S 29	29	661	1.5	2.9	22	25.1	6.313
10	S 32	32	804	1.6	3.2	22.8	28.8	5.185
11	S 36	36	1018	1.8	2.6	25.1	25.3	7.990
12	S 40	40	1257	2	4	28	31.4	9.865
13	S 50	50	1964	2.5	5	35	39.3	15.413
14	S 54	54	2290	2.7	5.4	37.8	42.3	17.978
15	S 57	57	2552	2.9	5.7	39.9	44.6	20.031

(Sumber : SNI 2052:2017)

Baja tulangan beton sirip/ulir (BjTS) memiliki sifat mekanis yang tercantum

pada dibawah ini.

Tabel 2. 15 Sifat Mekanis Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir (BjTS)

Kelas baja tulangan	Uji Tarik			Uji lengkung		Rasio TS/YS (hasil uji)
	Kuat leleh (YS)	Kuat tarik (TS)	Renggangan dalam 200 mm, Min.	Sudut lengkun g	Diameter pelengkun g	
	Mpa	Mpa	%		Mm	
BjTS 280	Min. 280 Maks. 405	Min. 350	11 ($d \leq 10$ mm)	180 deraja t	3.5d ($d \leq$ 16 mm)	Min. 1.25
			12 ($d \geq 13$ mm)	180 deraja t	5d ($d \geq$ 19 mm)	
BjTS 420B	Min. 420			90 deraja t	9d ($d >$ 36 mm)	Min.1.25
			14 ($d \leq 19$ mm)	180 deraj at	3.5d ($d \leq$ 16mm)	

	Maks. 545	Min. 525	7 ($d \geq 29$ mm)	180 deraja t	5d ($19 \leq d \leq 25$ mm)	
			12 ($22 \leq d \leq 36$ mm)	180 deraja t	7d ($29 \leq d \leq 36$ mm)	
			10 ($d > 36$ mm)	90 deraja t	9d ($d > 36$ mm)	
BjTS 520	Min. 520 Maks. 645	Min. 650	7 ($d \leq 25$ mm)	180 deraja t	5d ($d \leq 25$ mm)	Min. 1.25
			6 ($d \geq 29$ mm)	180 deraja t	7d ($29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90 deraja t	9d ($d > 36$ mm)	
BjTS 550	Min. 550 Maks. 675	Min. 687.5	7 ($d \leq 25$ mm)	180 deraja t	5d ($d \leq 25$ mm)	Min. 1.25

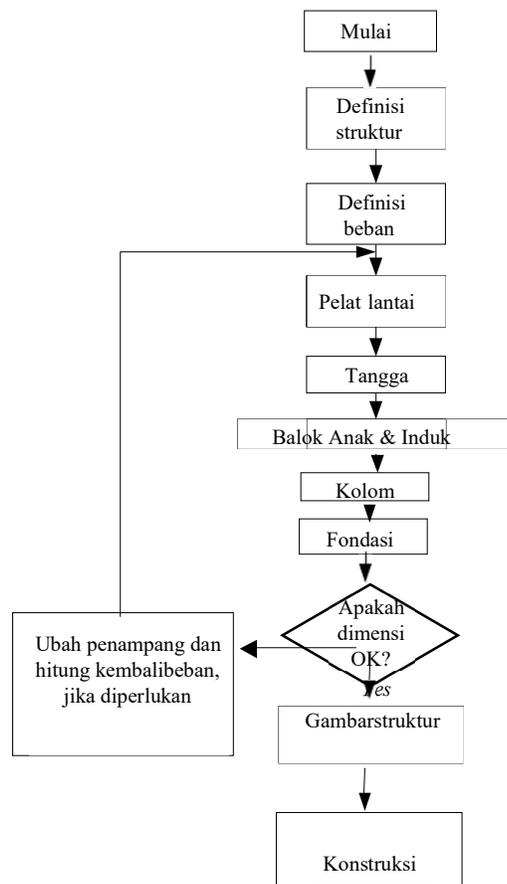
			6 ($d \geq 29$ mm)	180 derajat	7d ($29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90 derajat	9d ($d > 36$ mm)	
BjTS 700	Min. 700 Maks. 825	Min. 805	7 ($d \leq 25$ mm)	180 derajat	5d ($d \leq 25$ mm)	Min. 1.25
			6 ($d \geq 29$ mm)	180 derajat	7d ($29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90 derajat	9d ($d > 36$ mm)	
Keterangan :						
<ol style="list-style-type: none"> 1. d adalah diameter nominal baja tulangan beton. 2. hasil uji lengkung tidak boleh menunjukkan retak pada sisi luar lengkungan benda uji lengkung. 						

(Sumber : SNI 2052:2017)

2.6 Metode Pelaksanaan Struktur

Metode pelaksanaan konstruksi merupakan metode yang dibuat secara teknis yang menggambarkan proses penyelesaian pekerjaan yang sistematis dari awal hingga akhir. Namun pada pembuatan laporan akhir Perencanaan Gedung Kuliah Farmasi Politeknik Kesehatan Kemenkes Palembang ini terdapat pembatasan

masalah dalam pembuatannya, yang dimana telah di jelaskan pada sub bab Ruang Lingkup dan Pembatasan Masalah. Dalam metode ini terdapat tahapan atau urutan dan uraian cara kerja dari masing-masing jenis kegiatan pekerjaan. Selain itu, dalam metode pelaksanaan konstruksi juga terdapat jadwal atau jangka waktu pelaksanaan pekerjaan dan analisa teknis satuan pekerjaan. Adapun Prosuder Desain dan Konstruksi:



Gambar 2. 1 Prosuder Desain dan Konstruksi

2.6.1 Pelat

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

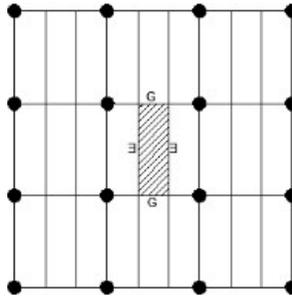
Pada umumnya struktur pelat beton dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok, yaitu:

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

Jika sistem pelat hanya ditumpu di kedua sisinya, maka pelat tersebut akan melentur atau mengala, I lendutan dalam arah tegak lurus dari sisi tumpuan. Beban akan didistribusikan oleh pelat dalam satu arah saja yaitu ke arah tumpuan. Pelat jenis ini disebut juga dengan pelat satu arah. Apabila pelat tertumpu di ke empat sisinya, dan rasio bentang panjang terhadap bentang pendek lebih besar atau sama dengan 2, maka hamper 95% beban akan dilimpahkan dalam arah bentang pendek, dan pelat akan menjadi sistem pelat satu arah. Sistem pelat satu arah cocok digunakan pada bentangan 3-6 meter, dengan beban hidup sebesar 2,5-5% kN/m².

Ciri-cirinya adalah:

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



Gambar 2. 2 Pelat satu arah

b. Pelat Dua Arah

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

1. Sistem balok-pelat dua arah

Pada sistem struktur ini pelat ditumpu oleh balok di keempat sisinya. Beban dari pelat ditransfer ke keempat balok penumpu yang selanjutnya mentransfer bebannya ke kolom. Sistem pelat dua arah dengan balok ini dapat digunakan untuk bentangan 6-9 meter, dengan beban hidup sebesar 2,5-5,5 kN/m². Balok akan meningkatkan kekuatan pelat, sehingga lendutan yang terjadi akan relatif kecil.

2. Sistem slab *datar (flat slab)*

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

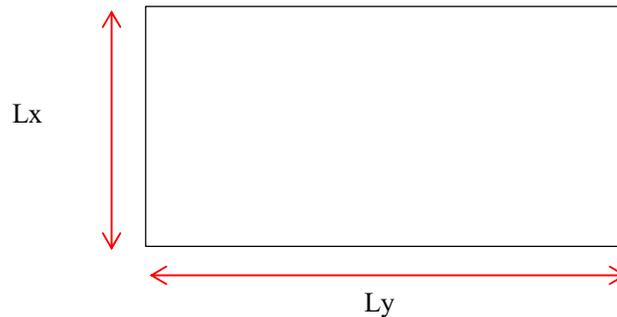
- Memberikan penebalan setempat pada pelat (*drop panel*) serta menyediakan kepala kolom (*column capital*).
- Menyediakan penebalan panel namun tanpa kepala kolom, panel di sekitar kolom harus cukup tebal untuk memikul terjadinya tegangan tarik diagonal yang muncul akibat geser pada pelat.
- Menggunakan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

3. Sistem pelat datar (*flat plate*)

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

4. Pelat dua arah berusuk dan pelat *waffle*

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



Gambar 2.3 Pelat Dua Arah

a) **Desain Pelat Satu Arah**

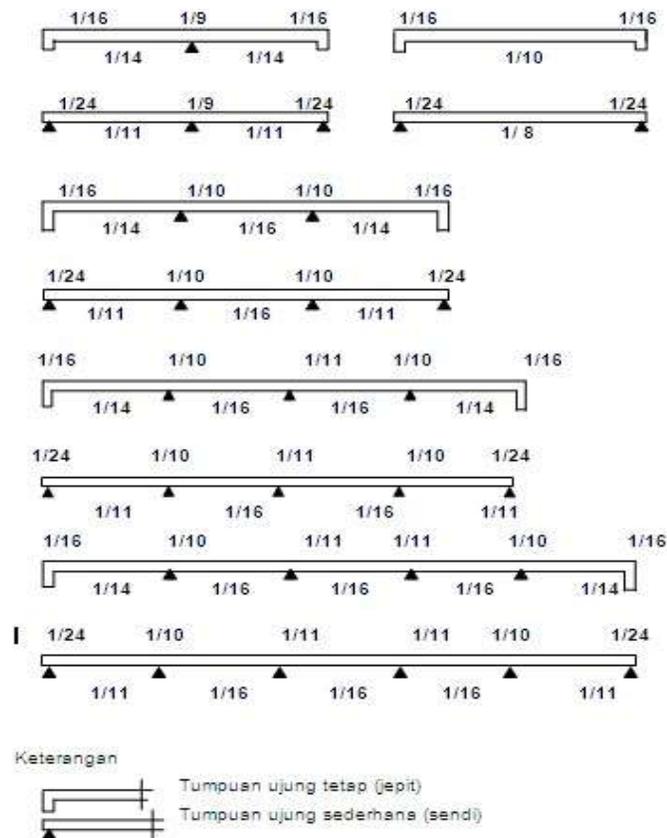
Pelat beton yang memiliki perbandingan panjang antara bentang panjang terhadap bentang pendek lebih atau sama dengan 2 dikategorikan sebagai pelat satu arah. Pada system pelat satu arah, hampir seluruh beban dilimpahkan dalam arah pendek. Desain pelat satu arah pada umumnya dapat dilakukan seperti halnya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

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

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

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

Bila kondisi diatas tidak dipenuhi, maka harus dilakukan analisis struktur untuk menentukan momen-momen yang timbul pada struktur pelat menerus tersebut. Nilai koefisien momen seperti disyaratkan dalam SNI 2847:2019, Pasal 8.3.2 diperlihatkan dalam **Gambar 2.4** berikut:



Gambar 2.4 Koefesien Momen untuk balok dan pelat menerus

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

1. Desain dilakukan dengan menggunakan asumsi lebar 1 meter.
2. Ketebalan minimum pelat satu arah yang menggunakan $f_y = 420$ MPa sesuai SNI 2847:2019 Tabel 7.3.1.1 harus ditentukan sebagaimana terlihat pada **Tabel 2.16**.

Tabel 2. 16 Ketebalan minimum pelat solid satu arah nonprategang

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

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

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

- Selimit beton untuk struktur pelat tidak boleh kurang dari 20 mm, untuk pelat yang tidak berhubungan langsung dengan cuaca dan tanah.
- Struktur pelat satu arah tegak lurus terhadap tulangan lentur. Persyaratan ini diatur dalam SNI 2847:2019, Tabel 24.4.3.2 Rasio luasan tulangan ulir susut dan suhu terhadap luas penampang beton bruto harus memenuhi batasan seperti ditunjukkan dalam **Tabel 2.17**.

Tabel 2. 17 Persyaratan tulangan susut dan suhu untuk pelat

Jenis Tulangan	f_y Mpa	Rasio tulangan minimum	
Batang ulir	< 420	0,0020	
Batang ulir atau kawat las	≥ 420	Terbesar dari	$0,0018 \times$
			420
			f_y
			0,0014

(Sumber : SNI 2847:2019)

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

b) Desain Balok Pelat Dua Arah

Pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh balok pada keempat sisinya dan beban-beban ditahan oleh pelat dalam arah yang tegak lurus terhadap balok-balok penunjang. Suatu pelat dikatakan pelat dua arah apabila $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$, dimana L_y merupakan sisi terpanjang dan L_x adalah sisi terpendek pelat yang ditinjau. Langkah – langkah perancangan pelat dua arah yaitu sebagai berikut:

1. Analisa Dimensi Balok

Tabel 2. 18 Tebal minimum pelat

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

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

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

Tabel 2. 19 Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang dengan balok diantara tumpuan pada semua sisinya

αf_m	h minimum, mm	
$0,2 \alpha f_m \leq 0,2$	Terbesar dari :	$\frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta (\alpha f_m - 0,2)}$
	Tidak boleh kurang dari :	125
$\alpha f_m \geq 0,2$	Terbesar dari :	$\frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta}$
	Tidak boleh kurang dari :	90
$\alpha f_m \leq 0,2$	Harus menggunakan Tabel 2.6	

(Sumber : SNI 2847:2019)

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

Tabel 2. 20 ketebalan minimum pelat dua arah non prategang tanpa balok interior (mm)

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

(Sumber: SNI 2847:2019)

Dimana:

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

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

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

αf = Rasio kekakuan lentur penampang balok ($E_{cb}I_b$), yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah dari pelat-pelat yang bersebelahan pada tiap sisi balok

$$\alpha f = \frac{E_{cb}I_b}{E_{cs}I_s}$$

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

I_s = Momen inersia bruto dari penampang pelat.

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

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

Dimana:

W_U = Momen rencana

W_D = Jumlah beban mati pelat (kN/m)

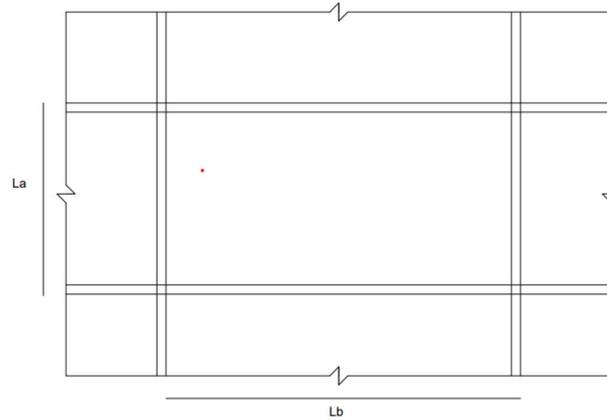
W_L = Jumlah beban hidup pelat (kN/m)

4. Mencari momen rencana (M_U)

Mencari momen yang bekerja pada arah x dan y.

Momen – momen yang menentukan sesuai dengan Tabel.7.9.2a sampai dengan Tabel 7.9.2d “Tipe 1 sampai Tipe 4” (SNI 8900: 2020) dapat dilihat sebagai berikut

Gambar dan table Rasio bentang panel lb/la



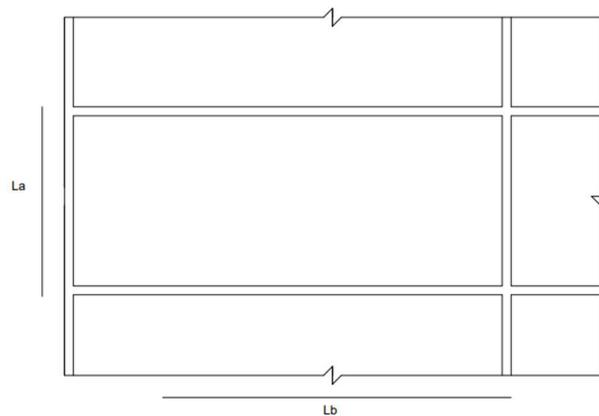
Gambar 2. 5 Panel interior pelat dua arah yang dipikul girder, balok, atau dinding beton bertulang

Tabel 2. 21 Panel interior pelat dua arah yang ditumpu girder, balok, atau dinding beton bertulang

b = la/lb	Arah pendek, La			Arah Panjang, Lb		
	Momen Negatif	Momen Positif	Fraksi Beban	Momen Negatif	Momen Positif	Fraksi Beban
1,0	$Ma^- = \frac{qula^2}{22}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{22}$	$a_a = 0,50$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{22}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{42}$	$ab = 0,50$
1,1	$Ma^- = \frac{qula^2}{18}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{42}$	$a_a = 0,60$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{25}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{42}$	$ab = 0,60$
1,2	$Ma^- = \frac{qula^2}{15}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{35}$	$a_a = 0,67$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{35}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{50}$	$ab = 0,33$
1,3	$Ma^- = \frac{qula^2}{14}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{30}$	$a_a = 0,74$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{40}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{60}$	$ab = 0,26$
1,4	$Ma^- = \frac{qula^2}{14}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{27}$	$a_a = 0,80$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{50}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{75}$	$ab = 0,20$
1,5	$Ma^- = \frac{qula^2}{13}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{25}$	$a_a = 0,84$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{65}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{100}$	$ab = 0,16$

b = la/lb	Arah pendek, La			Arah Panjang, Lb		
	Momen Negatif	Momen Positif	Fraksi Beban	Momen Negatif	Momen Positif	Fraksi Beban
1,6	$Ma^- = \frac{qula^2}{13}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{22}$	$a_a = 0,87$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{85}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{120}$	$ab = 0,13$
1,7	$Ma^- = \frac{qula^2}{12}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{21}$	$a_a = 0,90$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{110}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{145}$	$ab = 0,10$
1,8	$Ma^- = \frac{qula^2}{12}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{20}$	$a_a = 0,92$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{135}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{180}$	$ab = 0,08$
1,9	$Ma^- = \frac{qula^2}{12}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{20}$	$a_a = 0,93$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{160}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{225}$	$ab = 0,07$
2,0	$Ma^- = \frac{qula^2}{11}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{18}$	$a_a = 0,94$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{170}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{275}$	$ab = 0,06$
>2,0	$Ma^- = \frac{qula^2}{10}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{16}$	$a_a = 1,00$	Tulangan susut dan temperatur		$ab = 0,00$

(Sumber : SNI 8900:2020)

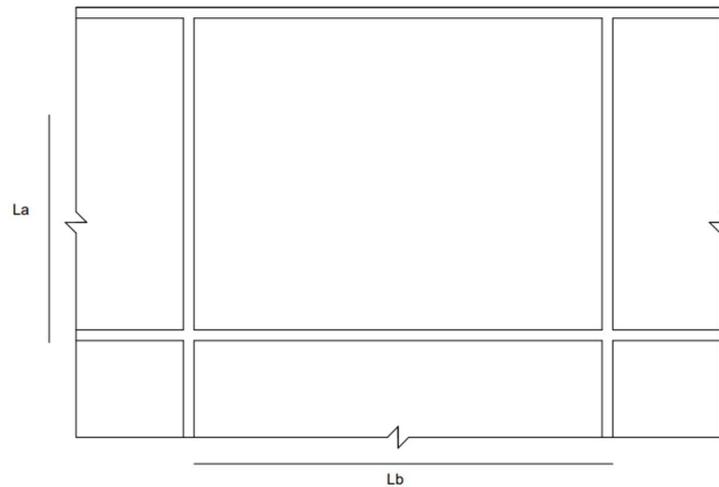


Gambar 2. 6 Panel ujung dengan l_a sejajar tepi slab dua arah yang dipikul girder, balok, atau dinding beton bertulang

Tabel 2. 22 Panel tepi dengan la sejajar tepi pelat dua arah yang ditumpu girder, balok, atau dinding beton bertulang

Rasio bentang Panel	Arah pendek, La			Arah Panjang, Lb		
	Momen Negatif	Momen Positif	Fraksi Beban	Momen Negatif	Momen Positif	Fraksi Beban
1,0	$Ma^- = \frac{qula^2}{16}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{35}$	$a_a = 0,67$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{33}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{40}$	$ab = 0,33$
1,1	$Ma^- = \frac{qula^2}{15}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{31}$	$a_a = 0,74$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{35}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{50}$	$ab = 0,26$
1,2	$Ma^- = \frac{qula^2}{14}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{28}$	$a_a = 0,80$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{50}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{65}$	$ab = 0,20$
1,3	$Ma^- = \frac{qula^2}{13}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{25}$	$a_a = 0,85$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{70}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{85}$	$ab = 0,15$
1,4	$Ma^- = \frac{qula^2}{13}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{23}$	$a_a = 0,88$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{90}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{110}$	$ab = 0,12$
1,5	$Ma^- = \frac{qula^2}{12}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{21}$	$a_a = 0,91$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{115}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{135}$	$ab = 0,09$
1,6	$Ma^- = \frac{qula^2}{12}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{22}$	$a_a = 0,93$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{135}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{160}$	$ab = 0,07$
1,7	$Ma^- = \frac{qula^2}{12}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{21}$	$a_a = 0,94$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{165}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{185}$	$ab = 0,06$
1,8	$Ma^- = \frac{qula^2}{11}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{20}$	$a_a = 0,95$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{200}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{220}$	$ab = 0,04$
1,9	$Ma^- = \frac{qula^2}{12}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{20}$	$a_a = 0,96$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{250}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{270}$	$ab = 0,04$
2,0	$Ma^- = \frac{qula^2}{11}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{18}$	$a_a = 97$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{330}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{340}$	$ab = 0,03$
>2,0	$Ma^- = \frac{qula^2}{10}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{16}$	$a_a = 1,00$	Tulangan susut dan temperatur		$ab = 0,00$

(Sumber: SNI 8900:2020)

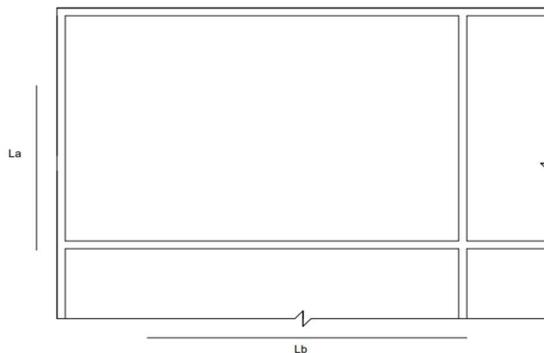


Gambar 2. 7 Panel ujung dengan l_b sejajar tepi slab dua arah yang dipikul girder, balok, atau dinding beton bertulang

Tabel 2. 23 Panel tepi dengan l_b sejajar tepi pelat dua arah yang ditumpu girder, balok, atau dinding beton bertulang

Rasio bentang Panel	Arah pendek, L_a			Arah Panjang, L_b		
	Momen Negatif	Momen Positif	Fraksi Beban	Momen Negatif	Momen Positif	Fraksi Beban
1,0	$Ma^- = \frac{qula^2}{30}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{39}$	$a_a = 0,33$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{16}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{35}$	$ab = 0,67$
1,1	$Ma^- = \frac{qula^2}{23}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{32}$	$a_a = 0,42$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{19}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{40}$	$ab = 0,58$
1,2	$Ma^- = \frac{qula^2}{19}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{26}$	$a_a = 0,51$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{22}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{50}$	$ab = 0,49$
1,3	$Ma^- = \frac{qula^2}{17}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{23}$	$a_a = 0,59$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{27}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{60}$	$ab = 0,41$
1,4	$Ma^- = \frac{qula^2}{15}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{20}$	$a_a = 0,72$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{32}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{70}$	$ab = 0,34$

Rasio bentang Panel	Arah pendek, La			Arah Panjang, Lb		
	Momen Negatif	Momen Positif	Fraksi Beban	Momen Negatif	Momen Positif	Fraksi Beban
1,5	$Ma^- = \frac{qula^2}{13}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{19}$	$a_a = 0,77$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{40}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{85}$	$ab = 0,28$
1,6	$Ma^- = \frac{qula^2}{12}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{17}$	$a_a = 0,81$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{50}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{100}$	$ab = 0,23$
1,7	$Ma^- = \frac{qula^2}{12}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{16}$	$a_a = 0,85$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{60}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{125}$	$ab = 0,19$
1,8	$Ma^- = \frac{qula^2}{11}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{15}$	$a_a = 0,88$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{70}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{150}$	$ab = 0,15$
1,9	$Ma^- = \frac{qula^2}{11}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{15}$	$a_a = 0,92$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{85}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{175}$	$ab = 0,12$
2,0	$Ma^- = \frac{qula^2}{10}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{14}$	$a_a = 1,00$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{100}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{200}$	$ab = 0,08$
>2,0	$Ma^- = \frac{qula^2}{9}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{11}$	$a_a = 1,00$	Tulangan susut dan temperatur		$ab = 0,00$



Gambar 2. 8 Panel sudut slab dua arah yang dipikul girder, balok, atau dinding beton bertulang.

Tabel 2. 24 Panel sudut pelat dua arah yang ditumpu girder, balok, atau dinding beton bertulang

Rasio bentang Panel	Arah pendek, La			Arah Panjang, Lb		
	Momen Negatif	Momen Positif	Fraksi Beban	Momen Negatif	Momen Positif	Fraksi Beban
1,0	$Ma^- = \frac{qula^2}{20}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{31}$	$a_a = 0,50$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{20}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{31}$	$ab = 0,50$
1,1	$Ma^- = \frac{qula^2}{17}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{26}$	$a_a = 0,59$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{25}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{38}$	$ab = 0,41$
1,2	$Ma^- = \frac{qula^2}{15}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{23}$	$a_a = 0,67$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{30}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{45}$	$ab = 0,33$
1,3	$Ma^- = \frac{qu}{13}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{20}$	$a_a = 0,74$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{40}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{55}$	$ab = 0,26$
1,4	$Ma^- = \frac{qula^2}{14}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{27}$	$a_a = 0,80$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{50}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{75}$	$ab = 0,20$
1,5	$Ma^- = \frac{qula^2}{12}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{17}$	$a_a = 0,84$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{60}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{85}$	$ab = 0,16$
1,6	$Ma^- = \frac{qula^2}{11}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{16}$	$a_a = 0,87$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{75}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{100}$	$ab = 0,13$
1,7	$Ma^- = \frac{qula^2}{11}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{16}$	$a_a = 0,90$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{100}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{125}$	$ab = 0,10$
1,8	$Ma^- = \frac{qula^2}{11}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{15}$	$a_a = 0,92$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{120}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{150}$	$ab = 0,08$
1,9	$Ma^- = \frac{qula^2}{11}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{15}$	$a_a = 0,94$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{145}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{175}$	$ab = 0,06$
2,0	$Ma^- = \frac{qula^2}{10}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{14}$	$a_a = 0,96$	$Mb^- = \frac{qulb^2}{165}$	$Mb^+ = \frac{qulb^2}{200}$	$ab = 0,04$
>2,0	$Ma^- = \frac{qula^2}{9}$	$Ma^+ = \frac{qula^2}{11}$	$a_a = 1,00$	Tulangan susut dan temperatur		$ab = 0,00$

(Sumber: SNI 8900:2020)

Rumus mencari Mencari momen tumpuan dan lapaangan arah pendek dan arah panjang dimana:

- M_a^- adalah momen tumpuan negatif arah pendek
- M_a^+ adalah momen lapangan positif arah pendek
- M_b^- adalah momen tumpuan negatif arah pendek
- M_b^+ adalah momen tumpuan positif arah Panjang

5. Mencari momen rencana (M_u)

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

Untuk tulangan tumpuan:

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

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

Untuk tulangan lapangan:

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

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

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

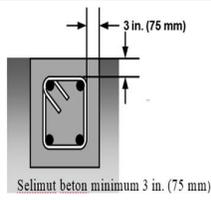
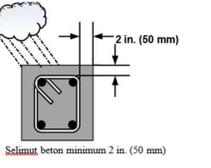
Tabel 2. 25 Ketebalan selimut beton untuk komponen struktur beton nonprategang yang dicor di tempat.

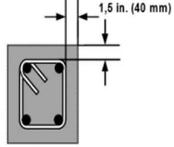
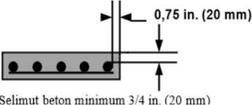
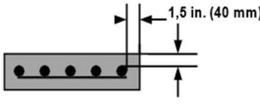
Paparan	Komponen struktur	Tulangan	Ketebalan Selimut (mm)
Dicor dan secara permanen kontak dengan tanah	Semua	Semua	75
	Semua	Batang D10 hingga D57	50

Paparan	Komponen struktur	Tulangan	Ketebalan Selimut (mm)
Terpapar cuaca atau kontak dengan tanah		Batang D16 kawat Ø10 atau D13 dan yang lebih kecil	40
Tidak terpapar cuaca atau kontak dengan tanah	Pelat, pelat berusuk dan dinding	Batang D43 dan D57	40
		Batang D36 dan yang lebih kecil	20
	Balok, kolom pedestal dan batang tarik	Tulangan utama, sengkang, sengkang ikat, spiral dan sengkang pengegang	40

(Sumber: SNI 2847:2020)

Tabel 2. 26 Tebal minimum selimut beton terhadap tulangan

Komponen Yang di cor di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	
Komponen yang terpapar terhadap cuaca atau hubungan dengan tanah	

Girder, balok dan kolom yang tidak terpapar terhadap cuaca atau hubungan dengan tanah	 <p>Selimit beton minimum 1-1/2 in. (40 mm)</p>
Slab solid, dinding beton bertulang, atau joist yang tidak terpapar terhadap cuaca atau hubungan dengan tanah	 <p>Selimit beton minimum 3/4 in. (20 mm)</p>
Slab solid di atas tanah	 <p>Selimit beton minimum 1-1/2 in. (40 mm)</p>

(Sumber: SNI 8900:2020)

6. Tentukan Nilai $R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$ untuk mendapatkan nilai ρ (rasio tulangan)

Dimana:

R_n = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan (MPa)

M_u = Momen terfaktor pada penampang (kN/m)

b = Lebar penampang (mm) diambil 1 m

d_{eff} = Tinggi efektif pelat (mm)

ϕ = Faktor kuat rencana (0,9)

7. Menentukan rasio penulangan (ρ) ditentukan dengan melihat tabel. Jika $\rho > \rho_{\text{max}}$, maka ditambahkan balok anak untuk memperkecil momen.

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

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

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

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

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

8. Menghitung luas tulangan (A_s) digunakan rumus:

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

Dimana:

A_s = luas tulangan (mm^2)

ρ = rasio penulangan

d_{eff} = tinggi efektif (mm)

9. Mencari jumlah tulangan (n)

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

10. Mencari jarak antar tulangan

$$s = \frac{A_{sd}}{A_{stx}} \times 1000$$

11. Memasang tulangan

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

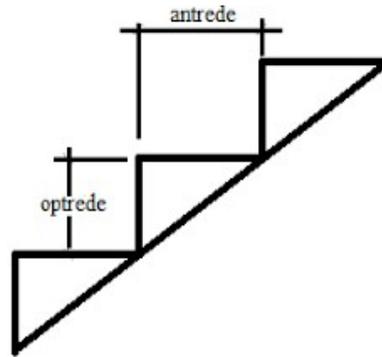
2.6.2 Perhitungan Tangga

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

Secara garis besarnya tangga itu terdiri dari beberapa bagian-bagian seperti berikut :

1. Anak Tangga (*Trede*)

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



Gambar 2. 9 Antrade dan Optrade pada Tangga

Adapun ketentuan-ketentuan konstruksi tangga sebagai berikut :

- a) Untuk bangunan rumah tinggal
 - *Antrede* = 25 cm (minimum)
 - *Optrede* = 20 cm (maksimum)
 - Lebar tangga = 80 – 100 cm
- b) Untuk perkantoran dan lain-lain
 - *Antrede* = 25 cm (minimum)
 - *Optrede* = 17 cm (maksimum)
 - Lebar tangga = 120 – 200 cm
- c) Syarat langkah 1 anak tangga
 - 2 *optrede* + 1 *antrede* = 1 langkah
 - 1 langkah = 57 cm – 65 cm (panjang satu langkah)
- d) Sudut kemiringan
 - Maksimum = 45°
 - Minimum = 25°
- e) Lebar tangga

Ukuran lebar tangga dipengaruhi oleh fungsi tangga pada jenis bangunan tertentu. Dengan kata lain lebar tangga sangat dipengaruhi oleh sejumlah orang yang akan menggunakan tangga tersebut.

 - Tempat umum \geq 120 cm
 - Tempat tinggal = 180 cm – 100 cm

2. Ibu Tangga (*Boom*)

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

3. Bordes

Bordes adalah bagian dari tangga yang merupakan bidang datar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat istirahat bila lelah. Bordes ini dibuat apabila jarak tempuh tangga sangat panjang yang mempunyai jumlah trede lebih dari 20 buah dan lebar tangga cukup akan tetapi ruangan yang tersedia untuk tangga tidak mencukupi. Menurut Supriadi (1993:18) Untuk menentukan Panjang bordes seperti berikut ini:

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

Dimana:

- L_n = satu langkah normal datar

- a = *antrede*

4. Pelengkap

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

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

Syarat umum tangga diantaranya sebagai berikut :

a. Penempatannya

- Penempatan tangga diusahakan sehemat mungkin untuk menggunakan ruangan.
- Ditempatkan sedemikian rupa supaya mudah ditemukan orang dan mendapatkan sinar pada waktu siang hari.

- Diusahakan penempatannya tidak mengganggu ataupun menghalangi lalu lintas banyak orang.
- b. Kekuatannya
 - Bila menggunakan material kayu hendaknya memakai kelas I atau II, agar nanti tidak terjadinya pelenturan/goyang.
 - Kokoh dan stabil bila di lalui sejumlah orang, barang dan sesuai dengan perencanaan.

2. Bentuknya

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

Langkah-langkah perhitungan tangga sebagai berikut :

1) Mendesign tangga, antara lain:

- a. Rencanakan tinggi *optrede* dengan tinggi *Antride* 15 cm – 20 cm

b. Jumlah *optrede* $= \frac{h}{\text{ukuran } optrede}$

- c. Menentukan tinggi *optrede*

d. Tinggi *optrede* sebenarnya $= \frac{h}{\text{jumlah } optrede}$

- e. Hitung ukuran *antrade*

$$\text{Antrade} = Ln - 2 \text{ optrede} = 1 \text{ langkah (58 cm - 64 cm)}$$

- f. Hitung sudut kemiringan tangga

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

- g. Menentukan tebal pelat tangga

$$\text{tebal pelat} = \frac{(\frac{1}{2} \times \text{tinggi tangga}) / \sin \alpha}{28}$$

2) Menentukan pembebanan

Pembebanan pada pelat anak tangga dan bordes

- a. Beban mati

- Berat sendiri bordes + anak tangga

- Berat penutup lantai
- Berat spesi
- Berat sandaran
- Beban hidup

b. Beban hidup untuk tangga dan bordes beban meratam adalah $4,79 \text{ kN/m}^2$ (SNI 1727 – 2020 Tabel 4.3 – 1)

- 3) Menghitung gaya – gaya yang bekerja pada tangga dengan menggunakan program Etabs.
- 4) Perhitungan tulangan tangga
- 5) Menentukan momen yang bekerja berdasarkan analisa program Etabs.

a. Penentuan tulangan pokok dan tulangan susut dan suhu yang diperlukan.

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

c. Menentukan tinggi efektif (d_{eff})

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

d. Menentukan rasio penulangan (ρ)

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

e. Menghitung luas tulangan (A_s)

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

Dimana:

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

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

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

f. Mencari tulangan (n)

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

g. Mencari jarak antar tulangan (s)

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

2.6.3 Perhitungan Balok

a. Pengertian balok

Balok merupakan batang horizontal dari rangka struktural yang memikul beban tegak lurus sepanjang batang tersebut biasanya terdiri dari beberapa komponen struktural contohnya dinding, pelat atau atap bangunan dan menyalurkannya ke komponen tumpuan atau struktur yang berada dibawahnya. Balok dikenal sebagai elemen lentur, yaitu elemen lentur struktur yang dominan dalam membawa gaya dalam berupa momen lentur dan momen geser.

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

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

memprediksikan kekuatan yang sesuai dengan hasil tes, sesuai dengan asumsi dalam SNI 2847:2019 pasal 22.2.

b. Faktor Reduksi Kekuatan

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

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

c. Langkah-langkah perencanaan balok

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

c. Berat Sendiri Balok

4. Menghitung beban ultimate

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

5. Menghitung momen rencana

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

6. Periksa dimensi penampang balok

a. Menentukan d_{eff}

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

b. Mencari nilai ρ

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

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

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

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

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

Dengan beberapa syarat, seperti :

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

7. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Menentukan d_{eff}

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

- b. Mencari nilai ρ

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

- c. Hitung As yang diperlukan

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

- d. Menentukan diameter tulangan yang dipakai dengan syarat As terpasang \geq As direncanakan

8. Perencanaan Tulangan Geser

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

- b. Hitung nilai ϕV_c dari persamaan:

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

dengan:

$$\phi = 0,75$$

- c. Periksa nilai V_u

- Jika $V_u < 1/2 \phi V_c$, tidak dibutuhkan tulangan geser.
- Jika $1/2 \phi V_c < V_u < \phi V_c$, dibutuhkan tulangan geser.
- Jika $V_u > \phi V_c$, tulangan geser harus disediakan langkah berikutnya

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

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

atau

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

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

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

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

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

- f. Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan:

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

2.6.4.1 Perhitungan Portal

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

1. Portal Akibat Beban Mati

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

- a. Berat sendiri pelat
- b. Berat penggantung dan plafon
- c. Berat penutup lantai
- d. Berat adukan
- e. Berat dari pasangan dinding bata

2. Portal Akibat Beban Hidup

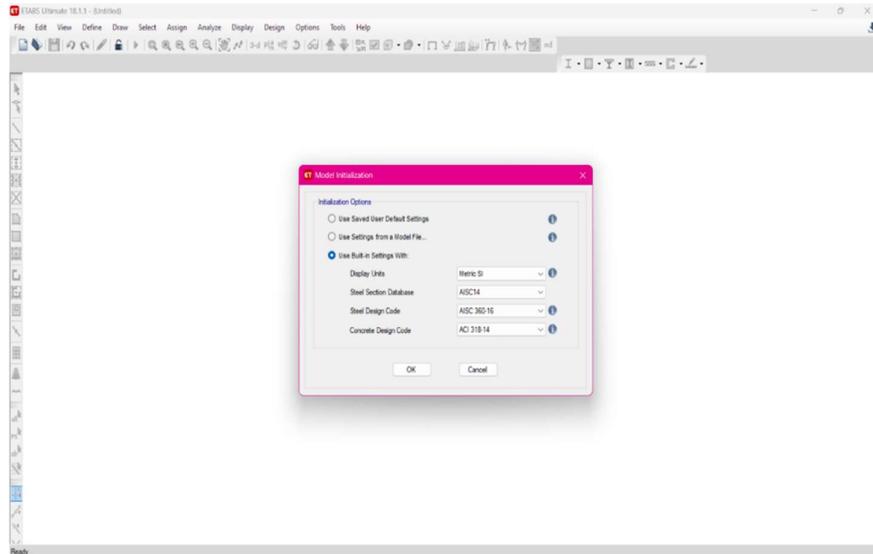
Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang. Perhitungan portal menggunakan cara yang sama dengan perhitungan portal akibat beban mati.

Pembebanan akibat beban hidup, yaitu :

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

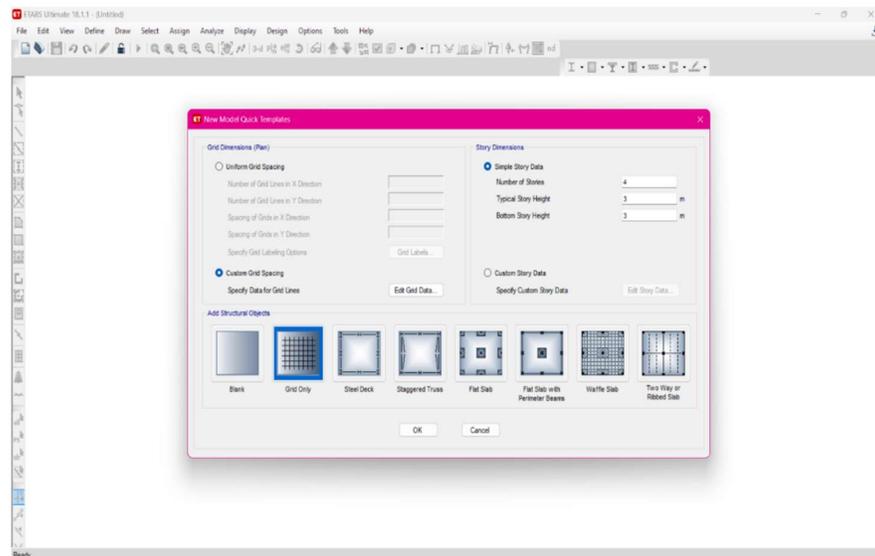
Pada perencanaan Gedung Jurusan Farmasi Politeknik Kesehatan Kemenkes Palembang Sumatera Selatan ini kami menggunakan Aplikasi Etabs untuk menghitung beban mati dan beban hidup. Adapun langkah – langkah menghitung portal dengan menggunakan Program Etabs sebagai berikut :

1. Membuka aplikasi Etabs, maka akan keluar tampilan seperti pada **Gambar 2.10** berikut ini :



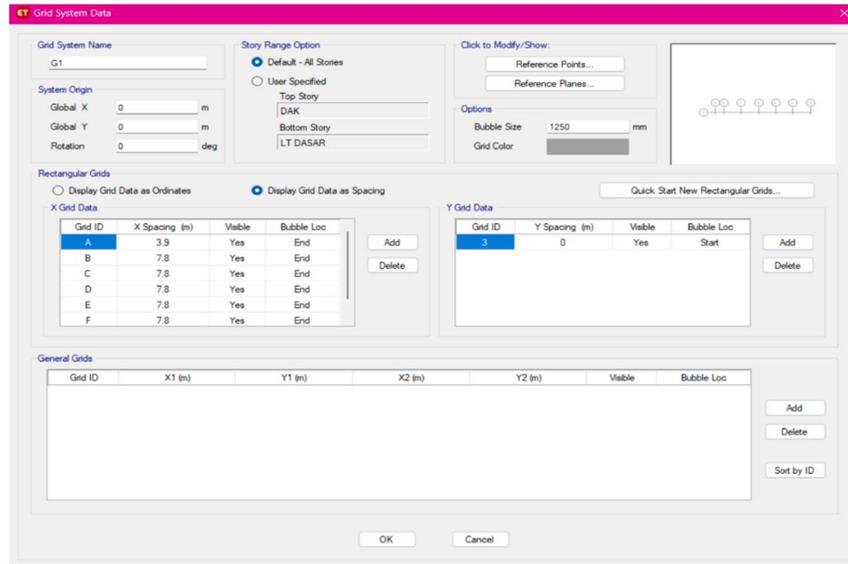
Gambar 2. 10 Tampilan Awal Etabs

2. Pada menu bar, klik file kemudian New model, lalu membuat costum grid seperti pada **Gambar 2.11** berikut ini :



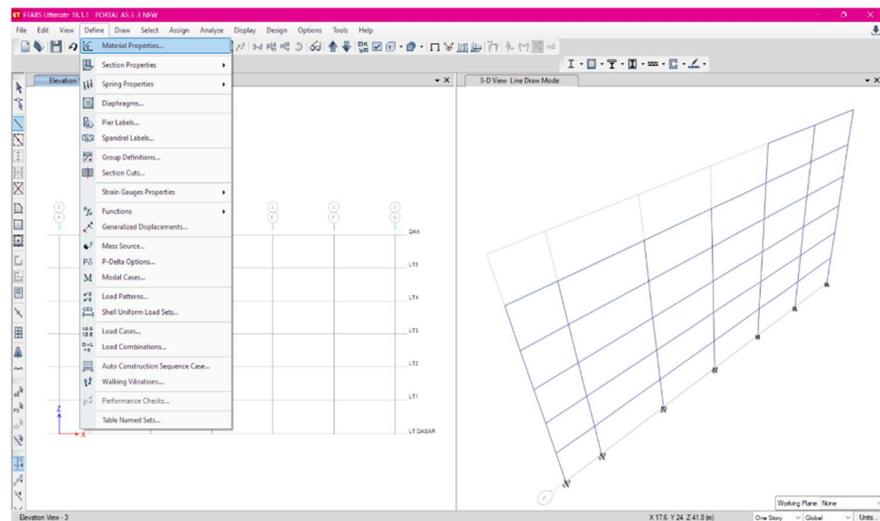
Gambar 2. 11 Model Struktur Konstruksi dan Custom Grid

3. Kemudian akan muncul pilihan grid yang akan dimasukkan. Ketik grid sesuai dengan gambar yang sudah direncanakan seperti pada **Gambar 2.12** berikut ini :



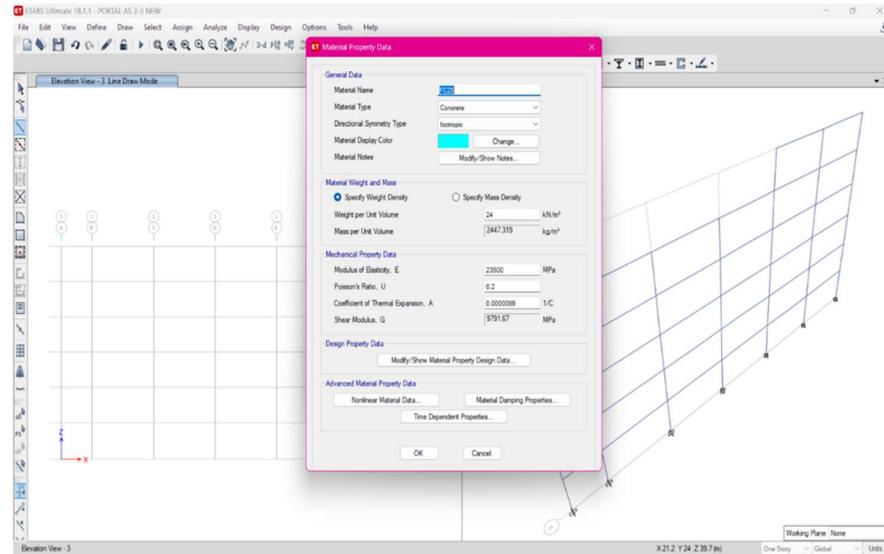
Gambar 2.12 Tampilan Membuat grid

4. Kemudian pilih define dan pilih material Properties yang akan digunakan **Gambar 2.13** berikut ini :



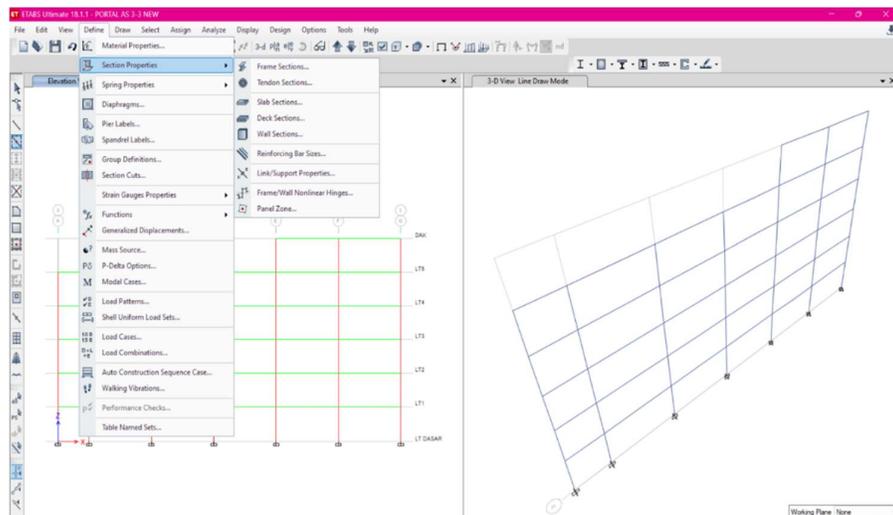
Gambar 2.13 Pilih define

5. Kemudian akan muncul kotak isian define add new properties seperti pada **Gambar 2.14** berikut ini :



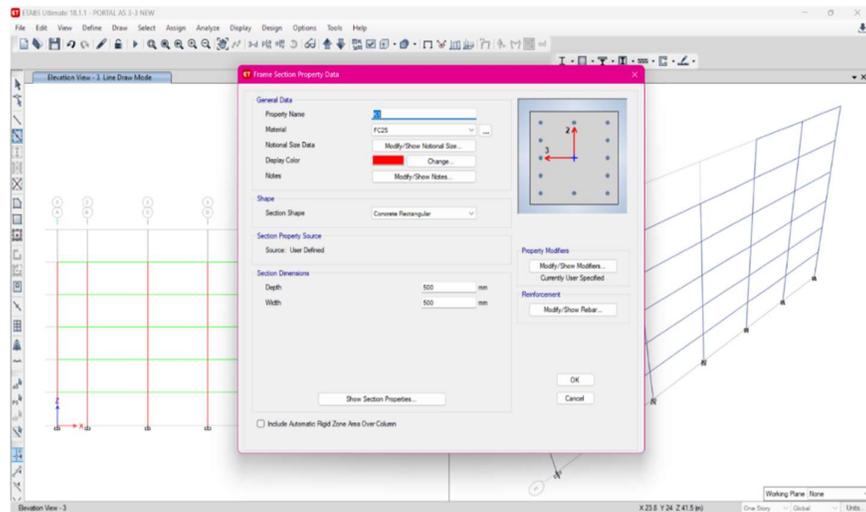
Gambar 2. 14 Add New Properties

6. Selanjutnya program akan secara otomatis menggambarkan frame – frame portal berdasarkan data yang dimasukkan, Setelah itu pilih define lalu pilih section properties dan frame section seperti pada **Gambar 2.15** berikut ini :



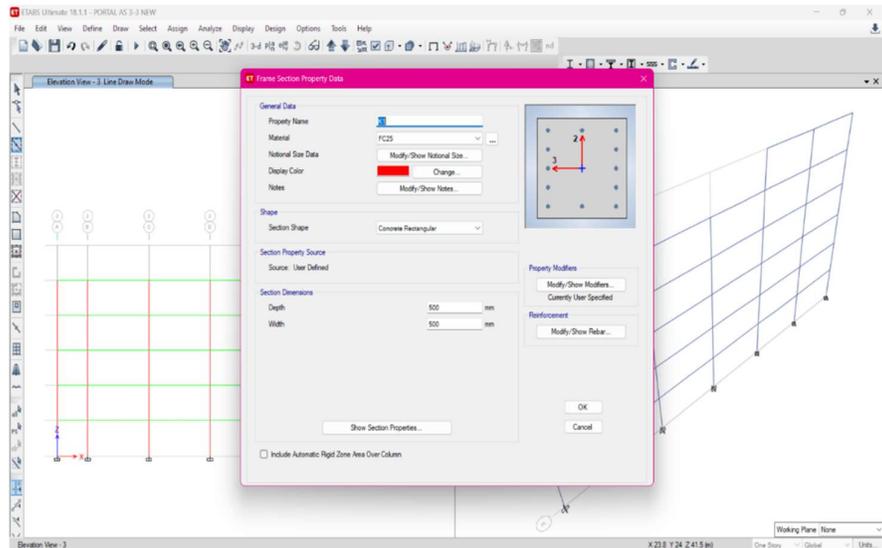
Gambar 2. 15 Frame Pada Portal

7. Kemudian masukan Properties jenis Kolom, balok anak, balok induk yang ada seperti pada **Gambar 2.16** berikut ini :



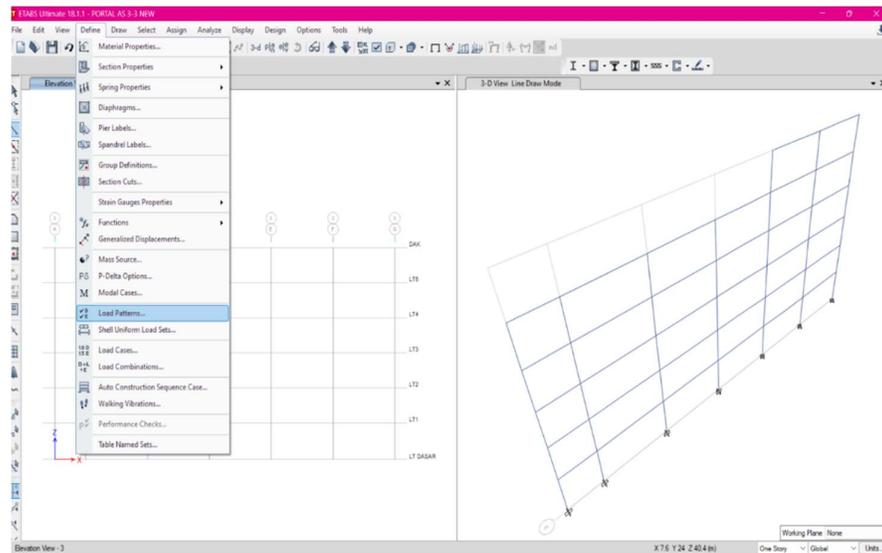
Gambar 2. 16 Memasukan jenis kolom dan balok

8. Maka akan tampil kotak dialog masukan ukuran kolom dan balok sesuai dengan yang direncanakan dan klik ok seperti pada **Gambar 2.17** berikut ini :



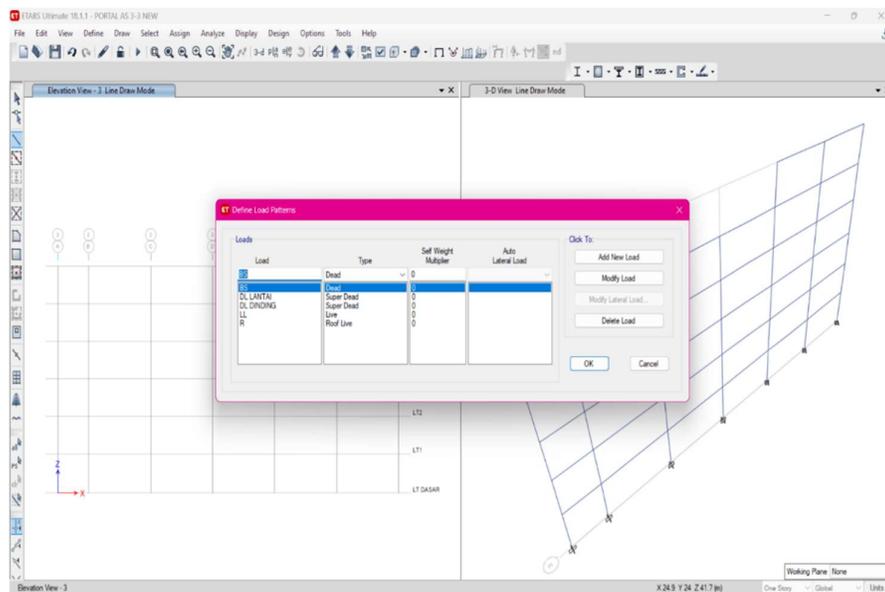
Gambar 2. 17 Memasukan Ukuran kolom dan balok

9. Selanjutnya untuk menambahkan beban yang digunakan pilih define, lalu load patterns seperti pada **Gambar 2.18** berikut ini :



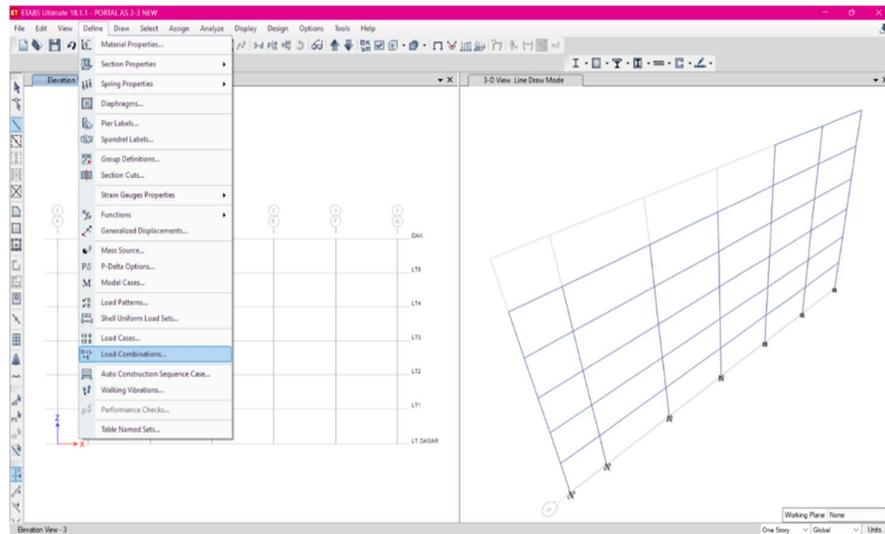
Gambar 2. 18 Tampilan untuk memasukkan pembebanan

10. Pilih beban yang akan dimasukan, lalu masukan nilai yang sudah dihitung manual sesuai jenis beban yang ada digunakan seperti pada **Gambar 2.19** berikut ini :



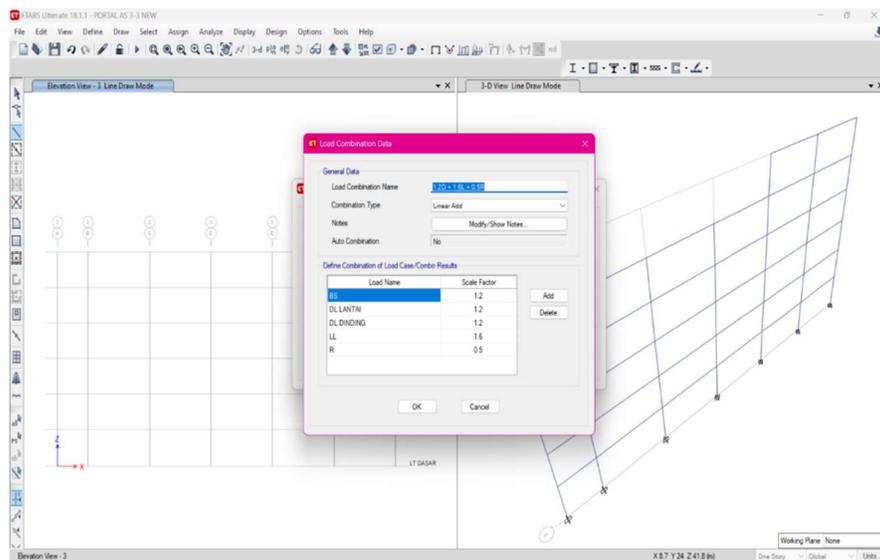
Gambar 2. 19 Memasukan Nilai Beban

11. Lalu pilih *load combination* lalu klik ok seperti pada **Gambar 2.20** berikut ini :



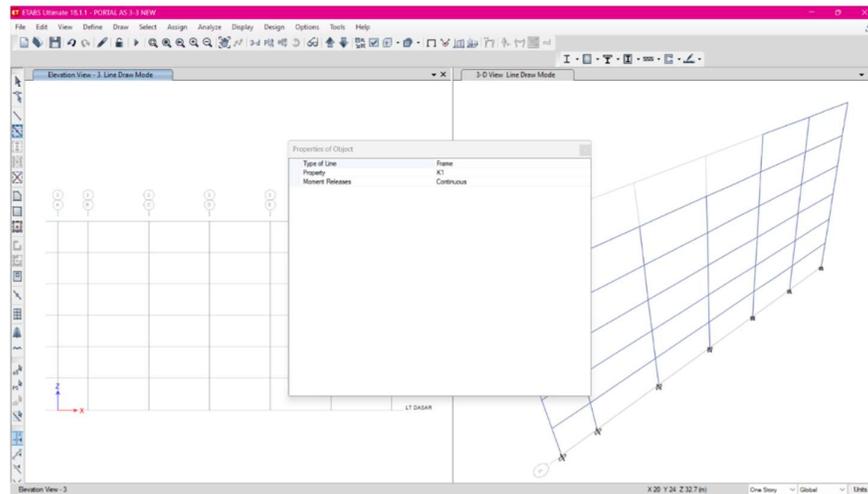
Gambar 2. 20 *Load Combination*

12. Tahap selanjutnya akan tampil dialog isi data sesuai dengan yang ada, lalu klik ok seperti pada **Gambar 2.21** berikut ini :



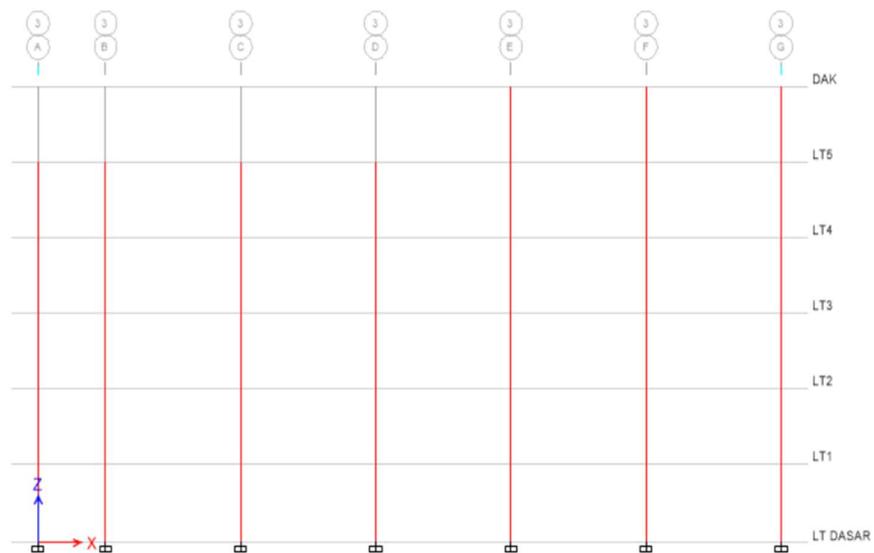
Gambar 2. 21 Mengisi data *combination* yang ada

13. Setelah itu pilih *quick draw*, lalu ganti properties dengan kolom untuk menentukan ukuran kolom sesuai dengan properties yang sudah kita tentukan di awal dan klik ok seperti pada **Gambar 2.22** berikut ini :



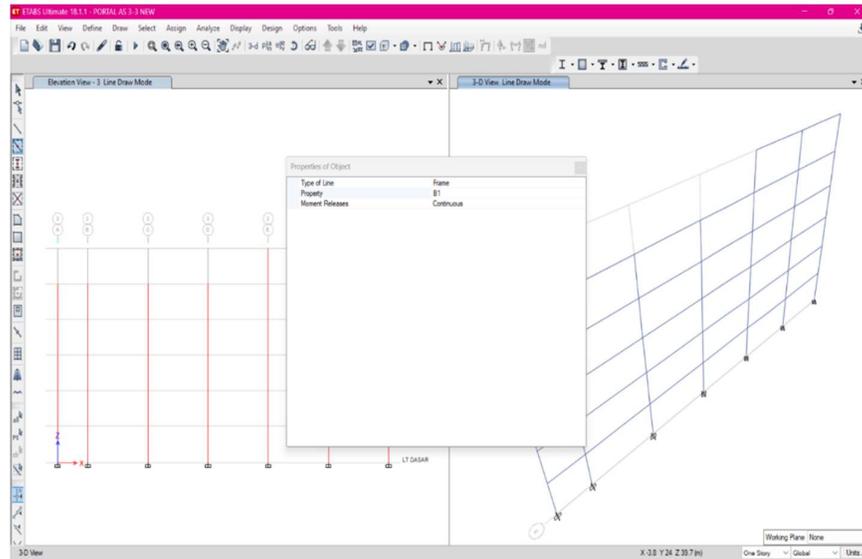
Gambar 2. 22 Menganti Properties

14. Kemudian setelah memasukan sesuai dengan yang ada, *grid* akan berubah menjadi seperti pada **Gambar 2.23** berikut ini :



Gambar 2. 23 Memasukan data kolom

15. Pilihlah dan klik *add new property* untuk membuat balok seperti pada **Gambar 2.24** berikut ini :



Gambar 2. 24 *Frame Properties* untuk balok

16. Pilih dengan ukiran dan jenis yang tepat setelah itu klik ok, Lalu seperti pada **Gambar 2.25** berikut ini :



Gambar 2. 25 Memasukan Jenis Balok

2.6.5 Kolom

Kolom adalah salah satu komponen struktur vertikal yang secara khusus difungsikan untuk memikul beban aksial tekan (dengan atau tanpa adanya momen lentur) dan memiliki rasio tinggi/Panjang terhadap dimensi terkecilnya sebesar 3 atau lebih. Kolom memikul beban vertikal yang berasal dari pelat lantai atau atap dan menyalurkannya ke pondasi. Pada struktur pondasi bangunan gedung beton bertulang, balok, pelat dan kolom umumnya di cor secara monolit, sehingga akan menimbulkan momen lentur pada kolom akibat kondisi tumpuan ujung. Disamping itu pada bangunan bertingkat tidak memungkinkan untuk menjamin kevertikalan kolom secara sempurna, dan akibatnya akan muncul beban yang eksentris terhadap pusat dari penampang kolom. Beban eksentris ini akan menimbulkan momen lentur. Jadi pada suatu struktur bangunan beton bertulang, sangat jarang dijumpai elemen kolom yang murni memikul beban aksial saja. (Setiawan, 2016:144).

Secara umum kolom dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori sebagai berikut:

1. Berdasarkan beban yang bekerja, kolom dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam yaitu:
 - a. Kolom dengan beban aksial
Beban kolom dianggap bekerja melalui pusat penampang kolom.
 - b. Kolom dengan beban eksentris
Beban kolom dianggap bekerja sejauh e dari pusat penampang kolom.
 - c. Kolom dengan beban biaksial
Beban bekerja pada sembarang titik pada penampang kolom, sehingga menimbulkan momen terhadap sumbu x dan y secara simultan.
2. Berdasarkan panjangnya, kolom dapat dibedakan menjadi :
 - a. Kolom pendek
Jenis kolom keruntuhannya diakibatkan oleh hancurnya beton atau luluhan tulangan bja dibawah kapasitas ultimit dari kolom tersebut.

- b. Kolom Panjang
 Jenis kolom yang dalam perencanaannya harus memperhitungkan rasio kelangsingan dan efek tekuk, sehingga kapasitasnya berkurang dibandingkan dengan kolom pendek.
3. Berdasarkan bentuk penampang, kolom dapat berbentuk menjadi :
- Bujur sangkar
 - Persegi Panjang
 - Lingkaran
 - Bentuk L
 - Segi delapan, dll.
4. Berdasarkan jenis tulangan Sengkang yang digunakan :
- Kolom dengan Sengkang persegi
 Mengikat tulangan memanjang/vertikal dari kolom, dan disusun dengan jarak tertentu sepanjang tinggi kolom.
 - Kolom dengan spiral
 Untuk mengikat tulangan memanjang dan meningkatkan daktilitas kolom.
5. Berdasarkan kekangan dalam arah lateral, kolom dapat dibedakan menjadi :
- Dapat menjadi dari suatu portal yang dikekang terhadap goyangan.
 - Dapat menjadi bagian dari suatu portal bergoyang.
6. Berdasarkan materialnya, kolom dapat berupa menjadi :
- Kolom bertulangan biasa.
 - Kolom beton prategang.
 - Kolom komposit (terdiri dari beton dan profil baja).
- Berikut langkah-langkah perencanaan kolom, yaitu :
- Tulangan untuk kolom dibuat penulangan simetris berdasarkan kombinasi P_u dan M_u .
 - Gaya Aksial design pada kolom
 $P_u = 1,4 D$
 $P_u = 1,2 D + 1,6 L$
 $P_u = 1,2 D + 1,0 L + 1,0 W$

3. Gaya Lintang design pada kolom maksimum

$$V_u = 1,4 D$$

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

(SNI 2847:2019)

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

$$M_u = 1,4 D$$

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

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

(SNI 2847 : 2019)

5. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi

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

(SNI 2847 : 2013, 400)

6. Modulus elastisitas beton normal³

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

(SNI 2847:2019, 456)

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

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

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

(SNI 2847 : 2019, 107)

7. Nilai kekakuan kolom dan balok⁴

$$I_k = \frac{1}{12} b \cdot h^3$$

$$I_b = \frac{1}{12} b \cdot h^3$$

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

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

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

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

(SNI 2847 : 2019, 103)

8. Nilai Eksentrisitas 1

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

9. Menentukan Ψ_a dan Ψ_b 5

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

$$\Psi = 10 \text{ (tumpuan sendi)}$$

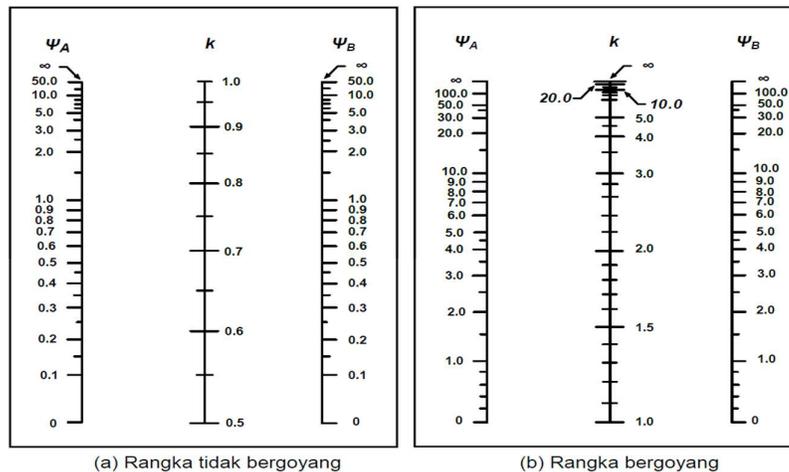
(SNI 2847 : 2019, 308)

10. Menentukan faktor Panjang kolom (k) 6

Untuk nilai k didapatkan dari nomogram faktor Panjang efektif kolom.

11. Angka kelangsingan kolom

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



Gambar 2. 26 Diagram Monogram untuk Menentukan Kelangsingan Kolom

- Angka tanpa pengaku lateral = $\frac{klu}{r} \leq 22$
- Angka dengan pengaku lateral = $\frac{klu}{r} \leq 34 + 12 (M1/M2)$ dan $\frac{Klu}{r} \leq 40$ (SNI 2847 : 2019, 91)

12. Faktor pembesaran kolom

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

δ_s = faktor pembesaran ekstra pada struktur rangka tanpa pengaku

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

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

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

(SNI 2847 : 2019, 108)

13. Desain penulangan

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

b. Menghitung A_{Stot}

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

Periksa P_u Terhadap Keruntuhan seimbang

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

$$a_b = \beta_1 \cdot C_b$$

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

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

$$\frac{\epsilon'_s}{0,003} = \frac{c_b - d'}{c_b}$$

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

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

$$T = A_s \cdot f_y$$

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

$$P_b = C_c + C_s - T$$

Nilai eksentrisitas pada kondisi seimbang dari

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

(SNI 2847 : 2019, 161)

Ketentuan keruntuhan

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

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

(SNI 2847 : 2019, 109)

2.6.6 Sloof

Sloof merupakan salah satu struktur bawah suatu bangunan yang berfungsi menerima beban dinding di atasnya dan sebagai pengikat antar pondasi. Langkah-langkah perhitungan dalam merencanakan *sloof* sebagai berikut:

- a. Menentukan dimensi *sloof*, mutu beton dan mutu baja yang akan digunakan.
- b. Menghitung pembebanan pada *sloof* untuk kemudian di proses menggunakan program Etabs untuk mendapatkan gaya dalamnya.
 - Berat sendiri *sloof*
 - Berat dinding dan plesteran

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

- $U = 1,2D$

dengan:

- U = beban terfaktor per unit panjang balok
- D = beban mati

- c. Melakukan perhitungan tulangan lentur lapangan dan tumpuan.

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

2. $K = \frac{Mu}{\phi b \cdot d^2} \rightarrow$ didapat nilai ρ dari tabel

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

dengan:

A_s = luas tulangan tarik non-prategang

- Pilih tulangan dengan dasar A_s terpasang $\geq A_s$ rencana. Apabila $M_R < M_u$ balok akan berperilaku sebagai balok T murni.
- Penulangan lentur pada tumpuan
- $K = \frac{Mu}{\phi b \cdot d^2} \rightarrow$ didapat nilai ρ dari tabel

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

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

Keterangan:

A_s = luas tulangan tarik non-prategang

ρ = rasio penulangan tarik non-prategang

b_{eff} = lebar efektif balok

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

d. Tulangan geser rencana

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right) \cdot b_w \cdot d$$

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

$V_u \leq \phi V_n$

$V_n = V_c + V_s$

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

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

dengan:

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = kuat geser terfaktor pada penampang

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = luas tulangan geser pada daerah sejarak s

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

f_y = mutu baja

2.6.7 Pondasi

Pondasi didefinisikan sebagai bagian dari struktur bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi untuk menyalurkan beban-beban yang diterima dari struktur atas ke lapisan tanah. Proses desain struktur pondasi memerlukan analisis yang cukup lengkap, meliputi kondisi jenis struktur atas, beban-beban kerja pada struktur, profil dari lapisan tanah bangunan struktur tersebut berada, serta kemungkinan terjadinya penurunan (*settlement*) (Setiawan, 2016). Ada dua kriteria yang harus dipenuhi oleh pondasi, yaitu:

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

Kriteria-kriteria di atas adalah kriteria khas *substructure* dan tidak terdapat pada bagian *superstructure*. Di samping diperlukannya penguasaan dari gaya-gaya yang bekerja pada pondasi, diperlukan juga pengenalan dan penguasaan akan sifat-sifat tanah.

Oleh karena itu, pemilihan jenis pondasi merupakan salah satu tahap penting dalam perencanaan sebuah bangunan. Sehingga pondasi harus direncanakan sedemikian rupa agar kuat, stabil, dan aman agar tidak terjadi kegagalan konstruksi. Pondasi memiliki beberapa jenis yaitu sebagai berikut:

a. Pondasi Dalam

Seperti yang sebelumnya telah dikatakan bahwa jenis pondasi yang satu ini biasa digunakan dalam membangun bangunan bertingkat. Pondasi ini adalah yang didirikan di permukaan tanah dengan kedalaman tertentu sehingga beban struktur sebuah bangunan dan kondisi permukaan tanah memengaruhi daya dukung pondasinya. Pondasi ini juga terdiri dari beberapa jenis lagi:

- Pondasi Dinding Diafragma (Pondasi Piers): pondasi untuk meneruskan beban struktural yang dibuat dengan menggunakan penggalian dalam. Setelah itu, struktur pondasi Piers dipasangkan bersamaan ke dalam galian.
- Pondasi Tiang Pancang: pondasi ini biasanya menggunakan beton sebagai bahan dasarnya. Beton tersebut kemudian ditancapkan lengkung ke tanah menggunakan sebuah mesin yang disebut mesin pemancang.
- Pondasi Bor Pile (Caissons): pondasi caissons biasanya dibangun di dalam tanah, tepatnya di permukaan tanah. Selain itu, pondasi yang satu ini ditempatkan pada kedalaman sesuai dengan kebutuhan dengan cara membuat sebuah lubang. Untuk membuat pondasi ini, digunakan sistem pengukuran tanah dengan cara pengeboran.

b. Pondasi Dangkal

Sementara itu, membuat pondasi dangkal biasanya digunakan dalam proyek pembangunan bangunan yang lebih sederhana. Selain itu, pondasi yang ini dibuat tak jauh dengan permukaan tanah. Pada umumnya, kedalaman pondasi dibangun kurang dari 1/3 dari lebar pondasi dengan kedalaman kurang dari 3

meter. Sama halnya dengan pondasi dalam, terdapat beberapa jenis pondasi dangkal:

- Pondasi Raft: digunakan untuk menyebarkan beban struktur atas area yang luas. Biasanya jenis pondasi yang satu ini sering digunakan di area tanah yang memiliki tekstur yang lebih lunak atau longgar dengan kapasitas daya tahan yang rendah.
- Pondasi Tapak: digunakan untuk menggunakan titik individual. Biasanya, pondasi seperti ini dibuat dalam bentuk lingkaran, persegi, maupun persegi panjang. Selain itu, pondasi ini terdiri dari lapisan beton yang sama juga seragam.
- Pondasi Memanjang atau Pondasi Jalur: digunakan untuk mendukung beban yang memanjang (beban garis). Pada umumnya, pondasi memanjang dibuat untuk dinding bangunan yang dibuat membentuk persegi, persegi panjang, atau trapesium.

Dalam perencanaan pembangunan Gedung kuliah Jurusan Farmasi Politeknik Kesehatan Kemenkes Palembang ini di rencanakan menggunakan tiang pancang dan pilecap. Adapun langkah-langkah perhitungan pondasi tiang pancang dan *pilecap* adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan daya dukung izin tanah melalui perhitungan dengan berdasarkan data-data yang ada sebagai berikut:

1. Berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang

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

2. Berdasarkan ketahanan tanah

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

Dimana:

N = nilai SPT pada ujung tiang

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

A_b = luas penampang ujung tiang (m^2)

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

F = factor keamanan daya dukung = 3

3. Daya dukung izin tiang

$$a. \quad Q_{ijin} = \frac{qc \cdot Ab}{Fb} + \frac{JHP \cdot O}{Fs}$$

b. Menentukan jumlah tiang pancang

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

c. Menentukan jarak antar tiang

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

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

Dimana:

S = jarak antar tiang

D = ukuran *pile* (tiang)

d. Menentukan efisiensi dan daya dukung kelompok tiang

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

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

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

$$P_{max} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{My \cdot X_{max}}{ny \cdot \sum X^2} \pm \frac{Mx \cdot Y_{max}}{nx \cdot \sum Y^2}$$

Dimana:

P = beban yang diterima oleh tiang pancang

$\sum V$ = jumlah total beban

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

Kontrol kemampuan tiang pancang:

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

$$P_{izin} < P$$

f. Perhitungan *pile cap*

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

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

1) Kontrol kekuatan geser secara kelompok

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

$$a. V_u = \frac{Pu}{\text{Jum Tiang}}$$

b. kuat geser pons dua arah untuk beton yang ditentukan dari nilai terkecil antara:

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

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

$$V_{c3} = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d$$

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

2) Perhitungan Tulangan Pile Cap

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

Dengan x adalah Jarak as tiang pancang ke tepi kolom

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

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

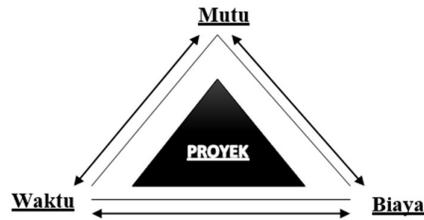
(ambil yang terbesar)

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

- Jarak tulangan :

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

2.7 Manajemen Proyek



Gambar 2. 27 Segitiga Manajemen Proyek

Ketiga variabel tersebut berkaitan dan saling mempengaruhi. Kualitas Mutu berkaitan dengan Biaya yang dikeluarkan, besar kecilnya biaya secara umum menunjukkan tinggi rendahnya mutu untuk suatu pekerjaan yang sama dengan spesifikasinya yang sama juga.

Manajemen konstruksi juga bisa dikatakan sebagai sebuah pengendalian atau pengawasan selama berlangsungnya proyek. Pengawasan harus dilakukan secara teratur agar mencapai suatu target yang diinginkan. Banyak hal yang harus dihindarkan saat proyek tersebut mulai terlaksana, seperti tidak terjadi kesalahan kesalahan yang tidak diinginkan, pembengkakan biaya yang berlebih, penggunaan mutu bahan dan kualitas pekerjaan yang buruk, keterlambatan dalam pekerjaan proyek.

2.7.1 Rencana Kerja dan Syarat – Syarat (RKS)

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

2.7.2 Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan merupakan jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada, dan dihitung dalam setiap jenis pekerjaan. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga keseluruhan dari pekerjaan – pekerjaan yang ada dalam suatu proyek.

2.7.3 Analisa Harga Satuan

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

2.7.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

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

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

2.7.5 Rencana Pelaksanaan

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

A. *Network Planning* (NWP)

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

1. Mengatur jalannya proyek.
2. Mengetahui pekerjaan mana yang harus didahulukan dan dapat diselesaikan tepat waktu.
3. Mengetahui apakah suatu kegiatan tergantung atau tidak dengan kegiatan lainnya
4. Sebagai rekaya *value engineering* sehingga dapat ditentukan metode kerja termurah dengan kualitas terbaik.
5. Sebagai persyaratan dokumen tender lelang proyek.

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

- a) Anak panah (*Arrow*); Kegiatan (*Activity*); *Job*

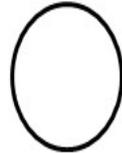
Anak panah ini menunjukkan bahwa hubungan antara kegiatan, demikian juga dicantumkan durasi. Sebuah anak panah mewakili suatu kegiatan. Awal busur dinyatakan sebagai permulaan kegiatan dan mata panah menunjukkan sebagai akhir kegiatan.



Gambar 2. 28 Anak Panah (*Arrow*)

- b) Lingkaran kecil (Node); Kejadian/Peristiwa (Even)

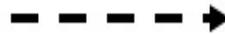
Lingkaran kecil merupakan awal atau ujung dari pertemuan satu atau lebih kegiatan – kegiatan (anak panah). *Node* dapat diberi nomor urut.



Gambar 2. 29 Lingkaran Kecil (*Node*)

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

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



Gambar 2. 30 Anak Panah Terputus – Putus (*Dummy*)

B. *Barchat* dan Kurva S

Barchat adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal dan kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat secara jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang.

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

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

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

Kurva “S” merupakan hasil plot dari *barchat* bertujuan untuk mempermudah untuk memahami kegiatan – kegiatan masuk dalam suatu jangka waktu pengamatan progress pelaksanaan proyek. Kurva S dapat menunjukkan kemampuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek.

Dengan kurva S ini dapat mengetahui progress pada setiap waktu. Progress tersebut dapat berupa rencana dan pelaksanaan. Untuk setiap *barchat* yang dilengkapi dengan progress dapat dibuat kurva s. Bentuk kurva s biasanya mempunyai kemiringan yang landai pada setiap permulaan dan tahap akhir dari pelaksanaan proyek. Kurva s diperlukan untuk menggambarkan progress pada momen tertentu. Rencana progress yang dibuat dalam kurva s merupakan referensi/kesepakatan dari semua pihak atas progress yang dihasilkan oleh kontraktor pada setiap momen waktu tertentu. Bila kurva dari rencana progress dan rencana dibandingkan maka akan dapat diketahui secara visual besarnya kecenderungan dari penyimpangan terjadi, apakah pelaksanaan lebih cepat atau lebih lambat dari rencana yang disepakati. Dengan mengetahui hal ini tentu dapat dimulai tindakan – tindakan koreksi sehingga pekerjaan dapat dilakukan sesuai dengan yang dikehendaki atau rencana.