

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Konstruksi bangunan merupakan kegiatan pembangunan yang dilakukan dengan teknik tertentu agar memenuhi syarat kuat, awet, indah, fungsional dan ekonomis yang bertujuan untuk kepentingan manusia dengan tujuan, biaya, dan waktu tertentu. (Rinto Wardana:2016).

Perancangan adalah proses untuk melakukan pemilihan informasi dan pembuatan asumsi-asumsi tentang kejadian di masa mendatang yang akan berpengaruh pada bangunan sehingga dapat direncanakan perhitungan yang aman bagi bangunan. Perancangan merupakan kegiatan yang sangat penting sebelum memulai suatu pelaksanaan proyek. Perancangan harus dilakukan dengan sangat detail dan teliti agar dapat terhindar dari kesalahan yang akan merugikan pelaksanaan proyek secara materil. Perancangan akan dikatakan baik bukan hanya saat dapat mengeliminasi kesalahan tetapi juga pada saat rancangan tersebut menghasilkan konstruksi yang baik, aman dan nyaman serta dapat mengefisienkan waktu dan efektif dalam pengoperasionalan tenaga kerja maupun peralatan kerja sehingga dapat menghasilkan mutu terbaik dan menghemat biaya.

Pada perancangan suatu konstruksi bangunan gedung diperlukan beberapa landasan teori berupa analisa struktur, ilmu tentang kekuatan bahan serta hal lainnya yang berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia. Ilmu teoritis tersebut tidaklah cukup karena analisa secara teoritis hanya berlaku pada kondisi struktur ideal. Sedangkan gaya-gaya yang dihitung hanya merupakan pendekatan dari keadaan yang sebenarnya atau yang diharapkan terjadi.

Untuk itu dalam melakukan sebuah proses perencanaan perlu ditetapkan kriteria-kriteria yang akan digunakan sebagai tolak ukur kelayakan pelaksanaan pembangunan, antara lain :

- a. Kemampuan layan (*serviceability*)
- b. Nilai efisiensi bangunan
- c. Pemilihan Konstruksi dan Metode pelaksanaan
- d. Biaya (*Cost*)

Terdapat tiga aspek yang perlu diperhatikan oleh seorang perencana dalam menganalisis struktur bangunan, yakni beban, kekuatan bahan dan keamanan struktur. Pada perancangan struktur gedung perlu dilakukan studi pustaka untuk mengetahui susunan fungsional dan sistem struktur yang akan digunakan serta bagaimana strategi yang digunakan agar tahap pelaksanaan struktur lebih efektif dan efisien.

Pada bab ini akan dibahas mengenai tata cara, langkah-langkah maupun teori-teori perhitungan yang memuat rumus perhitungan struktur mulai dari struktur atas yang meliputi konstruksi rangka atap, pelat atap, pelat lantai, tangga, balok, dan kolom sampai dengan perhitungan struktur bawah yang terdiri dari sloof dan pondasi. Studi pustaka bertujuan untuk mendapatkan informasi dan data yang akan membuat perancangan menjadi lebih akurat dan terarah.

2.2 Ruang Lingkup Perancangan

Ruang Lingkup perancangan konstruksi pada pembangunan Gedung Kuliah A Universitas Muhammadiyah Palembang ini meliputi beberapa tahapan yakni:

2.2.1 Perancangan Konstruksi

Perancangan pada sebuah konstruksi merupakan sebuah sistem yang harus dilakukan dengan tahapan-tahapan tertentu dengan teliti agar konstruksi yang dihasilkan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Terdapat ruang lingkup perancangan Pembangunan Gedung Kuliah A Universitas Muhammadiyah Palembang yang meliputi beberapa tahapan berikut ini, yaitu :

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

Pada tahap ini ahli struktur diharuskan untuk mampu berkomunikasi dengan baik dengan arsitek mengenai pemilihan komponen-komponen struktur yang penting, baik dimensi maupun posisinya sehingga ditemukan komposisi bangunan yang baik. Pada pertemuan pertama biasanya perancang akan datang dan membawa informasi mengenai:

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

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

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

2. Tahap Perencanaan

a. Perencanaan bentuk arsitektur bangunan

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

b. Perencanaan bentuk struktur bangunan

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

Struktur pada suatu bangunan harus bisa mencapai syarat struktur yang baik agar struktur tersebut bersifat kokoh, aman, dan stabil. Adapun struktur pada bangunan gedung terdiri dari beberapa elemen struktur, yaitu:

1. Struktur bagian atas (*upper structure*)

Struktur bangunan atas yang direncanakan harus mampu mewujudkan perancangan estetika dari segi arsitektur dan harus menjamin mutunya dan juga dari segi keamanannya bagi penggunanya. Untuk itu, bahan bangunan yang nantinya akan digunakan sebagai bahan dasar dari konstruksi hendaknya memenuhi kriteria sebagai berikut:

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

Adapun struktur atas dari suatu bangunan antara lain:

- a. Perhitungan Pelat Atap
- b. Perhitungan Pelat Lantai

- c. Perhitungan Tangga
- d. Perhitungan Portal
- e. Perhitungan Balok
- f. Perhitungan Kolom

2. Struktur bawah (*sub structure*)

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

- a. Perhitungan pondasi tiang pancang
- b. Perhitungan Tie Beam

2.2.2 Dasar-dasar Perhitungan

1. Pedoman Perencanaan

Dalam perancangan Pembangunan Gedung Kuliah A Universitas Muhammadiyah Palembang, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku dan buku-buku referensi yang telah ada. Disamping segi teknis yang menjadi landasan utama dalam merencanakan suatu bangunan, segi-segi lainnya tidak bisa ditinggalkan begitu saja. Faktor fungsi, ekonomi, sosial, lingkungan dan sebagainya tidak kalah pentingnya bila dibandingkan dengan segi teknis konstruksi dalam perencanaan suatu bangunan. Untuk memenuhi hal tersebut, kita harus berpedoman pada syarat-syarat yang telah ditentukan baik dari segi teknis itu sendiri maupun yang lainnya. Adapun pedoman dan peraturan yang digunakan diantaranya :

- a. SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan penjelasan sebagai revisi dari SNI 2847:2013 tentang

Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung oleh Badan Standarisasi Nasional.

- b. SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain. Didalamnya memuat peraturan mengenai beban-beban minimum yang digunakan dalam merancang bangunan gedung dan struktur lain oleh Badan Standarisasi Nasional.
- c. Persyaratan Perancangan Geoteknik Berdasarkan SNI 8460:2017 oleh Badan Standarisasi Nasional.

2. Tuntutan dan ketentuan umum perencanaan

Tuntutan atau ketentuan umum dalam perencanaan gedung yang harus kita perhatikan antara lain :

- a. Konstruksi harus aman, kokoh, kuat, baik terhadap pengaruh cuaca, iklim, maupun terhadap pengaruh lainnya
- b. Bangunan harus benar-benar dapat berfungsi menurut penggunaannya
- c. Ditinjau dari segi biaya, bangunan harus seekonomis mungkin dengan catatan tidak boleh mengurangi kekuatan konstruksi, sehingga tidak membahayakan bangunan dan keselamatan pengguna bangunan.
- d. Dengan merencanakan bangunan ini, kita usahakan jangan sampai membahayakan atau merugikan lingkungan, baik ketika masih dalam taraf pengerjaan maupun setelah bangunan itu digunakan atau selesai dikerjakan.

3. Jenis Pembebanan

Dalam merencanakan struktur bangunan bertingkat, digunakan struktur yang mampu mendukung berat sendiri, beban angin, beban hidup, maupun beban khusus yang bekerja pada struktur bangunan

tersebut. Beban-beban yang bekerja pada stuktur dihitung menurut SNI 1727-2020. Beban-beban tersebut adalah :

a. Beban Mati

Beban Mati adalah berat semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan darigedung.

Beban sendiri dari bahan-bahan bangunan penting dan dari beberapa komponen gedung ini, seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel 2. 1 Berat Sendiri Bahan Bangunan Gedung

Bahan Bangunan	Berat Sendiri
Baja	7.850 kg/m ³
Batu alam	2.600 kg/m ³
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1.500 kg/m ³
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m ³
Batu pecah	1.450 kg/m ³
Besi tuang	7.250 kg/m ³
Beton	2.200 kg/m ³
Beton bertulang	2.400 kg/m ³
Kayu (Kelas 1)	1.000 kg/m ³
Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa ayak)	1.650 kg/m ³
Pasangan bata merah	1.700 kg/m ³
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2.200 kg/m ³
Pasangan batu cetak	2.200 kg/m ³
Pasangan batu karang	1.450 kg/m ³
Pasir (kering udara sampai lembab)	1.600 kg/m ³

Pasir (jenuh air)	1.800 kg/m ³
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1.850 kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1.700 kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000 kg/m ³
Timah hitam (timbel)	11.400 kg/m ³

(Sumber : Standar Nasional Indonesia 1727:2020)

Tabel 2. 2 Berat Sendiri Komponen Bangunan Gedung

Adukan per cm tebal:	
- Dari semen	21 kg/m ³
- Dari kapur, semen merah atau tras	17 kg/m ³
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral tambahan, per cm tebal	14 kg/m ³
Dinding pasangan batu merah	
- Satu batu	450 kg/m ³
- Setengah batu	250 kg/m ³
Dinding pasangan batako berlubang	
- Tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m ³
- Tebal dinding 10 cm (HB 10)	120 kg/m ³
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari:	
- Semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m ³
- Kaca, dengan tebal 3-4 mm	120 kg/m ³
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m ³	7250 kg/m ³
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,8 m	2200 kg/m ³
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	2400 kg/m ³
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso, per m ² bidang atap	1000 kg/m ³
Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng	1650 kg/m ³
Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	1700 kg/m ³
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	2200 kg/m ³

(Sumber : Standar Nasional Indonesia 1727:2020)

b. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian dan penggunaan gedung tersebut serta kedalamannya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat dipindahkan, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khususnya pada atap yang dikategorikan beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh butiran air.

Tabel 2. 3 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, Lo 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)	60 (2,87)	
- Lobi	100 (4,79)	
- Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	
- Panggung pertemuan	100 (4,79)	
- Lantai podium	150 (7,18)	
	100 (4,79)	
- Tribun penonton stadion arena dengan kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	
- Ruang pertemuan lainnya	100 (4,79)	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani.	

	Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79) kN/m ²	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor - Lantai pertama - Lantai lain	100 (4,79) sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in x 2 in (50 mm x 50 mm))	-	300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in x 1 in (25 mm x 25 mm))	-	200 (0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran - Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	
Tangga permanen	Lihat pasal 4.5	
Garasi/parkir Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92) Lihat pasal 4.10.2	
Susunan tangga, rel pengaman dan batang pegangan	Lihat pasal 4.5.1	
Helipad (lihat pasal 4.11) Helikopter dengan berat lepas landas sebesar 3.000 lb (13,35 kN) atau kurang Helikopter dengan berat lepas landas lebih dari 3.000 lb (13,35 kN)	40 (1,92) 60 (2,87)	
Rumah sakit - Ruang operasi, laboratorium - Ruang pasien - Koridor diatas lantai pertama	60 (2,87) 40 (1,92) 80 (3,83)	1000 (4,45) 1000 (4,45) 1000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		

<ul style="list-style-type: none"> - Ruang baca - Ruang penyimpanan - Koridor diatas lantai pertama 	60 (2,87) 150 (7,18) 80 (3,83)	1000 (4,45) 1000 (4,45) 1000 (4,45)
Pabrik <ul style="list-style-type: none"> - Ringan - Berat 	125 (6,00) 250 (11,97)	2000 (8,90) 3000 (13,35)
Gedung perkantoran Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian <ul style="list-style-type: none"> - Lobi dan koridor lantai pertama - Kantor - Koridor diatas lantai pertama 	100 (4,79) 50 (2,40) 80 (3,83)	2000 (8,90) 2000 (8,90) 2000 (8,90)
Lembaga hukum <ul style="list-style-type: none"> - Blok sel - Koridor 	40 (1,92) 100 (4,79)	
Tempat rekreasi <ul style="list-style-type: none"> - Tempat bowling, kolam renang, dan penggunaan yang sama - Ruang dansa dan <i>ballroom</i> - Gimnasium 	75 (3,59) 100 (4,79) 100 (4,79)	
Rumah tinggal Hunian (satu keluarga dan dua keluarga) <ul style="list-style-type: none"> - Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang - Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang - Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur - Semua orang kecuali tangga dan balkon 	10 (0,48) 20 (0,96) 30 (1,44) 40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya <ul style="list-style-type: none"> - Ruang pribadi dan koridornya - Ruang publik - Koridor ruang publik 	40 (1,92) 100 (4,79) 100 (4,79)	

<p>Atap Atap datar, berbubungan, dan lengkung Atap digunakan untuk penghuni</p>	<p>20 (0,96) Sama seperti hunian dilayani 100 (4,70)</p>	
<p>Atap untuk tempat berkumpul Atap vegetatif dan atap lansekap Atap bukan untuk hunian Atap untuk tempat berkumpul Atap untuk penggunaan lainnya</p>	<p>20 (0,96) 100 (4,79) Sama dengan penggunaan yang dilayani</p>	
<p>Awning dan kanopi</p>	<p>5 (0,24)</p>	
<p>Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan Rangka tumpu layar penutup</p>	<p>5 (0,24)</p>	<p>200 (0,89)</p>
<p>Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai Titik panel tunggal dari batang bawah Rangka atap atau setiap titik sepanjang Komponen struktur utama yang Mendukung atap diatas pabrik, gudang, Dan perbaikan garasi. Semua komponen struktur atap utama lainnya. Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan</p>	<p>5 (0,24) tidak boleh direduksi 5 (0,24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan Luas tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka</p>	<p>2000 (8,9) 300 (1,33) 300 (1,33)</p>
<p>Sekolah - Ruang kelas - Koridor diatas lantai pertama - Koridor lantai pertama</p>	<p>20 (0,96) 40 (1,92) 80 (3,83) 100 (4,79)</p>	<p>1000 (4,5) 1000 (4,5) 1000 (4,5)</p>

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 - Rumah tinggal untuk satu keluarga dan dua keluarga	100 (4,79) 40 (1,92)	300 300
Gudang diatas langit-langit Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan kepengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat) - Ringan - Berat	20 (0,96) 125 (6,00) 250 (11,97)	
Toko eceran - Lantai pertama - Lantai diatasnya Grosir, disemua lantai	100 (4,79) 75 (3,59) 125 (6,00)	1000 (4,45) 1000 (4,45) 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 faktor beban untuk beban hidup / live load (L) ialah 1,6 dan beban mati/dead load (D) sebesar 1,2. Berikut standar dalam 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 :

- $U = 1,4D$
- $U = 1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
- $U = 1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$
- $U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
- $U = 1,2D + 1,0E + 1,0L$
- $U = 1,2D + 1,0W + 1,0L$
- $U = 0,9D + 1,0W$
- $U = 0,9D + 1,0E$

Adapun beberapa catatan tambahan untuk beban kombinasi, diantaranya :

1. Nilai faktor beban untuk L dalam persamaan 1.5, 1.6, 1.7 dapat direduksi menjadi 0,5L. Jika nilai L tidak lebih besar daripada $4,8 \text{ kN/m}^2$ atau kg/m^2 disamping itu faktor tersebut tidak boleh direduksi untuk area garasi atau area tempat publik.
2. Untuk struktur yang memikul beban fluida, maka unsur beban fluida tersebut dapat dimasukkan dalam persamaan 1.3 hingga 1.7 dan 1.9 dengan faktor beban yang sama dengan faktor beban untuk beban mati. Jika ada pengaruh tekanan tanah lateral (H), maka ada tiga kemungkinan berikut :
 - a. Apabila H bekerja sendiri atau menambah efek dari beban-beban lain maka H harus dimasukkan dalam kombinasi pembebanan dengan faktor beban sebesar 1,6.

- b. Apabila H permanen dan bersifat melawan pengaruh dari beban-beban lain, maka H harus dimasukkan dalam kombinasi pembebanan dengan faktor beban sebesar 1,9.
- c. Apabila H tidak permanen, namun pada saat H bekerja mempunyai sifat melawan beban-beban lainnya, maka beban H boleh tidak dimasukkan dalam kombinasi pembebanan.

2.3 Metode Perhitungan Struktur

Pada penyelesaian perhitungan untuk bangunan untuk bangunan Gedung Kuliah 3 Lantai Palembang, penulis mengambil acuan pada referensi yang berisi mengenai peraturan dan tata cara perancangan bangunan gedung, seperti berikut:

2.3.1 Perancangan Pelat Atap dan Pelat Lantai

Pelat adalah suatu elemen horizontal utama yang berfungsi untuk menyalurkan beban hidup, baik yang bergerak maupun yang statis ke elemen pemikul beban vertikal, yaitu balok, kolom, maupun dinding (Setiawan,2016).

Adapun struktur pelat pada suatu gedung terdapat dua jenis yaitu pelat atap dan pelat lantai. Hal yang membedakan perancangan pelat atap dan pelat lantai adalah pelat atap merupakan struktur yang tidak terlindungi dan memiliki ketebelan selimut beton yang lebih besar dibandingkan dengan struktur pelat lantai. Perbedaan antara pelat atap dan pelat lantai juga terletak pada beban yang dipikul, dimana beban yang bekerja pada pelat atap lebih kecil dibandingkan dengan pelat lantai. Beban pada pelat atap hanya terdiri dari beban mati sendirinya plat atap dan beban hujan, sementara pada pelat lantai selain beban mati sendirinya, pelat lantai juga diberi beban dinding dan beban hidup yang sesuai dengan penggunaan ruang yang berada pada atasnya.

Beban beban yang bekerja pada pelat atap dan pelat lantai adalah :

1. Beban mati (W_D)

- Beban sendiri pelat atap
- Beban akibat beban mortal (adukan semen) dan penutup lantai

2. Beban hidup (W_L)

Beban hidup untuk pelat atap diambil sebesar 0,96 KN/m² dan untuk pelat lantai diambil 1,92 KN/m² (berdasarkan SNI 1727:2020 Beban Hidup Untuk gedung Sekolah). Pelat dibagi kedalam dua klasifikasi, yaitu pelat satu arah (*one way slab*) dan pelat dua arah (*two way slab*).

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

1. Pelat satu arah

Pelat dengan tulangan pokok satu arah ini akan dijumpai jika pelat beton lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja.

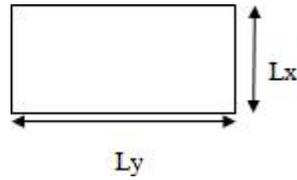
2. Pelat dua arah

Pelat dengan tulangan pokok dua arah ini akan dijumpai jika pelat beton menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang dua arah. Adapun pelat yang akan ditinjau dalam perancangan Gedung Kuliah A Universitas Muhammadiyah Palembang adalah pelat dua arah (*Two Way Slab*).

Dalam perencanaan struktur pelat dua arah, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

a. Menghitung tebal minimum pelat

- Identifikasi jenis plat dengan syarat yaitu, $\frac{l_y}{l_x} \leq 2$, adapun l_y sebagai sisi plat terpanjang dan l_x sebagai sisi terpendek.



Gambar 2.1 Pelat Dua Arah

- Untuk plat tanpa balok interior yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya yang memiliki rasio bentang panjang terhadap bentang pendek maksimum 2, tebal minimum h tidak boleh kurang dari batasan pada tabel berikut :

Tabel 2. 4 Ketebalan minimum plat dua arah tanpa balok dalam

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	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

(Sumber: Standar Nasional Indonesia 2847:2019 Tabel 8.3.1.1)

Pelat tanpa penebalan, tebal pelat minimum 125 mm

Pelat dengan penebalan, tebal pelat minimum 100 mm

- Untuk plat dua arah dengan balok di antara tumpuan di semua sisi, ketebalan plat keseluruhan h harus memenuhi batasan berikut:

1. Untuk $0,2 \leq \alpha_{fm} \leq 2,0$ tebal pelat minimum adalah :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$$

Dan tidak boleh kurang dari 125 mm

2. Untuk $\alpha_{fm} > 2,0$ tebal pelat minimum adalah :

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

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

- b. Menghitung α_m masing masing panel

$$\alpha_1 = \frac{l_{balok}}{l_{pelat}}$$

untuk $\alpha_m < 2,0$ tebal pelat minimum adalah 125 mm untuk
 $\alpha_m > 2,0$ tebal pelat minimum adalah 90 mm.

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

$$W_U = 1,2W_{DL} + 1,6W_{LL}$$

W_U = Jumlah beban terfaktor (KN/m)

W_L = Jumlah beban hidup pelat (KN/m)

W_D = Jumlah beban mati pelat (KN/m)

- d. Menghitung momen rencana (M_u)

Menghitung momen yang bekerja pada arah x dan y, dengan metoda koefisien momen pelat

Tabel 2. 5 Momen Pelat Dua Arah Akibat Beban Terbagi Merata

Kondisi Pelat		Nilai Momen Pelat	Perbandingan Ly/Lx																
			1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	>2,5
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125	
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	32	32	25	
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83	83	
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	21	25	28	31	34	36	37	38	40	40	41	41	41	42	42	42	42	
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	11	10	10	8	
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	68	77	85	92	98	103	107	111	113	116	118	119	120	121	122	122	125	
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	28	33	38	42	45	48	51	53	55	57	58	59	59	60	61	61	63	
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	28	28	28	27	26	25	23	23	22	21	19	18	17	17	16	16	43	
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	68	72	74	76	77	77	78	78	78	78	79	79	79	79	79	79	79	
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	22	28	34	42	49	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125	
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	32	35	37	39	40	41	41	41	41	40	39	38	37	36	35	35	25	
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	70	79	87	94	100	105	109	112	115	117	119	120	121	122	123	123	125	
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84	84	84	83	83	83	83	83	
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	32	34	36	38	39	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42	
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	8	
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	31	38	45	53	60	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125	
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	37	39	41	41	42	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	25	
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	84	92	99	104	109	112	115	117	119	121	122	122	123	123	124	124	125	
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	84	92	98	103	108	111	114	117	119	120	121	122	122	123	123	124	125	
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	37	41	45	48	51	53	55	56	56	59	60	60	60	61	61	62	63	
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	13	
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	55	65	74	82	89	94	99	103	106	110	114	116	117	118	119	120	125	
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	21	26	31	36	40	43	46	49	51	53	55	56	57	58	59	60	63	
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	26	27	28	28	27	26	25	23	22	21	21	20	20	19	19	18	13	
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	60	65	69	72	74	76	77	78	78	78	78	78	78	78	78	79	79	
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	60	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83	
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	26	29	32	35	36	38	39	40	40	41	41	42	42	42	42	42	42	
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	11	11	10	10	10	10	8	
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	55	57	57	57	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57

Catatan:
 = Terletak bebas
 = Terjepit penuh

(Sumber : PBI 1971)

e. Mencari tebal efektif pelat

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

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

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

Dalam suatu struktur beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk besi tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

Tabel 2. 6 Tebal Minimum Selimut Beton

	Tebal Selimut Beton (mm)
Beton yang di cor di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca.	50
- Batang tulangan D-19 hingga D-57.....	40
- Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil.....	
Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah:	
- Slab, dinding, balok usuk:	
Batang tulangan D-44 dan D-57.....	40
Batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil.....	20
- Balok, kolom:	
Tulangan utama, pengikat, sengkang, spiral.....	40
- Komponen struktur cangkang, pelat lipat:	
Batang tulangan D-19 dan yang lebih besar.....	20
Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil.....	13

(Sumber : Standar Nasional Indonesia 2847:2019 Tabel 7.7.1)

f. Menghitung faktor panjang efektif komponen struktur tekan kperlu

$$k_{perlu} = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d \cdot e f f^2}$$

g. Menentukan rasio penulangan (ρ)

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

Keterangan :

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

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

d = Tinggi efektif (mm)

ϕ = Faktor reduksi rencana (*Sumber SNI 2847-2019:468*)

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

- Jika $\rho < \rho_{min}$, maka menggunakan ρ_{min} dan As yang digunakan As_{min} . ρ_{min} untuk pelat lantai adalah 0,0018 (*SNI 2847:2019*).
- Jika $\rho > \rho_{maks}$, maka pelat dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang.

h. Menghitung luas tulangan (As) yang diperlukan :

$$As_{pakai} = \rho_{pakai} \cdot b \cdot d$$

$$As_{minimum} = 0,0020 \times b \times h$$

(diambil 0,0020 karena tulangan dipakai jenis tulangan ulir)

Menurut SNI 2847:2019 Pasal 7.12.2.1 luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014 :

- Slab yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 280 atau 350. ($As = 0,0020$);

- b. Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420. ($A_s = 0,0020$);
- c. Slab yang menggunakan tulangan dengan tulangan leleh melebihi 420 Mpa yang ditukar pada regangan leleh sebesar 0,35 persen. ($A_s = \frac{0,0020 \times 420}{f_y}$)

Keterangan :

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

ρ = rasio penulangan

d = tinggi efektif pelat (mm)

2.3.2 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan salah satu bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai alat penghubung lantai bawah dengan lantai yang ada di atasnya pada bangunan bertingkat dalam kegiatan tertentu. Tangga berfungsi sebagai jalur transportasi antar tingkat vertikal atau antar lantai.

Pada prinsipnya, suatu tangga harus memenuhi dua persyaratan, yaitu :

1. Mudah dilihat
2. Mudah dipergunakan. Menurut Djojowiriono (1984), penentuan sudut kemiringan tangga ini bergantung pada fungsi/keperluan tangga yang akan dibangun. Sebagai pedoman diambil ketentuan berikut:
 - a. Untuk tangga mobil masuk garasi, diambil sudut maksimal 12,5° atau dengan kemiringan 1:4,5
 - b. Untuk tangga diluar bangunan, diambil sudut 20° atau kemiringan 1:2,75
 - c. Untuk tangga perumahan dan bangunan gedung pada umumnya, diambil sudut kemiringan 30 ° sampai dengan 35 ° atau dengan kemiringan 1:1,7 sampai 1:1,4

- d. Untuk tangga dengan sudut kemiringan sama atau lebih besar dari 41° , disebut tangga curam.

Komponen atau bagian-bagian utama dari tangga beton bertulang beserta fungsinya meliputi 4 macam, yaitu :

1. Beban/pelat tangga, digunakan sebagai sarana lalu lintas naik-turun antar lantai.
2. Bordes, digunakan sebagai tempat berhenti sementara bagi pejalan yang merasa lelah pada saat melewati tangga.

Untuk menentukan panjang bordes (L) dapat dihitung sebagai berikut :

$$L = ln + a.s.d.2a$$

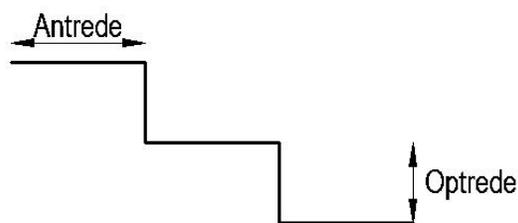
Keterangan:

L = panjang tangga

ln = ukuran satu langkah normal datar

a = antrede

3. Anak tangga, digunakan sebagai tempat kaki berpijak ketika melalui tangga. Anak tangga terdiri dari dua bagian:
 - a. Antrede, yaitu anak tangga dan pelat tangga dibidang horizontal yang merupakan bidang pijak telapak kaki.
 - b. Optrede, yaitu selisih tinggi antara dua buah anak tangga yang berurut.



Gambar 2. 2 Anak Tangga

Ketentuan-ketentuan konstruksi antrede dan optride, antara lain :

a. Untuk bangunan rumah tinggal

- Antrede = 25 cm (minimum)
- Optrede = 15 - 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 1 (satu) anak tangga

$$2 \text{ optrede} + 1 \text{ antrede} = 57 - 65 \text{ cm (untuk 1 langkah)}$$

d. Sudut kemiringan

a. Maksimum = 45°

b. Minimum = 25°

4. Sandaran digunakan sebagai pegangan agar lebih aman dapat melewati tangga. Agar tangga dapat digunakan/dilalui dengan mudah, nyaman, dan tidak melelahkan, maka ukuran anak tangga perlu diperhitungkan dengan mengingat beberapa pertimbangan berikut:

- a. Jarak satu langkah orang berjalan, berkisar antara 57 cm sampai dengan 65 cm.
- b. Pada saat orang berjalan, tenaga untuk mengangkat kaki diperlukan dua kali lipat daripada tenaga untuk memajukan kaki.
- c. Semakin kecil sudut kemiringan, semakin sulit untuk dilalui/didaki

Adapun langkah-langkah dalam merancang tangga adalah sebagai berikut :

a. Menentukan ukuran atau dimensi anak tangga,

- Menentukan perkiraan tinggi optride 15 cm – 20 cm

- Jumlah optride = $\frac{\text{tinggi tangga}}{\text{ukuran optride}}$
- Optride sebenarnya = $\frac{\text{tinggi tangga}}{\text{jumlah optride}}$
- Ln/1 langkah (57 – 65 cm)
 - 2 Optride + 1 Antride = Ln/1 langkah
- Sudut Kemiringan Tangga, $\text{arc tan } \theta = \frac{\text{Optride}}{\text{Antride}}$
- Tebal Pelat dan Bordes, $h_{\text{min}} = \frac{L}{20} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$

b. Menentukan beban dan momen tangga

- Beban mati (W_D)
 1. Berat sendiri bordes
 2. Berat pelat tangga
 3. Berat anak tangga
 4. Berat penutup lantai dan spesi
 5. Berat sandaran tangga
- Beban hidup (W_L)
 - Beban hidup yang bekerja pada tangga

c. Menghitung gaya-gaya bekerja dengan menggunakan program SAP2000.
V.14

d. Perhitungan tulangan tangga dari bordes:

- Menghitung tinggi efektif (d_{eff})
 - $d = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \cdot \phi \cdot \text{tulangan pokok}$
- Menentukan rasio penulangan (ρ)
 - Syarat = $\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}}$
- Menghitung luas penampang tulangan (A_s) menggunakan rumus:
 - $A_s = \rho \cdot b \cdot d_{\text{eff}}$

Keterangan :

A_s = luas penampang tulangan (mm^2)

ρ = rasio penulangan

d_{eff} = tinggi efektif (mm)

Menurut SNI 2847:2019 Pasal 7.12.2.1 luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014 :

- a. Slab yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 280 atau 350. ($A_s = 0,0020$);
- b. Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420. ($A_s = 0,0018$);
- c. Slab yang menggunakan tulangan dengan tulangan leleh melebihi 420 Mpa yang ditukar pada regangan leleh sebesar 0,35 persen. ($A_s = \frac{0,0018 \times 420}{f_y}$)

Keterangan :

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

ρ = rasio penulangan

d = tinggi efektif pelat (mm)

2.3.3 Perencanaan Balok Anak

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

1. Menentukan dimensi balok, mutu beton dan mutu baja yang akan digunakan.

2. Menghitung pembebanan yang terjadi pada balok anak untuk kemudian di proses menggunakan program SAP2000 14 untuk mendapatkan gaya dalamnya.
3. Menentukan momen dan gaya geser maksimum berdasarkan dari hasil analisa menggunakan program SAP2000 14.
4. Menghitung tulangan lapangan dan tumpuan

a. Mencari nilai ρ

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

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

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4.MU}{1,7 \cdot \phi \cdot f_c' \cdot b \cdot d_{eff}^2}} \right]$$

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05(f_c' - 28)}{7}$$

$$\rho_{maks} = \left[\frac{0,003 + \frac{f_y}{E_s}}{0,008} \right] \left[0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \right]$$

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

Dimana:

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

b = Lebar penampang (mm)

d_{eff} = Tinggi efektif (mm)

ϕ = Faktor reduksi rencana 0,9 (Sumber SNI-2847-2019, 469)

E_s = Modulus elastisitas baja tulangan (Mpa)

b. Menghitung A_s yang diperlukan

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

Dimana:

A_s = luas penampang (mm^2)

ρ = rasio penulangan

b = lebar penampang (mm)

d_{eff} = tinggi efektif (mm)

- c. Menentukan diameter tulangan yang dipakai dengan syarat A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan
- d. Lakukan pemeriksaan akhir, $\phi M_n > M_u$

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

$$\phi M_n = \phi \cdot A_s \cdot F_y \left(d_{\text{eff}} - \frac{a}{2} \right)$$

Dimana:

A_s = luas penampang (mm²)

b = lebar penampang (mm)

d_{eff} = tinggi efektif (mm)

ϕ = Faktor reduksi rencana 0,9 (Sumber SNI-2847-2019, 469)

5. Menghitung 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 V_c dari persamaan :

$$V_c = (0,17 \lambda \sqrt{f_c}) b_w \cdot d$$

(SNI 2847 : 2019 hal 190)

- c. Periksa nilai V_u

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

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

- Jika $V_u > \phi V_c$, tulangan geser harus disediakan langkah berikutnya.

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

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s \quad \text{atau} \quad V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

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

(Agus Setiawan, hal 99)

e. Luas minimum tulangan geser adalah :

$$A_{v_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{b \cdot S}{f_y}$$

$$A_{v_1} = 2 \times \frac{1}{4} \pi d^2$$

f. Hitung nilai V_{c1} dan V_{c2} dengan menggunakan persamaan berikut :

- $V_{c1} = 0,33 \sqrt{f_c} b_w \cdot d \rightarrow$ Maka, $S = d/2$ atau 600 mm

- $V_{c2} = 0,66 \sqrt{f_c} b_w \cdot d \rightarrow$ Maka, $S = d/4$ atau 300 mm

Apabila V_s lebih kecil dari V_{c1} , maka proses desain dapat dilakukan ke langkah berikutnya. Namun bila V_s lebih besar dari V_{c1} maka ukuran penampang harus diperbesar.

g. Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan berikut :

$$S = \frac{A_{v_1}}{A_{v_{\min}}} \times 1000$$

h. Tentukan jarak maksimum tulangan sengkang sesuai dengan persyaratan dalam SNI-2847-2019. Jarak maksimum tersebut diambil dari nilai terkecil antara s_1 dan s_2 berikut ini :

$$-S_2 = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm, jika } V_s \leq V_{c1} = 0,33 \sqrt{f_c} b_w.d$$

$$-S_2 = \frac{d}{4} \leq 300 \text{ mm, jika } V_{c1} < V_s \leq V_{c2} = 0,66 \sqrt{f_c} b_w.d$$

S_{maks} dipilih dari nilai terkecil

Jika nilai S_1 yang dihitung lebih kecil dari S_{maks} , maka gunakan S_1 sebagai jarak tulangan sengkang dan jika S_1 yang dihitung lebih besar dari S_{maks} , maka gunakan S_{maks} sebagai jarak tulangan sengkang.

2.3.4 Perencanaan Portal

Portal adalah salah satu sistem kontruksi yang terdiri dari bagian – bagian bangunan yang saling terhubung satu sama lain. Beberapa portal dapat berdiri sendiri baik dibantu sistem struktur lantai ataupun tanpa bantuan dari struktur lain. Fungsi utama dari portal ini adalah untuk menahan beban struktur yang bekerja pada suatu bangunan sebagai satu kesatuan yang lengkap.

Portal terbagi menjadi dua macam yaitu portal terbuka dan portal tertutup.

1. Portal terbuka, dalam portal terbuka semua gaya dan momen yang bekerja pada struktur bangunan disokong sepenuhnya oleh pondasi. Peran sloof hanyalah menahan beban dinding saja. Tingkat kekuatan dan kekakuan pada portal terbuka dalam menanggung beban lateral serta kestabilan juga bergantung pada daya kekuatan setiap elemen – elemen yang menyusunnya.
2. Portal tertutup, memiliki prinsip kerja untuk menahan seluruh gaya dan momen yang bekerja menggunakan sloof terlebih dahulu untuk kemudian gaya dan momen tersebut disamaratakan setelah itu bagian dari total beban ini akan diteruskan ke pondasi. Sloof / *Tie Beam* pada struktur ini memiliki kegunaan untuk mengikat kedudukan kolom – kolom bangunan itu sendiri.

Adapun perencanaan portal akibat beban mati dan beban hidup adalah sebagai berikut :

a. Portal akibat beban mati

Portal ini ditinjau pada arah memanjang dan melintang. Langkah-langkah menentukan pembebanan pada portal adalah sebagai berikut :

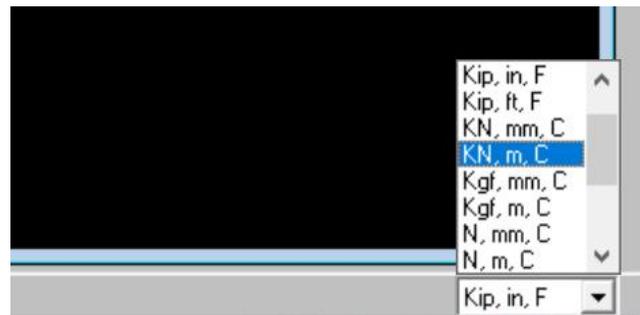
- Beban sendiri balok dapat dihitung otomatis di SAP2000
- Beban sumbangan dari pelat
- Berat pasangan dinding (jika ada)

b. Portal akibat beban hidup

Beban hidup yang digunakan yaitu berat beban hidup sumbangan dari pelat dan harus sesuai dengan peraturan SNI-1727-2013 tentang pembebanan gedung dengan berdasarkan fungsi gedung yang akan digunakan.

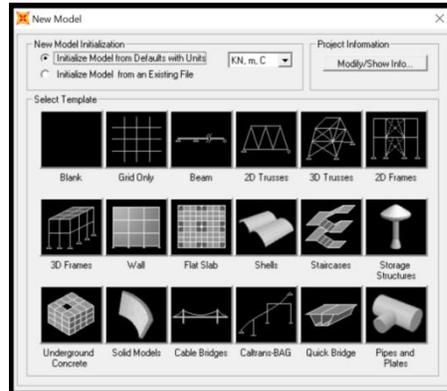
Adapun langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan metode SAP2000 14 yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

1. Buat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup
 - a. Tetapkan satuan yang akan dipakai misalkan kN, m, c yang ada diujung bawah kanan.



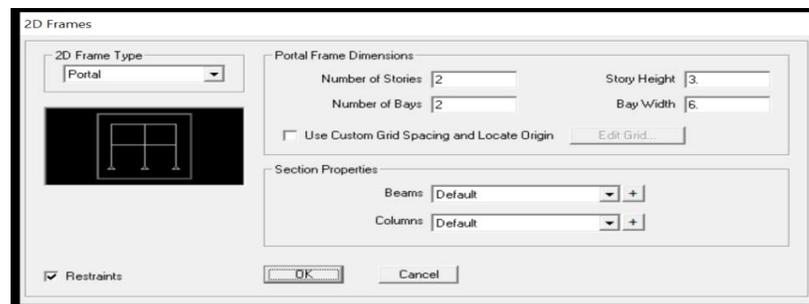
Gambar 2.3 Tampilan Satuan

- b. Klik file lalu pilih **New Model** atau **CTRL + N**



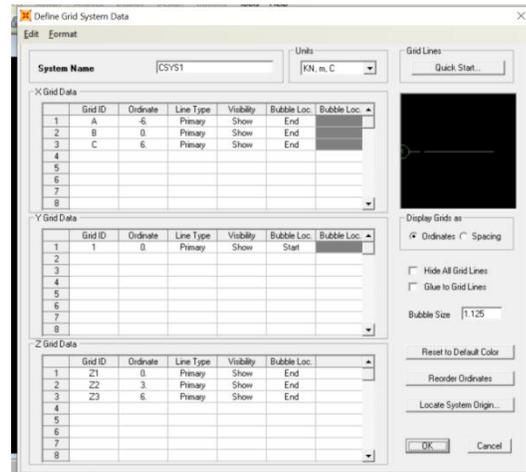
Gambar 2.4 Tampilan New Model

- c. Pilih model template *2D Frames*. Isi *Number of stories*, *story height*, *number of bays* dan *bay width*, masukan sesuai data-data perencanaan. Kemudian klik ok



Gambar 2.5 Tampilan 2D Frames

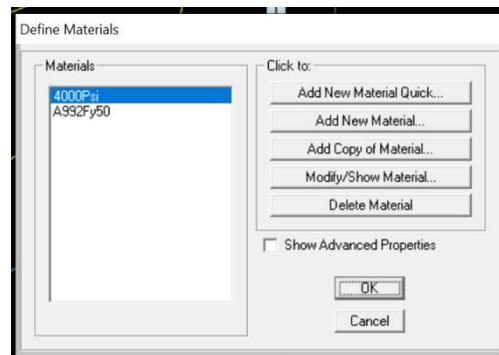
- d. Untuk mengatur kembali jarak-jarak pada portal. Dapat dilakukan dengan cara pilih *Custom Grid Spacing and Locate Origin* yang ada pada tampilan *2D Frames* lalu klik edit grid. Maka akan muncul tampilan *Define Grid System Data*. Setelah itu dapat dilakukan sesuai dengan jarak portal data perencanaan yang ada dan sesuai arah x, z.



Gambar 2.6 Define Grid System Data

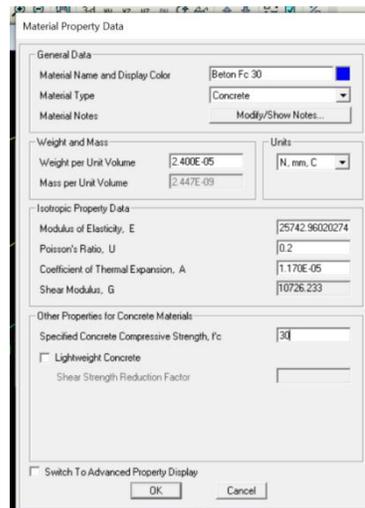
2. Memasukkan Material

- a. Klik *Define* pada Toolbar lalu *Materials* maka akan muncul jendela *Define Materials*.



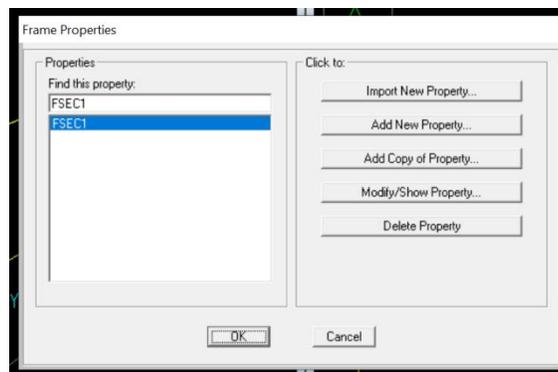
Gambar 2.7 Tampilan Define Materials

- b. Pilih *Add New Material*, akan muncul tampilan *Material Property Data*. Ubah nama material, lalu isi *Material Type* dengan pilih *Concrete*, ganti nilai *Weight per Unit Volume* terlebih dahulu dengan nilai 24 kN,m (nilai berat jenis beton) lalu baru ubah satuannya ke N, mm, c. Ubah nilai *Modulus of Elasticity (E)* dengan rumus $4700 \times \sqrt{F_c}^{0.5}$. Ubah rasio (U) 0,2 lalu untuk *Specified Concrete Compressive Strength (fc)* diisi sesuai F_c yang direncanakan.



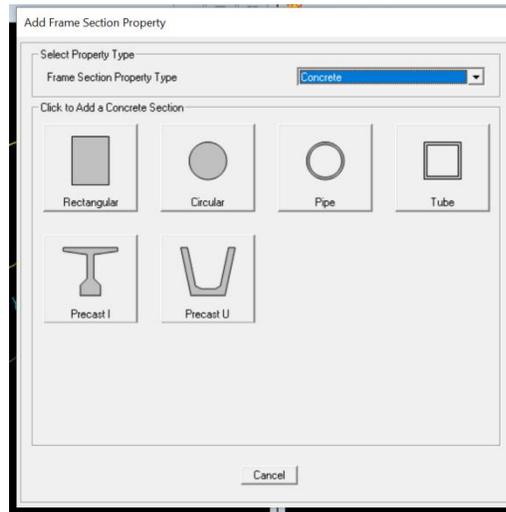
Gambar 2.8 Tampilan *Material Property Data*

3. Memasukkan nilai dimensi kolom dan balok
 - a. Klik *Define* lalu *Section Properties* pilih *Frame Section*, setelah itu akan tampil *Frame Properties* seperti pada Gambar 2.9.



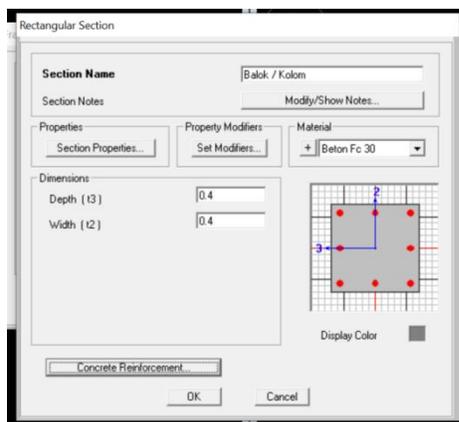
Gambar 2.9 Tampilan *Frame Properties*

- b. Klik *Add New Property*, nanti akan muncul tampilan *Add Frame Election Property*. Pada *Select Property Type* ganti *Frame Section Property Type* menjadi *Concrete*. Lalu pilih *Rectangular* pada *click to add a concrete section*.



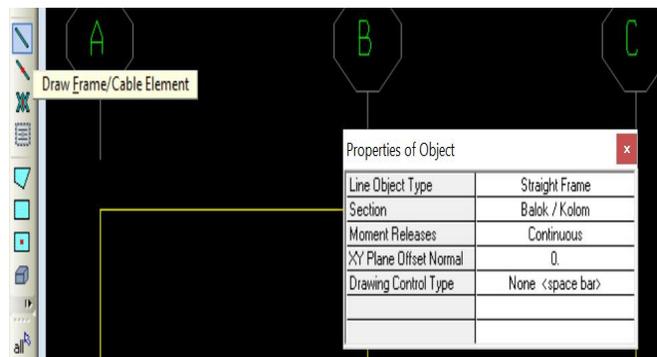
Gambar 2.10 Tampilan *Add Frame Section Property*

- c. Maka akan muncul tampilan seperti Gambar 2.11. Ganti *Section Name* dengan nama Balok beserta ukurannya (untuk balok), Kolom beserta ukurannya (untuk kolom). Ganti material dengan material yang sudah di buat. Ganti ukuran tinggi (*Depth*) dan lebar (*Width*) sesuai dengan ukuran Balok/Kolom yang direncanakan. Klik *Concrete Reinforcement*, klik *Column* (untuk kolom), *Beam* (untuk balok) lalu klik OK.



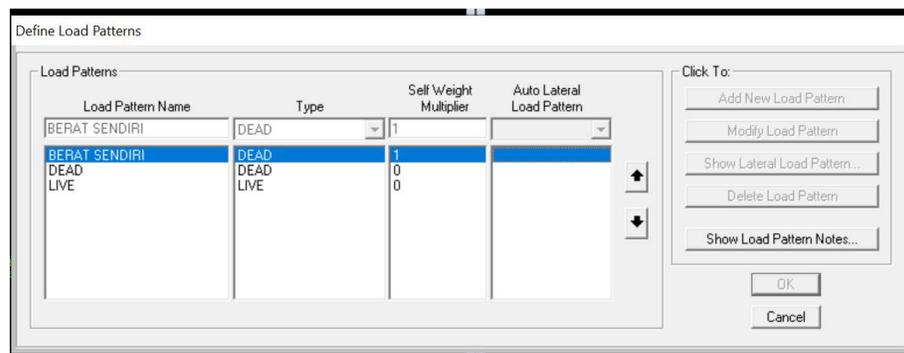
Gambar 2.11 Tampilan *Rectangular Section*

- d. Untuk menentukan *frame* balok atau kolom tersebut yaitu dengan cara menggambar. Klik *Draw Frame/Cable Element* yang ada di toolbar bagian kiri, lalu muncul *Properties of Object* dibagian *section* ganti sesuai frame balok/kolom yang ingin di gambar. Setelah itu pilih balok atau kolom.



Gambar 2.12 Properties of Object

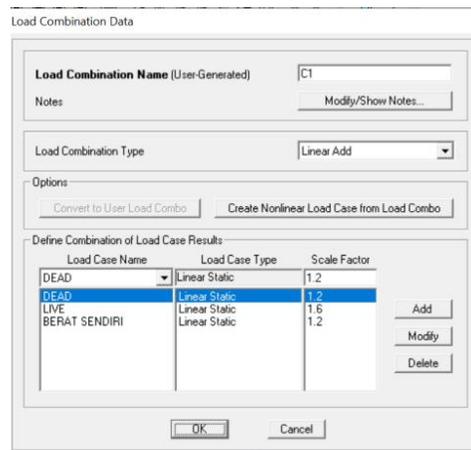
4. Membuat cases beban mati dan beban hidup
- a. Klik *Define* lalu pilih *Load Pattern* buat nama pembebanan, Berat sendiri dijadikan 1 karena beban sendiri di hitung secara otomatis, beban mati dan beban hidup 0. Lalu klik *Add New Load Pattern* seperti pada Gambar 2.13. Apabila sudah selesai klik OK.



Gambar 2.13 Tampilan *Define Load Patterns*

- b. Input beban kombinasi (Load Combination), yaitu:
- $$W_D = 1,2 \text{ Berat Sendiri} + 1,2 \text{ Beban Mati} + 1,6 \text{ Beban Hidup}$$

Blok seluruh *frame* yang akan di kombinasi, kemudian pilih menu pada toolbar, klik *Define* pilih *Combinations* lalu pilih *add new combo*, kemudian akan terlihat seperti Gambar 2.14



Gambar 2.14 Tampilan Loads Combination

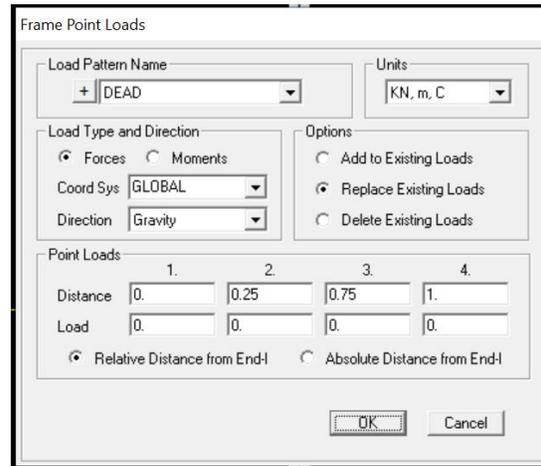
c. Input nilai beban mati dan beban hidup

1) Akibat beban merata

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

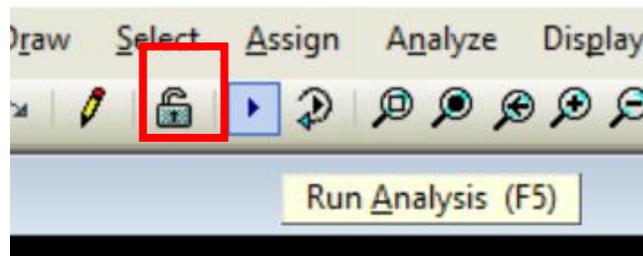
2) Akibat beban terpusat

Sama halnya seperti menginput data pada pembebanan merata, hanya saja setelah memilih menu *frame* lalu pilih *points*, maka akan tampilan seperti Gambar 2.17



Gambar 2.15 Tampilan *Frame Point Loads*

5. *Run analysis* atau F5, seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.16 *Run Analysis*

2.3.5 Perencanaan Balok

Balok adalah bagian dari struktural sebuah bangunan yang kaku dan dirancang untuk menanggung dan mentransfer beban menuju elemen-elemen kolom penopang. Selain itu balok juga berfungsi sebagai pengikat kolom-kolom agar apabila terjadi pergerakan, kolom-kolom tersebut tetap bersatu padu mempertahankan bentuk dan posisinya semula.

Berikut langkah perencanaan balok :

1. Menentukan mutu dari beton yang akan digunakan
2. Menghitung pembebanan yang akan terjadi, yaitu :
 - a. Beban mati (*Dead Load*)

- b. Beban hidup (*Live Load*)
 - c. Beban sendiri balok
 - d. Beban dari sambungan plat
3. Menghitung beban dan momen pada balok
- a. Beban balok
 - Beban mati (W_D)
 - Beban hidup (W_L)
 - Beban rencana (W_U) = 1,2. W_D + 1,6. W_L
 - b. Momen pada balok
 - Momen akibat beban mati (M_D)
 - Momen akibat beban hidup (M_L)
 - Momen rencana (M_U) = 1,2. M_D + 1,6. M_L
4. Cek dimensi penampang balok
- a. Menentukan $d_{eff} = h - \rho - \frac{1}{2} \cdot \emptyset$ sengkang – $\frac{1}{2} \emptyset$ tulangan utama
 - b. Menghitung nilai ρ
 - $\rho_{minimum} = \frac{1,4}{f_y}$ (digunakan untuk mutu beton ≤ 30 MPa) atau;
 - $\rho_{minimum} = \sqrt{\frac{f_c}{4 \cdot f_y}}$ (digunakan untuk mutu beton > 30 MPa)
 - $\rho_{pakai} = \frac{M_u}{b \cdot d^2} = f_y \cdot \rho - \frac{f_y^2}{1,7 \cdot f_c} \cdot \rho^2$
 $\frac{f_y^2}{1,7 \cdot f_c} \cdot \rho^2 - f_y \cdot \rho + \frac{M_u}{b \cdot d^2} = 0$

$$\rho = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$
 - $\rho_b = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
 - $\rho_{maksimum} = 0,75 \cdot \rho_b$

Keterangan ;

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

b = lebar penampang (mm), diambil tiap 1 m.

d = tinggi efektif pelat (mm)

ϕ = 0,9 faktor reduksi rencana (*Sumber SNI 2847-2019:468*)

Dengan syarat jika :

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

5. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Menentukan $d_{\text{eff}} = h - \rho - \frac{1}{2} \cdot \emptyset$ sengkang $- \frac{1}{2} \cdot \emptyset$ tulangan utama

b. Menghitung nilai ρ

$$\rho_{\text{pakai}} = \frac{Mu}{b \cdot d^2} = fy \cdot \rho - \frac{fy^2}{1,7 \cdot fc'} \cdot \rho^2$$

$$\frac{fy^2}{1,7 \cdot fc'} \cdot \rho^2 - fy \cdot \rho + \frac{Mu}{b \cdot d^2} = 0$$

$$\rho = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot b_w$$

$$A_{V_{\text{minimum}}} = 0,062 \cdot \sqrt{fc'} \cdot \left(\frac{b_w \cdot s}{f_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot b_w \cdot s}{f_{yt}}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{Av \cdot f_{yt}}{0,062 \cdot \sqrt{fc'} \cdot b_w}$$

$$S = \frac{Av \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

Keterangan ;

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

b = lebar penampang (mm), diambil tiap 1 m.

d = tinggi efektif pelat (mm)

ϕ = 0,9 faktor reduksi rencana (*Sumber SNI 2847-2019:468*)

- c. Hitung luas tulangan yang diperlukan (A_s)

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

Dimana :

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

ρ = rasio penulangan

d = tinggi efektif balok (mm)

- d. Menentukan diameter tulangan yang dipakai.

Syaratnya ialah A_s terpasang $\geq A_s$ yang direncanakan.

6. Menghitung tulangan geser

- a. $V_c = (0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c}) b_w \cdot d$, (SNI 2847 : 2019 hal 485)

Periksa nilai V_u

- Jika, $\frac{1}{2} \phi V_c > V_u < \phi V_c$ (tidak dibutuhkan tulangan geser)
- Jika, $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$ (dibutuhkan tulangan geser minimum)
- Jika, $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u > \phi V_c$ (dibutuhkan tulangan geser dengan langkah berikutnya)

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

$$V_u < \phi V_n$$

$$\text{Dimana, } V_n = V_c + V_s$$

Sehingga :

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

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

- c. Luas minimum tulangan geser adalah :

$$A_{v_{\min}} = 0,062 \times \sqrt{f'_c} \times \left(\frac{b_w \cdot S}{f_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot b_w \cdot S}{f_{yt}}$$

- d. Jarak maksimum tulangan geser adalah :

- Jika $V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \rightarrow$ Maka, $S = d/2$ atau 600 mm
- Jika $V_s > 0,33 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \rightarrow$ Maka, $S = d/4$ atau 300 mm

S maksimum untuk tulangan pokok = 3 x tebal plat

S maksimum untuk tulangan suhu dan susut = 5 x tebal plat atau tidak lebih dari 450 mm (SNI 2847:2019, hal 126). Sehingga, untuk Sengkang vertikal dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{sperlu}}$$

Keterangan :

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = kuat geser terfaktor pada penampang

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = luas tulangan geser pada daerah sejarak s

$A_v = 2 A_s$ (dimana A_s = luas penampang batang tulangan sengkang)

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

f_y = mutu baja

2.3.6 Perencanaan 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 atau panjang terhadap dimensi terkecilnya sebesar 3 atau lebih. Kolom memikul beban vertikal yang berasal dari pelat lantai atau atap dan menyalurkannya ke pondasi. Adapun berikut adalah Langkah perencanaan kolom :

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

$$d = h - d'$$

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

$$a_b = \beta_1 \times C_b$$

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

$$f_s = f_y$$

Sehingga,

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

- $\phi P_n < P_u$, beton hancur di daerah tekan

- $\phi P_n > P_u$, beton hancur di daerah tarik

c. Memeriksa kekuatan penampang

- Akibat keruntuhan tarik

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

- Akibat keruntuhan tekan

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

2. Perhitungan tulangan

a. Tulangan untuk kolom dibuat penulangan simetris berdasarkan kombinasi hasil P_u dan M_u pada perhitungan SAP di portal.

b. Menghitung nilai eksentrisitas terhadap arah x dan arah y

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

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

c. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi

$$\beta \cdot d = \frac{1,2 \cdot D}{(1,2 \cdot D + 1,6 L + 0,5 R)} \quad (\text{portal tidak bergoyang})$$

Namun untuk perhitungan EI portal bergoyang, maka nilai βds dapat diambil sama dengan 0, sehingga :

$$E. I_k = \frac{0,2. E_c . I_g + E_s . I_{se}}{1 + \beta ds}$$

Keterangan ;

β = rasio bentang bersih arah memanjang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

d. Modulus Elastisitas

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} \text{ MPa} \quad (\text{SNI 2847:2019 ,hal 434})$$

e. Nilai kekakuan kolom dan balok

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

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

$$E. I_k = \frac{E_c . I_g}{2,5 (1 + \beta . d)} \quad \rightarrow \text{ untuk kolom}$$

$$E. I_b = \frac{\frac{1}{5} (E_c . I_g) + (E_s . I_{s0})}{1 + \beta . d} \quad \rightarrow \text{ untuk balok}$$

Keterangan :

e = eksentrisitas

M_u = momen terfaktor yang bekerja pada penampang

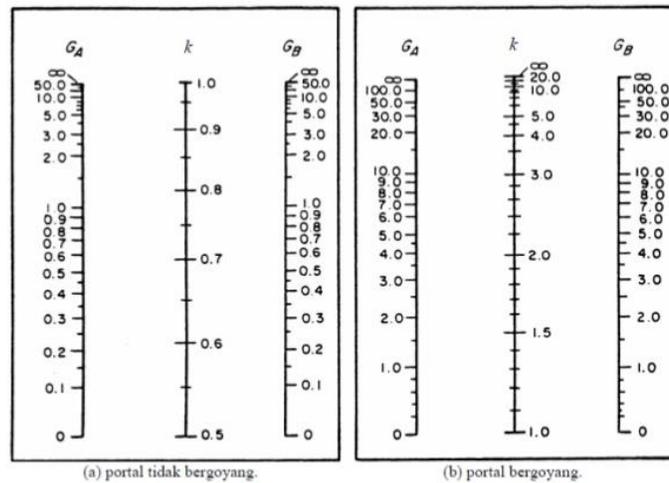
P_u = beban aksial terfaktor yang bekerja pada penampang

I_g = momen inersia penampang beton utuh dan diandaikan tak bertulang

f. Menentukan Ψ_a dan Ψ_b

$$\Psi = \frac{\sum \left(\frac{EI_k}{L_k} \right)}{\sum \left(\frac{EI_b}{L_b} \right)}$$

g. Faktor panjang efektif kolom



Gambar 2.17 Grafik alignmen (diagram nomogram) untuk menentukan k dari kolom (SNI 2847:2019, hal 93)

h. Angka kelangsingan kolom

Kolom langsing dengan ketentuan sebagai berikut :

(SNI 2847:2019, hal 91 ayat 6.2.5)

- Untuk kolom yang tidak ditahan terhadap goyangan samping

$$\frac{Klu}{r} > 22$$

- Untuk kolom yang ditahan terhadap goyangan samping

$$\frac{Klu}{r} \leq 34 + 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \quad \text{dan} \quad \frac{Klu}{r} \leq 40$$

Pada portal bergoyang $\frac{Klu}{r} > 22$, maka perencanaan harus menggunakan metode perbesaran momen (M_c).

Keterangan :

K = faktor panjang efektif komponen struktur tekan Nilai k didapat dari nomogram pada Gambar 2.5

Lu = panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang

r = jari-jari putaran potongan lintang komponen struktur tekan

- Apabila $\frac{K_{lu}}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M_{1-b}}{M_{2-b}} \right)$ atau $\frac{K_{lu}}{r} > 22$ maka perencanaan harus menggunakan metode perbesaran momen

i. Perbesaran Momen

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(k \cdot L_u)^2}$$

$$\Sigma P_c = [n \cdot interior(P_c)] + \left[\frac{2}{3} \cdot n \cdot Eksterior(P_c) \right]$$

$$\Sigma P_c = n \cdot Interior (P_{u_{lintang}} + P_{u_{panjang \ interior}}) + \frac{2}{3} (n \cdot eksterior (P_{u_{lintang}} + P_{u_{panjang \ eksterior}}) + \frac{1}{3} (n \cdot eksterior (P_{u_{lintang}} + P_{u_{panjang \ eksterior}}))$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{\phi \Sigma P_c}} \geq 1,0 \rightarrow \text{portal bergoyang}$$

$$M_c = \delta_b \cdot M_{2b} + \delta_s \cdot M_{2s}$$

Keterangan :

M_c = momen rencana yang diperbesar

δ = factor perbesaran momen

P_u = beban rencana aksial terfaktor

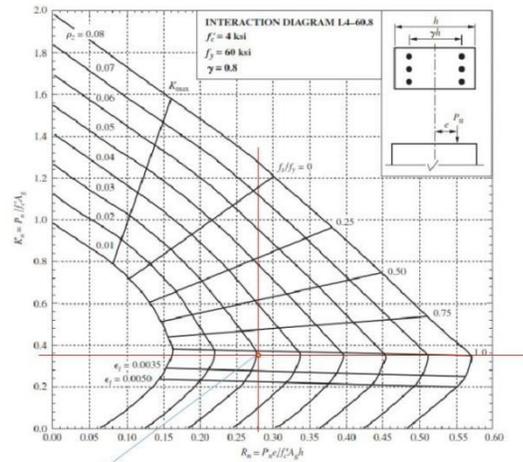
P_c = beban tekuk Euler

Faktor reduksi kolom dengan rumus berdasarkan (SNI 1727:2013, hal 21)

$$L = L_o + 0,25 + \left(\frac{4,57}{\sqrt{K_{LL} \cdot A_L}} \right) = 0,81$$

j. Desain penulangan

Adapun nilai ρ_g , sebagai berikut :



Gambar 2.18 Tabel ρ_g Vis dan Gideon Seri 4 (1993:81-82)

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

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

$$\rho = \rho'$$

$$\text{Sehingga } A_{s\text{total}} = \rho \cdot b \cdot h$$

Keterangan :

ρ = rasio penulangan tarik non-prategang

ρ' = rasio penulangan tekan non-prategang

A_s = luas tulangan tarik non-prategang yang dipakai

A_s' = luas tulangan tekan non-prategang yang dipakai

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

d' = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan

b = lebar daerah tekan komponen struktur

h = diameter penampang

f_c = mutu beton

f_y = mutu baja

e = eksentrisitas

2.3.7 Perencanaan Sloof

Sloof merupakan struktur bangunan yang terletak di atas pondasi bangunan. Fungsi dari sloof sendiri adalah sebagai sarana untuk mendistribusikan beban dari bangunan atas ke pondasi, sehingga beban dapat dengan merata tersalurkan ke titik – titik pondasi. Selain untuk mendistribusikan beban, sloof juga berfungsi agar dinding dan kolom dapat terkunci dan menghindari bangunan roboh apabila terjadi pergerakan tanah.

Adapun langkah – langkah perhitungan sloof adalah sebagai berikut :

1. Cek dimensi penampang sloof

a. Menghitung momen rencana

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

Dimana nilai M didapat dari momen akibat beban mati di perhitungan SAP Sloof

b. Cek dimensi

- Menentukan $d_{\text{eff}} = h - p - \emptyset_{\text{senggang}} - \frac{1}{2}\emptyset_{\text{tulangan utama}}$

- Menentukan nilai ρ

$$\rho_{\text{pakai}} = \frac{M_u}{b \cdot d^2} = f_y \cdot \rho - \frac{f_y^2}{1,7 \cdot f_c'} \cdot \rho^2$$

$$\frac{f_y^2}{1,7 \cdot f_c'} \cdot \rho^2 - f_y \cdot \rho + \frac{M_u}{b \cdot d^2} = 0$$

$$\rho = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Keterangan :

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

b = lebar penampang (mm), diambil tiap 1 m.

d = tinggi efektif pelat (mm)

\emptyset = 0,9 faktor reduksi rencana (*Sumber SNI 2847-2019:468*)

Dengan syarat jika $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{hitung}} < \rho_{\text{maks}}$ (**OKE**),

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

2. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Hitung A_s yang diperlukan

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

Dimana :

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

ρ = rasio penulangan

d = tinggi efektif pelat (mm)

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

c. Pilih tulangan dengan dasar A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan.

Apabila $MR < M_u$ balok akan berperilaku sebagai balok T murni.

3. Perencanaan tulangan geser

a. $V_c = (0,17\lambda\sqrt{f'_c})b_wd$ (SNI 2847 : 2019 hal 485)

Syarat tulangan geser diperlukan apabila $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$. Tulangan geser minimum dipakai apabila $\phi V_c > V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$. Tulangan yang dipakai biasanya berdiameter 10 mm yang diletakkan pada jarak maksimum. Sedangkan apabila $V_u > \phi V_c$ maka kebutuhan tulangan geser harus dihitung.

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

$$V_u < \phi V_n$$

$$\text{Dimana, } V_n = V_c + V_s$$

Sehingga :

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

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

c. Luas minimum tulangan geser adalah :

$$A_{v_{\min}} = 0,062 \times \sqrt{f_c'} \times \left(\frac{b_w \cdot S}{f_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot b_w \cdot S}{f_{yt}}$$

d. Jarak maksimum tulangan geser adalah :

$$\text{- Jika } V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \rightarrow \text{Maka, } S = d/2 \text{ atau } 600 \text{ mm}$$

$$\text{- Jika } V_s > 0,33 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \rightarrow \text{Maka, } S = d/4 \text{ atau } 300 \text{ mm}$$

S maksimum untuk tulangan pokok = 3 x tebal plat

S maksimum untuk tulangan suhu dan susut = 5 x tebal plat atau tidak lebih dari 450 mm (SNI 2847:2019, hal 126)

Sehingga, untuk Sengkang vertical dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{\text{sperlu}}}$$

Keterangan :

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = kuat geser terfaktor pada penampang

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = luas tulangan geser pada daerah sejarak s

$A_v = 2 A_s$ (dimana A_s = luas penampang batang tulangan sengkang)

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

f_y = mutu baja

2.3.8 Perencanaan Pondasi Tiang Pancang dan *Pile Cap*

Pondasi merupakan struktur bawah dari suatu bangunan yang bertugas untuk memikul bangunan di atasnya. Terdapat berbagai macam jenis pondasi, salah satunya adalah pondasi tiang. Pondasi tiang sendiri termasuk ke dalam jenis pondasi dalam. Pada bangunan kali ini direncanakan dengan menggunakan pondasi tiang pancang.

Secara umum dalam perencanaan pondasi harus memenuhi persyaratan diantaranya adalah sebagai berikut :

- Tegangan kontak pada tanah tidak melebihi daya dukung tanah yang diizinkan
 - *Settlement* (penurunan) dari struktur masih termasuk dalam batas yang diizinkan, apabila terdapat kemungkinan akan terjadi kelebihan dari perhitungan awal maka ukuran pondasi dapat dibuat berbeda dan dihitung secara sendiri – sendiri sehingga penurunan yang terjadi menjadi persamaan.
- Pemilihan bentuk pondasi juga didasarkan pada daya dukung tanah, oleh karena itu perlu diperhatikan hal – hal berikut ini :
- Bila tanah keras terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter di bawah permukaan tanah, maka pondasi yang dipilih sebaiknya jenis pondasi dangkal (pondasi jalur atau pondasi tapak)
 - Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 10 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya digunakan adalah pondasi tiang *minipile* dan pondasi sumuran atau *borepile*.
 - Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 20 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang pancang.

Berdasarkan data tanah dari pembangunan gedung yang dijadikan judul dalam laporan akhir ini, maka jenis pondasi yang digunakan adalah pondasi dalam yaitu pondasi tiang pancang. Adapun langkah – langkah perencanaan pondasi adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan pondasi

a. Daya dukung izin berdasarkan :

- Kekuatan bahan tiang pancang

$$Q_{\text{bahan}} = 0,3 \times f_c \times A_{\text{tiang}}$$

- Kekuatan tanah

$$Q_{\text{izin}} = \frac{A_{\text{tiang}} \times p}{f_b} + \frac{0 \times l \times c}{f_s}$$

b. Menentukan jumlah tiang

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

Lalu didapat,

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

2. Menentukan jarak antar tiang

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

Keterangan :

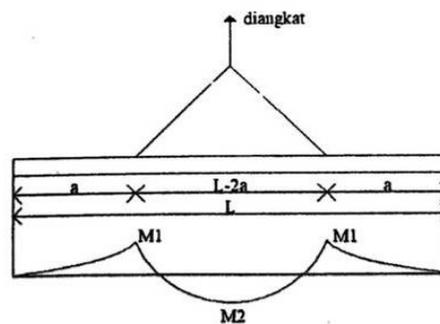
S = jarak antar tiang

d = ukuran *Pile* (Tiang)

3. Pengangkatan tiang pancang

a. Pengangkatan pola 1 (pada waktu pengangkatan)

Kondisi pengangkatan tiang pancang dan momen yang ditimbulkan dengan dua tumpuan



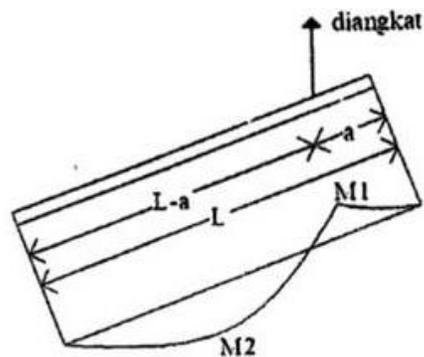
Gambar 2.19 Pengangkatan Pola 1

$$M_1 = M_2$$

$$\frac{1}{2}qa^2 = \frac{1}{8}q(L - 2a)^2 - \frac{1}{2}qa^2$$

- b. Pengangkatan pola 2 (pada waktu pengangkatan)

Kondisi pengangkatan tiang pancang dan momen yang ditimbulkan dengan satu tumpuan



Gambar 2.20 Pengangkatan Pola 2

$$M_1 = M_2$$

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

4. Perhitungan tulangan tiang pancang

a. Menentukan $d_{\text{eff}} = h - p - \phi_{\text{senggang}} - \frac{1}{2}\phi_{\text{utama}}$

- b. Berdasarkan nilai P yang paling besar

- Hitung arah absis x dan y

$$\text{absis } x = \frac{P_u}{\phi A_g \cdot 0,85 f_c'} \times \left(\frac{e}{h} \right)$$

$$\text{absis } y = \frac{P_u}{\phi A_g \cdot 0,85 f_c'}$$

- Nilai ρ_g didapat pada grafik gideon Seri 4

$$\rho_g = 0,001 < \rho_{\text{min}} = 0,01 \rightarrow \text{maka akan digunakan } \rho_{\text{min}}$$

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

$$\text{Sehingga didapat } A_{s_{\text{tot}}} = \rho \times b \times h$$

c. Berdasarkan nilai momen pada saat pengangkatan

- Menghitung nilai ρ_{perlu}

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

$$\rho_{\text{pakai}} = \frac{Mu}{b \cdot d^2} = f_y \cdot \rho - \frac{f_y^2}{1,7 \cdot f_c'} \cdot \rho^2$$

$$\frac{f_y^2}{1,7 \cdot f_c'} \cdot \rho^2 - f_y \cdot \rho + \frac{Mu}{b \cdot d^2} = 0$$

$$\rho = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

- Hitung luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_s \text{ total} = \rho \times b \times h$$

5. Perhitungan tulangan sengkang tiang pancang

a. Menghitung nilai V_u

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

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

Syarat tulangan geser diperlukan apabila $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$. Tulangan geser minimum dipakai apabila $\phi V_c > V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$. Tulangan yang dipakai biasanya berdiameter 10 mm yang diletakkan pada jarak maksimum. Sedangkan apabila $V_u > \phi V_c$ maka kebutuhan tulang geser harus dihitung.

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

$$V_u < \phi V_n$$

Dimana:

$$V_n = V_c + V_s$$

Sehingga :

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

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

d. Luas minimum tulangan geser adalah :

$$A_{v_{\min}} = 0,062 \times \sqrt{f'_c} \times \left(\frac{b_w \cdot S}{f_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot b_w \cdot S}{f_{yt}}$$

e. Jarak maksimum tulangan geser adalah :

$$\text{- Jika } V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \rightarrow \text{Maka, } S = d/2 \text{ atau } 600 \text{ mm}$$

$$\text{- Jika } V_s > 0,33 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \rightarrow \text{Maka, } S = d/4 \text{ atau } 300 \text{ mm}$$

S maksimum untuk tulangan pokok = 3 x tebal plat

S maksimum untuk tulangan suhu dan susut = 5 x tebal plat atau tidak lebih dari 450 mm (SNI 2847:2019, hal 126)

Sehingga, untuk Sengkang vertical dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{\text{sperlu}}}$$

Keterangan ;

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = kuat geser terfaktor pada penampang

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = luas tulangan geser pada daerah sejarak s

$A_v = 2 A_s$ (dimana A_s = luas penampang batang tulangan sengkang)

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

f_y = mutu baja

6. Perhitungan tulangan geser pile cap

a. Kontrol kekuatan geser secara kelompok

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

- Untuk Aksi Satu Arah

Tegangan tanah ultimate akibat beban terfaktor

$$P_{ult} = \frac{P_u}{A}$$

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

Gaya geser nominal

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

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

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

Dari ketiga persamaan diambil yang terkecil.

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

- Untuk Aksi Dua Arah

Gaya geser terfaktor

$$P_{ult} = \frac{P_u}{A}$$

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

Gaya geser nominal

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

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

b. Kontrol kekuatan geser secara individual

- Gaya geser terfaktor (V_u)

- Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \frac{1}{3} \cdot b_0 \cdot d \cdot \sqrt{f_c'}$$

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

7. Perhitungan tulangan pokok pile cap

a. Menghitung nilai ρ_{perlu}

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

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

b. Menghitung tulangan yang dibutuhkan

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

$$S = \frac{A_s \text{ tulangan}}{A_s \text{ pakai}} \times \text{lebar pile cap}$$

8. Perhitungan tulangan pokok pasak

a. Kuat tekan rencana kolom

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

Jika $\phi P_n > P_u$, artinya beban pada pondasi dapat dipindahkan dengan dukungan saja. Tetapi disyaratkan untuk menggunakan tulangan pasak minimum sebesar $\rightarrow A_s \text{ min} = 0,005 A_g$

b. Kontrol panjang penyaluran pasak

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

Panjang pengjangkaran dibawah pertemuan kolom dengan pondasi

LI yang tersedia adalah :

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

LI > Ldb, maka OK

2.4 Manajemen Proyek

Manajemen adalah proses mengintegrasikan, mengkoordinasikan dan mensinkronisasikan sumber daya, sumber dana dan sumber-sumber lainnya untuk mencapai tujuan dan sasaran melalui tindakan-tindakan perencanaan, pengorganisasian, penggerakan, pengawasan dan penilaian.

Sedangkan yang dimaksud dengan proyek adalah suatu usaha untuk mencapai suatu tujuan tertentu yang dibatasi oleh waktu dan sumber daya yang terbatas. Sehingga pengertian proyek konstruksi adalah suatu upaya untuk mencapai suatu hasil dalam bentuk bangunan atau infrastruktur.

Manajemen proyek merupakan proses POAC yaitu merencanakan (*planning*), mengorganisir (*organizing*), pengarahan (*actuating*) dan pengawasan (*controlling*) untuk mencapai tujuan proyek dan menggunakan sumber daya proyek yang ada agar mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Yang dimana proyek konstruksi diharapkan dapat menyelaraskan antara biaya proyek yang ekonomis, menghasilkan mutu pekerjaan yang berkualitas dan selesai tepat waktu, karena biaya, mutu dan waktu merupakan elemen yang saling mempengaruhi.

Manajemen proyek dibagi menjadi tiga bagian pekerjaan, yaitu RKS (Rencana Kerja dan Syarat – syarat), RAB (Rencana Anggaran Biaya), dan Rencana Pelaksanaan Kerja.

2.4.1. Rencana Kerja dan Syarat – syarat (RKS)

Rencana Kerja dan Syarat – syarat (RKS) merupakan dokumen penting yang mengandung informasi mengenai segala ketentuan dan informasi – informasi yang diperlukan terutama informasi yang tidak dapat dimuat dalam gambar rencana. Adapun isi dari RKS adalah sebagai berikut :

1. Syarat Umum
 - a. Mengenai pemberi tugas atau pemilik proyek
 - b. Bentuk surat penawaran dan cara penyampaiannya
 - c. Syarat – syarat peserta lelang
 - d. Keterangan mengenai perencanaan
2. Syarat Teknis
 - a. Jenis mutu dan bahan yang digunakan
 - b. Jenis dan uraian pekerjaan yang harus dilaksanakan
 - c. Cara melaksanakan pekerjaan
 - d. Merk material atau bahan
3. Syarat Administrasi
 - a. Jangka waktu pelaksanaan pekerjaan
 - b. Syarat pembayaran
 - c. Denda atas keterlambatan
 - d. Besar jaminan penawaran
 - e. Besar jaminan pelaksanaan

2.4.2. Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah 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.

2.4.3. Analisa Harga Satuan

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

2.4.4. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan, alat dan upah, serta biaya – biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan proyek. RAB sendiri dibuat dengan tujuan untuk memberikan gambaran jelas mengenai bentuk konstruksi, besar biaya, dan pelaksanaan serta penyelesaiannya.

1) Daftar upah tenaga kerja

Upah tenaga kerja adalah upah setiap tenaga kerja yang diperlukan selama proses pembangunan. Upah tenaga kerja didapat dari PU yang dinamakan Daftar Satuan Tenaga Kerja.

2) Daftar harga satuan bahan/material

Harga satuan bahan sangat perlu diketahui. Hal tersebut sebagai gambaran harga bangunan yang sedang direncanakan. Gambaran harga bangunan ini dilakukan oleh perencana beserta tim yang bekerja didalamnya. Harga satuan bahan berbeda antara daerah satu dengan daerah lainnya. Harga bahan ini biasanya didapat dari hasil Departemen Pekerjaan Umum yang dinamakan Daftar Harga Satuan Bahan.

3) Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah 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

4) 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. Analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

2.4.5. Rencana Pelaksanaan Kerja

A. *Network Planning* (NWP)

Network planning adalah teknik perencanaan yang dapat digunakan untuk mengevaluasi interaksi antar kegiatan. Teknik ini digunakan untuk membantu penyusunan jadwal proyek agar dapat diselesaikan dengan lebih efisien baik dalam waktu dan biaya dari proyek tersebut. Selain itu NWP ini juga digunakan sebagai alat pengawasan proyek yang cukup baik dalam penyelesaian proyek.

Secara umum NWP digunakan sebagai berikut :

- Memberikan perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian kegiatan secara menyeluruh
- Membantu memperkirakan waktu, biaya, serta sumberdaya yang diperlukan dalam suatu proyek
- Sebagai dokumentasi proyek

- Mengetahui kegiatan kritis dalam proyek tersebut
- Sebagai alat komunikasi data, masalah, dan tujuan proyek

Adapun data – data yang diperlukan dalam NWP ini adalah :

1. Urutan pekerjaan yang logis

Urutan pekerjaan disusun sesuai dengan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan selanjutnya dapat dimulai, dan pekerjaan apa yang selanjutnya dapat menyesuaikan.

2. Taksiran waktu penyelesaian tiap pekerjaan

Dapat digunakan waktu rata – rata berdasarkan pengalaman, atau dari perhitungan volume pekerjaan. Dapat juga dengan menggunakan perhitungan dari kurva s.

3. Biaya untuk mempercepat pekerjaan

Poin ini digunakan untuk mempercepat pekerjaan – pekerjaan yang berada pada jalur kritis. Contohnya adalah biaya lembur, biaya penambahan tenaga kerja, dan lain sebagainya.

B. Barchart

Barchart merupakan bentuk penjadwalan waktu proyek yang mencakup seluruh unit pekerjaan yang ada dalam proyek tersebut, dimana ditampilkan berupa batang horizontal yang menggambarkan waktu untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut. Dari bagan tersebut dapat dilihat waktu pelaksanaan unit pekerjaan dan pekerjaan yang mana yang dapat diselesaikan bersamaan.

Adapun keuntungan dari barchart adalah

- Bentuknya sederhana
- Mudah untuk dibuat
- Mudah dimengerti
- Mudah dibaca

Namun, kerugian dari barchart adalah

- Kurang jelas antara hubungan suatu pekerjaan dengan pekerjaan yang lain

- Sukar mengadakan perbaikan
- Sulit digunakan pada proyek – proyek yang unit pekerjaannya kompleks

C. Kurva S

Kurva S adalah jadwal pelaksanaan pekerjaan yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik yang menyerupai huruf S. Kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu, dan bobot pekerjaan yang telah dipersentasekan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Kurva S juga dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek yang kemudian dapat dibandingkan dengan jadwal yang telah direncanakan, sehingga dapat diketahui apakah suatu proyek terjadi keterlambatan atau percepatan.

Adapun manfaat dari kurva S adalah :

1. Sebagai informasi untuk mengontrol pelaksanaan suatu proyek dengan cara membandingkan deviasi antara kurva rencana dengan kurva realisasi proyek.
2. Memberikan informasi pengambilan keputusan berdasarkan perubahan kurva realisasi terhadap kurva rencana. Perubahan ini dapat berupa persentase percepatan pekerjaan atau keterlambatan waktu pekerjaan yang telah ditentukan pada awal perencanaan proyek.
3. Memberikan informasi mengenai waktu yang tepat untuk melakukan pembayaran kepada *supplier*