

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uraian Umum

Menurut Ervianto (2002), proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek. Dalam rangkaian kegiatan tersebut, terdapat suatu proses yang mengolah sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan yang berupa bangunan. Oleh karena itu sebelum melaksanakan konstruksi diperlukan perancangan struktur yang tepat. Menurut Soetam Rizky (2011), perancangan adalah sebuah proses untuk mendefinisikan sesuatu yang akan dikerjakan dengan menggunakan teknik yang bervariasi serta didalamnya melibatkan deskripsi mengenai arsitektur serta detail komponen dan juga keterbatasan yang akan dialami dalam proses pengerjaannya. Kesalahan dalam perancangan akan mengakibatkan terjadinya kerugian secara materil. Perancangan yang baik dan benar bukan hanya mampu mengeliminasi kerugian materil, namun juga mampu menghasilkan hasil konstruksi berupa bangunan yang aman dan nyaman, serta mampu pula mengefisienkan waktu pengerjaan sekaligus efektif dalam pengoperasionalan tenaga kerja serta peralatan kerja sehingga bisa menghemat pembiayaan.

Ada tiga aspek yang harus diperhatikan perancang dalam melakukan analisis struktur yakni; pembebanan, kekuatan bahan dan pemeriksaan keamanan struktur. 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.

Dalam bab ini akan dibahas lagi mengenai tata cara, langkah-langkah sekaligus 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 tie beam dan pondasi. Studi pustaka bertujuan untuk mendapatkan informasi dan data yang akan membuat perancangan menjadi

lebih akurat dan terarah. Hal tersebut menghasilkan konstruksi bangunan yang ekonomis dan aman, bila rangkaian kegiatan yang berlangsung sesuai Perancangan konstruksi merupakan campuran antara seni dan ilmu pengetahuan yang digabungkan dengan intuisi ahli-ahli struktur dengan dasar-dasar pengetahuan seperti statika, dinamika, mekanika bahan dan analisis struktur dengan sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan serta dengan hasil akhir yang maksimal.

Perancangan merupakan suatu kegiatan yang sangat penting sebelum dilaksanakannya suatu proyek. Kesalahan pemasangan ataupun urutan proses yang tidak benar dapat menyebabkan kerugian. Perancangan yang matang sebelum dimulainya suatu perencanaan tidak hanya menghemat biaya tetapi juga dapat menghemat waktu dan tenaga.

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 :

1. Kemampuan layan (*serviceability*)
2. Nilai efisiensi bangunan
3. Pemilihan Konstruksi dan Metode pelaksanaan
4. Biaya (*Cost*)

Pada bab ini, akan dijelaskan lagi mengenai tata cara, langkah-langkah sekaligus teori-teori perhitungan yang memuat rumus perhitungan struktur mulai dari struktur atas yang meliputi pelat atap (dak), pelat lantai, tangga, balok, dan kolom sampai dengan perhitungan struktur bawah yang terdiri atas pondasi dan tiang pancang.

2.2 Ruang Lingkup Perancangan

Ruang lingkup perancangan konstruksi pada pembangunan Gedung Belajar Pondok Pesantren Nurul Qur'an Karya Jaya Palembang ini meliputi beberapa tahapan yakni :

2.2.1 Tahap Perancangan Konstruksi

Perancangan adalah penggambaran, perencanaan dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari berbagai elemen yang terpisah ke dalam satu kesatuan yang utuh dan berfungsi (Syifaun Nafisah, 2003). Adapun ruang lingkup perancangan Bangunan Gedung Belajar Pondok Pesantren Nurul Qur'an Karya Jaya Palembang meliputi beberapa tahapan yaitu :

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

Pada tahap ini ahli struktur harus mampu berkomunikasi dengan baik dengan arsitek mengenai pemilihan komponen-komponen struktur yang penting, baik dimensi maupun posisinya. Dan 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 struktural, 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 adalah suatu sarana yang berfungsi untuk menyalurkan beban dan akibat penggunaannya dan/atau kehadiran bangunan tersebut ke dalam tanah (Daniel L. Schodek 2008). 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 atas

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

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 *Pile Cap*

2.2.2 Dasar – Dasar Perancangan Konstruksi

1. Pedoman Perencanaan

Dalam perancangan gedung Belajar Pondok Pesantren Nurul Qur'an 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 kita tinggalkan 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. Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung (PPURG 1989). Pedoman ini digunakan untuk menentukan beban yang diizinkan untuk merencanakan bangunan rumah serta gedung.

Ketentuan ini memuat beban-beban yang harus diperhitungkan dalam perancangan bangunan.

- b. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung berdasarkan (SNI 03-2847-2019). Pedoman ini digunakan sebagai standar acuan dalam melakukan perancangan dan pelaksanaan struktur beton dengan ketentuan minimum untuk hasil struktur yang aman dan ekonomis, pedoman ini memuat persyaratan umum serta ketentuan teknis perancangan dan pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung.
- c. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain berdasarkan (SNI 1727:2018). Pedoman ini digunakan untuk menentukan beban yang diizinkan untuk merencanakan bangunan gedung dan rumah. Pedoman ini memuat ketentuan-ketentuan beban yang harus diperhitungkan dalam pembangunan.
- d. Beban angin bangunan gedung yang termasuk sebagai Sistem Penahan Beban Angin Utama (SNI 1727-2013).

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 berdasarkan (SNI 1727-2018). 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 dari gedung. Beban sendiri dari bahan-bahan bangunan penting dan dari beberapa komponen gedung ini, dapat dilihat 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 bata 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 : PPURG 1989, hal 2

Tabel 2.2 Berat Sendiri Komponen Bangunan Gedung

Adukan, per cm tebal: - dari semen - dari kapur, semen merah atau tras	21 kg/m ² 17 kg/m ²
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14 kg/m ²
Dinding pasangan bata merah: - satu batu - setengah batu	450 kg/m ² 250 kg/m ²
Dinding pasangan batako: Berlubang: - tebal dinding 20 cm (HB 20) - tebal dinding 10 cm (HB 10)Tanpa lubang - tebal dinding 15 cm - tebal dinding 10 cm	200 kg/m ² 120 kg/m ² 300 kg/m ² 200 kg/m ²
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpapenggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari: - semen asbes (eternity dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm - kaca, dengan tebal 3 – 4 mm	11 kg/m ² 10 kg/m ²
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m ²	40 kg/m ²
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s. minimum 0,80 m	7 kg/m ²

Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso, per m ² bidang atap	50 kg/m ²
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso, per m ² bidang atap	40 kg/m ²
Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng	10 kg/m ²
Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan per cm tebal	24 kg/m ²
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m ²

Sumber : PPURG 1989, hal 2-3

Catatan:

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

b. Beban Hidup

Beban hidup adalah 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, L_o dan Beban Hidup Terpusat Minimum

Hunian atau penggunaan	Merata, L_o psf (kN/m ²)	Terpusat l_b (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses		
Ruang kantor Ruang komputer	50 (2,4) 100 (4,79)	2.000 (8,9) 2.000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18)	
Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	
Lobi	100 (4,79)	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	
Panggung pertemuan	100 (4,79)	
Lantai podium	150 (7,18) 100 (4,79)	
Tribun penonton stadion dan arena dengan kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	
Ruang pertemuan lainnya	100 (4,79)	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m ²)	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor	100 (4,79)	
Lantai pertama	Sama seperti	
Lantai lain	pelayanan hunian kecuali	

	disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Dudukan mesin elevator (pada area 2 in.x 2 in. [50 mm x 50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in.x 1 in. [25 mm x 25 mm])		200 (0,89)
Jalur penyelamatan saat kebakaran	100 (4,79)	
Hunian satu keluarga saja	40 (1,92)	
Tangga permanen	Lihat Pasal 4.5.4	
Garasi/Parkir (Lihat Pasal 4.10) Mobil penumpang saja	40 (1,92)	Lihat Pasal 4.10.1
Truk dan bus	Lihat Pasal 4.10.2	Lihat Pasal 4.10.2
Pegangan tangga dan pagar pengaman	Lihat 4.5.1	
Batang pegangan		
Helipad (Lihat Pasal 4.11)		
Helikopter dengan berat lepas landassebesar 3.000 lb (13,35 kN) atau kurang	40 (1,92)	Lihat Pasal 4.11.2
Helikopter dengan berat lepas landas lebih dari 3.000 lb (13,35 kN)	60 (2,87)	Lihat Pasal 4.11.2

Rumah sakit		
Ruang operasi,	60 (2,87)	1.000 (4,45)
laboratorium	40 (1,92)	1.000 (4,45)
Ruang pasien	80 (3,83)	1.000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama		
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
Ruang baca	60 (2,87)	1.000 (4,45)
Ruang Penyimpanan	150 (7,18)	1.000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1.000 (4,45)
Pabrik Ringan		
	125 (6,00)	2.000 (8,90)
Berat	250 (11,97)	3.000 (13,35)
Gedung perkantoran		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian	100 (4,79) 50 (2,40)	2.000 (8,90) 2.000 (8,90)
Lobi dan koridor lantai pertama kantor	80 (3,83)	2.000 (8,90)
Koridor di atas lantai pertama		
Lembaga hukum		
Blok sel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, billiard, dan penggunaan sejenis	75 (3,59)	
Ruang dansa dan ballroom		
Gymnasium	100 (4,79) 100 (4,79)	
Rumah tinggal		
Hunian satu dan dua keluarga		

Loteng yang tidak dapat dihuni tanpa gudang	10 (0,48)	
Loteng yang tidak dapat dihuni dengan gudang	20 (0,96)	
Loteng yang dapat dihuni dan ruang tidur	30 (1,44)	
Semua ruang kecuali tangga	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya		
ruang pribadi dan koridornya	40 (1,92)	
Ruang publik	100 (4,79)	
Koridor ruang publik	100 (4,79)	
Jalan di pinggir untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97)	8.000 (35,60)
Tangga dan jalan keluar	100 (4,79)	300 (1,33)
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	40 (1,92)	300 (1,33)
Gudang diatas langit-langit	20 (0,96)	
Gudang penyimpanan dan pekerja (harus dirancang untuk beban lebih berat jika diperlukan)		
Ringan	125 (6,00)	
Berat	250 (11,97)	
Toko Eceran	100 (4,79)	1.000 (4,45)
Lantai pertama	75 (3,59)	1.000 (4,45)
Lantai diatasnya	125 (6,00)	1.000 (4,45)
Grosir, di semua lantai		

Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79)	

Sumber : SNI 2847- 2019, tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, hal 24-27

2.3 Klasifikasi Pembebanan

Pada penyelesaian perhitungan untuk bangunan gedung Belajar Pondok Pesantren Tahfidz Yatim Dhuafa Nurul Qur'an Karya Jaya 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

Dalam buku Balok dan Plat Beton Bertulang, (Ali Asroni 2010) yang di maksud dengan plat beton bertulang yaitu struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Ketebalan bidang plat ini relatif kecil apabila di bandingkan dengan bentang panjang atau lebar bidangnya plat beton bertulang ini sangat kaku dan arahnya horizontal, sehingga pada bangunan gedung, plat ini berfungsi sebagai diagfragma atau unsur pengaku dalam suatu struktur. Pelat beton bertulang dalam satu struktur dipakai pada lantai dan dak.

Struktur pelat pada suatu gedung terdapat dua jenis yaitu pelat atap dan pelat lantai. Hal yang membedakan perancangan pelat atap dengan pelat lantai adalah beban-beban yang bekerja di atasnya lebih kecil sehingga ketebalan pelat atap lebih tipis dibandingkan pelat lantai :

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

1. Beban mati (W_D)

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

2. Beban hidup (W_L)

- Beban hidup untuk pelat atap diambil sebesar $0,96 \text{ KN/m}^2$ dan untuk pelat lantai diambil $4,79 \text{ KN/m}^2$

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.

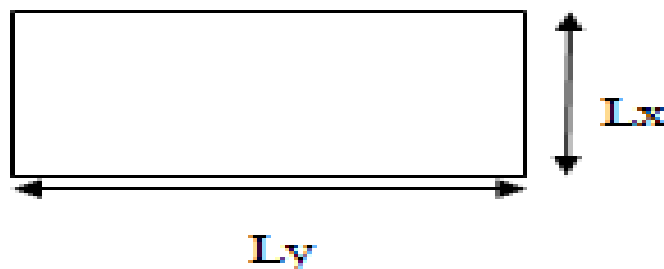
2. Pelat dua arah

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 Rumah Susun Mahasiswa Universitas Sriwijaya Indralaya 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 Pelat Dua Arah Tanpa Balok Interior

f_y , MPa ^[2]	Tanpa <i>drop panel</i> ^[3]		Dengan <i>drop panel</i> ^[3]			
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi ^[4]		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi ^[4]	
280	$\ell_u/33$	$\ell_u/36$	$\ell_u/36$	$\ell_u/36$	$\ell_u/40$	$\ell_u/40$
420	$\ell_u/30$	$\ell_u/33$	$\ell_u/33$	$\ell_u/33$	$\ell_u/36$	$\ell_u/36$
520	$\ell_u/28$	$\ell_u/31$	$\ell_u/31$	$\ell_u/31$	$\ell_u/34$	$\ell_u/34$

^[4] ℓ_n adalah jarak bersih ke arah memanjang, diukur dari muka ke muka tumpuan (mm)

Sumber : SNI 2847- 2019, tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, 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 :

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

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

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

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

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

b. Menghitung α_{fm} masing masing panel

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

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{I_{pelat}}$$

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 bebanrencana total.

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

W_U = Jumlah beban terfaktor (KN/m)

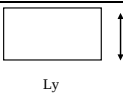
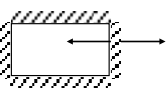
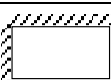
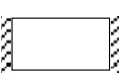
W_L = Jumlah beban hidup pelat (KN/m)

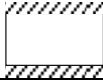
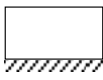
W_D = Jumlah beban mati pelat (KN/m)

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

Momen Pelat persegi akibat beban merata (PBI'71)																			
Kondisi Pelat	Nilai Momen Pelat	Perbandingan L_y/L_x																	
		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	
	$M_{tx} = -0.001.q.Lx^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{lx} = 0.001.q.Lx^2 \cdot x$	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125	
	$M_{ly} = 0.001.q.Lx^2 \cdot x$	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	32	32	25	
	$M_{ty} = -0.001.q.Lx^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{tx} = -0.001.q.Lx^2 \cdot x$	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83
	$M_{lx} = 0.001.q.Lx^2 \cdot x$	21	25	28	31	34	36	37	38	40	40	41	41	41	42	42	42	42	42
	$M_{ly} = 0.001.q.Lx^2 \cdot x$	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	11	10	10	8	
	$M_{ty} = -0.001.q.Lx^2 \cdot x$	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
	$M_{tx} = -0.001.q.Lx^2 \cdot x$	68	77	85	92	98	103	107	111	113	116	118	119	120	121	122	122	125	
	$M_{lx} = 0.001.q.Lx^2 \cdot x$	28	33	38	42	45	48	51	53	55	57	58	59	59	60	61	61	63	
	$M_{ly} = 0.001.q.Lx^2 \cdot x$	28	28	28	27	26	25	23	23	22	21	19	18	17	17	16	16	43	
	$M_{ty} = -0.001.q.Lx^2 \cdot x$	68	72	74	76	77	77	78	78	78	78	79	79	79	79	79	79	79	
	$M_{tx} = -0.001.q.Lx^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{lx} = 0.001.q.Lx^2 \cdot x$	22	28	34	42	49	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125	
	$M_{ly} = 0.001.q.Lx^2 \cdot x$	32	35	37	39	40	41	41	41	41	40	39	38	37	36	35	35	25	
	$M_{ty} = -0.001.q.Lx^2 \cdot x$	70	79	87	94	100	105	109	112	115	117	119	120	121	122	123	123	125	
	$M_{tx} = -0.001.q.Lx^2 \cdot x$	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84	84	84	83	83	83	83	83	
	$M_{lx} = 0.001.q.Lx^2 \cdot x$	32	34	36	38	39	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42	
	$M_{ly} = 0.001.q.Lx^2 \cdot x$	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	8	

	Mtx = $-0.001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mtx = $-0.001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mlx = $0.001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot x$	31	38	45	53	60	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125		
	Mly = $0.001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot x$	37	39	41	41	42	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	25		
	Mty = $-0.001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot x$	84	92	99	104	109	112	115	117	119	121	122	122	123	123	124	124	125		
	Mtx = $-0.001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot x$	84	92	98	103	108	111	114	117	119	120	121	122	122	123	123	124	125		
	Mlx = $0.001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot x$	37	41	45	48	51	53	55	56	56	59	60	60	60	61	61	62	63		
	Mly = $0.001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot x$	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	13		
	Mty = $-0.001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Mtx = $-0.001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot x$	55	65	74	82	89	94	99	103	106	110	114	116	117	118	119	120	125		
	Mlx = $0.001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot x$	21	26	31	36	40	43	46	49	51	53	55	56	57	58	59	60	63		
	Mly = $0.001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot x$	26	27	28	28	27	26	25	23	22	21	21	20	20	19	19	18	13		
	Mty = $-0.001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot x$	60	65	69	72	74	76	77	78	78	78	78	78	78	78	78	79	79		
	Mtx = $-0.001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot x$	60	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83		
	Mlx = $0.001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot x$	26	29	32	35	36	38	39	40	40	41	41	42	42	42	42	42	42		
	Mly = $0.001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot x$	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	11	11	10	10	10	10	8		
	Mty = $-0.001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot x$	55	57	57	57	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57		

(Sumber : PBI 1971)

Catatan:

— = Terletak bebas

//// = Terjepit penuh

e. Mencari tebal efektif pelat

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

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

$$dy = h - \text{tebal selimut beton} - \emptyset \text{ tulangan pokok y} - \emptyset \text{ tulangan arah}$$

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

Paparan	Komponen Struktur	Tulangan	Ketebalan Selimut (mm)
---------	-------------------	----------	------------------------

Dicor dan secara permanen kontak dengan tanah	semua	semua	75
Terpapar cuaca atau kontak dengan tanah		Batang D19 sampai D57	50
		Batang D16, Kawat Ø13 atau D13 dan yang lebih kecil	40
Tidak terpapar cuaca atau kontak dengan tanah	Pelat, berusuk Dinding	Batang D43 dan D57 dan	40
		Batang D36 dan yang lebih kecil	20
	Balok, kolom, pedestal, dan batang tarik	Tulangan utama, sengkang, sengkang ikat, spiral dan sengkang pengekat	40

(Sumber : SNI 2847:2019:460)

f. Mencari rasio penulangan (ρ)

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{F_y}; \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{F_y}$$

$$\rho = \frac{F_c}{F_y} (0,85 - \sqrt{(0,85^2) - Q})$$

$$Q = \left(\frac{1,7}{\phi F_c'}\right) \frac{M_u}{b \cdot d^2}$$

Keterangan :

M_u : Momen Rencana/terfaktor pada penampang (KNm)

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

d : Tinggi efektif (mm)

ϕ : Faktor reduksi rencana

g. Mencari luas tulangan (A_s)

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,25\sqrt{f'c}}{f_y} b \cdot d \text{ atau } A_{s_{\min}} = \frac{1,4}{f_y} b \cdot d$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d$$

h. Mencari jumlah tulangan (n)

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

i. Mencari jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{1000 \times A_b}{A_s}$$

j. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta dengan tulangan susut dan suhu.

Tabel 2.7 Rasio Luas Tulangan Ulir Susut dan Suhu terhadap Luas Penampang Beton Bruto

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 2847:2019:553)

k. 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 $\rightarrow d_y = h - p - \phi_{\text{arah x}} - \phi_{\text{arah y}}$.

2.4.2 Perhitungan Tangga

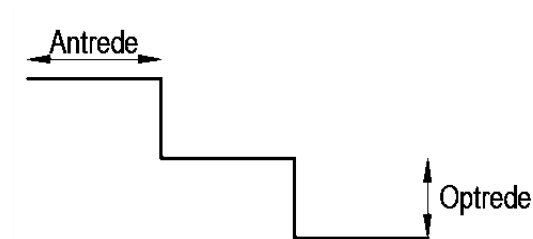
Tangga merupakan bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai salah satu sarana penghubung dari dua tempat yaitu lantai bawah dengan lantai yang ada di atasnya pada bangunan bertingkat dalam keadaan tertentu.

1. Bagian – Bagian Tangga

Tangga terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut:

a. Anak tangga

Anak tangga (*trede*) adalah bagian dari tangga yang berfungsi untuk meminjakkan melangkah kaki ke arah vertikal maupun horizontal (datar). Anak tangga terbagi menjadi dua bagian yaitu *Antrede* (langkah datar) ialah bidang trede datar yang merupakan tempat berpijaknya telapak kaki. *Optrede* (langkah tegak/naik) ialah bidang trede tegak yang merupakan selisih tinggi antara dua trede yang berurutan.



Gambar 2.2 Antrede dan Optrede Tangga

Lebar anak tangga untuk satu orang berjalan dibuat 60-90 cm dan untuk dua orang berjalan dibuat 80-120 cm. Sedangkan untuk bangunan yang berlaku untuk umum seperti sekolah, kantor dan gedung-gedung pertunjukkan diambil lebar 150-300 cm.

b. Bordes

Bordes adalah bagian dari tangga yang merupakan bidang datar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat beristirahat bila terasa lelah. Bordes dibuat apabila jarak tempuh tangga sangat panjang yang mempunyai jumlah trede lebih dari 20 buah dan atau lebar tangga cukup akan tetapi ruangan yang tersedia untuk tangga biasa tidak mencukupi.

2. Syarat Umum Tangga

Syarat-syarat umum tangga di antaranya sebagai berikut:

a. Segi Kekuatan

Kokoh dan stabil bila dilalui oleh sejumlah orang + barangnya, sesuai dengan perencanaan.

b. Segi Penempatan

- 1) Ditempatkan sedemikian rupa sehingga mudah diketahui oleh banyak orang
- 2) Penempatan tangga diusahakan sehemat mungkin menggunakan ruangan
- 3) Diusahakan penempatannya tidak mengganggu ataupun menghalangi lalu lintas banyak orang (untuk tangga ditempatkan yang ramai seperti tangga gedung bioskop, pasar dan lain-lain).

c. Segi Bentuk

- 1) Bentuknya rapih, indah dipandang dan serasi dengan keadaan disekitar tangga itu berada.
- 2) Bentuk konstruksi tangga diusahakan sederhana, layak, sehingga dengan mudah dan cepat dikerjakan serta murah biayanya.

3. Syarat Khusus Tangga

Pada saat menaiki tangga demi keamanan dan kenyamanan tangga sangat tergantung dari besar kecilnya ukuran rata-rata langkah normal pemakai, langkah datar maupun langkah naik serta besar sudut miring tangga itu sendiri.

Syarat-syarat lain agar suatu tangga bisa ideal, antara lain:

- a. Sudut kemiringan maksimal 45° dan minimum 25° atau dengan menggunakan perbandingan dibawah ini :

$$2 \text{ optride} + 1 \text{ Antrede} = 1 \text{ langkah (58 cm – 64 cm)}$$

- b. Tinggi optride

$$\text{Untuk rumah tinggal} = 20 \text{ cm (maksimum)}$$

$$\text{Untuk bangunan umum} = 17 \text{ cm}$$

- c. Tinggi Antrede

$$\text{Untuk rumah tinggal maupun bangunan umum} = 25 \text{ cm (minimum)}$$

- d. Lebar tangga

$$\text{Untuk rumah tinggal} = 80 \text{ cm – 120 cm}$$

Untuk bangunan umum = 120 cm (minimum)

- e. Panjang bordes digunakan pedoman ukuran satu langkah normal datar pada hitungan (ln) ditambah dengan satu atau dua langkah panjat datar ($Antrede = a$). Pada kebanyakan panjang bordes diambil antara 80 cm – 150 cm.

- f. Untuk menentukan panjang bordes (L):

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

Dimana :

L = panjang bordes

ln = ukuran satu langkah normal datar = *Antrede*

Untuk menentukan lebar tangga total = Lebar tangga efektif + $2.t + 2.s$

t = tebal rimbat tangan (4-6 cm) s = sisa pijakan = (5-10 cm)

4. Langkah – Langkah Perhitungan Tangga

a. Merencanakan Tangga

- 1) Rencanakan tinggi optride dengan tinggi optride 15 cm – 20 cm
- 2) Hitung jumlah optride

$$\text{Jumlah optride} = (\text{tinggi tangga}) / (\text{ukuran optride})$$

- 3) Hitung tinggi optride sebenarnya

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Optride sebenarnya} \\ = (\text{tinggi tangga}) / (\text{jumlah optride}) \end{aligned}$$

- 4) Hitung ukuran antrede

$$1 \text{ antrede} + 2 \text{ optrede} = 1 \text{ langkah (58 cm – 64cm)}$$

- 5) Hitung sudut kemiringan tangga

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

- 6) Hitung ukuran bordes

$$L = ln + a \frac{s}{d}$$

- 7) Tentukan tebal pelat

b. Menentukan Pembebanan

Pembebanan pelat anak tangga

1) Beban mati

- a) Berat sendiri pelat + anak tangga
- b) Berat penutup lantai
- c) Berat spesi
- d) Berat sandaran

2) Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga 4,79 kN (SNI 1727 2020)

Pembebanan bordes

1) Beban mati

- 2) Berat sendiri pelat
- 3) Berat penutup lantai
- 4) Berat spesi
- 5) Berat sandaran
- 6) Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga 4,79 kN (SNI 1727:2020)

c. Menghitung gaya-gaya yang bekerja pada tangga dengan menggunakan program SAP 2000.

1) Membuat permodelan tangga pada SAP 2000

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

- 3) Memasukkan ketebalan pelat tangga dan bordes dengan cara, *Define > Section Properties > Frame Sections > Add New Property > Pilih Concrete (Rectangular)*. Lalu akan muncul jendela *Rectangular Section*, isi sesuai data dan masukkan

material yang sudah diibuat sebelumnya.

- 4) Memasang tumpuan pada permodelan tangga
- 5) Masukkan beban yang bekerja pada anak tangga dan bordes yang telah dikombinasikan antara beban mati dan beban hidup
- 6) Setelah pembebanan sudah selesai dimasukkan pada permodelan maka kita dapat melakukan “*run analysis*”, namun “*self weight*” dijadikan 0 karena beban sendiri dihitung secara manual.

d. Perhitungan Tulangan Tangga

- 1) Menentukan tinggi efektif

$$d = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan pokok}$$

- 2) Momen yang bekerja (M_u)

- 3) Penentuan tulangan yang diperlukan

Penentuan tulangan dapat dilanjutkan menggunakan cara dan rumus yang sama seperti pada pelat.

- 4) Menentukan penulangan tangga

- a) Menghitung blok balok tekan dengan rumus:

$$\frac{M_u}{\varnothing} \leq M_n$$

$$\frac{M_u}{\varnothing} \leq C_c \cdot z$$

$$\frac{M_u}{\varnothing} \leq (0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b) \cdot \left(dx - \frac{a}{2} \right)$$

- b) Hitung A_s (Luas Penampang Tulangan) yang diperlukan

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

$$A_s \text{ Minimum} = 0,002 \cdot b \cdot h$$

- c) Hitung jarak tulangan

$$s_{pakai} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s}$$

- 5) Menentukan penulangan bordes

- a) Menghitung blok balok tekan dengan rumus:

$$\frac{Mu}{\phi} \leq Mn$$

$$\frac{Mu}{\phi} \leq Cc.z$$

$$\frac{Mu}{\phi} \leq (0,85.f'c'.a.b). \left(dx - \frac{a}{2} \right)$$

b) Hitung As (Luas Penampang Tulangan) yang diperlukan

$$as u = \frac{0,85.f'c'.a.b}{fy}$$

$$As \text{ Minimum} = 0,002 . b . h$$

c) Hitung jarak tulangan

$$s pakai = \frac{\frac{1}{4} . \pi . d^2 . b}{As}$$

d) Gambar penulangan tangga dan bordes

e. Perhitungan Balok Bordes

- 1) Menentukan dimensi balok, mutu beton dan mutu baja yang akan digunakan.
- 2) Menghitung pembebanan pada balok, kemudian menggunakan program SAP2000 untuk mendapatkan gaya dalamnya.
- 3) Menentukan momen dan gaya geser maksimum berdasarkan dari hasil analisa menggunakan program SAP2000.
- 4) Menghitung tulangan lapangan dan tumpuan

a) Mencari blok tekan

$$deff = h - sb - \text{tulangan sengkang} - \frac{1}{2} \text{ tulangan utama}$$

Menghitung blok balok tekan dengan rumus :

$$\frac{Mu}{\phi} \leq Mn$$

$$\frac{Mu}{\phi} \leq Cc.z$$

$$\frac{Mu}{\phi} \leq (0,85.f'c'.a.b). \left(dx - \frac{a}{2} \right)$$

b) Hitung As (Luas Penampang Tulangan) yang diperlukan

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

c) Hitung jarak tulangan

$$s_{pakai} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s}$$

d) Menentukan jumlah tulangan lentur

$$n = \frac{A_s}{A_{db}}$$

e) Menentukan nilai V_u dari model Sap 2000.

f) Menentukan nilai V_c

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

g) Cek penampang balok

$$\text{Penampang} = \Phi \times (V_c + 0,66 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d)$$

$$V_u < \text{Penampang}$$

h) Kategorikan nilai V_u

$$\text{Kategori 1: } V_u \leq 0,5 \cdot \Phi \cdot V_c$$

$$\text{Kategori 2: } 0,5 \cdot \Phi \cdot V_c \leq V_u \leq \Phi \cdot V_c$$

$$\text{Kategori 3: } \Phi \cdot V_c \leq V_u \leq \Phi (V_c + V_s \text{ min})$$

i) Tentukan nilai jarak sengkang berdasarkan kategori nilai V_u

5) Menghitung tulangan torsi

a) Menghitung pembebanan yang terjadi, yakni:

Beban Mati (*Dead Load*)

$$\text{Beban Hidup (Live Load)} = 4,79 \text{ KN/m}^2$$

b) Menghitung Beban Ultimit Kombinasi, Momen Rencana, Gaya

Lintang, dan Gaya Aksial

Beban Ultimit Kombinasi diperoleh:

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

c) Periksa dimensi penampang balok

Menentukan d_{eff}

$$D_{eff} = h - s_b - \emptyset \text{ Sengkang} - \frac{1}{2} \text{ Tulangan Pokok}$$

d) Menghitung Momen Torsi

Untuk 2 tumpuan

$$T_u = \frac{1}{2} w_u \cdot l^2$$

Dikarenakan 1 Tumpuan

$$T_u = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} w_u \cdot l^2$$

Ketentuan:

$T_u > \phi T_c$ maka diperlukan tulangan torsi

$T_u < \phi T_c$ maka tidak perlu tulangan torsi

$$T_c = \phi \cdot 0,083 \cdot \sqrt{f_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} \right)$$

$$\phi T_c = 0,75 \cdot 0,083 \cdot \sqrt{f_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} \right)$$

Keterangan:

A_{cp} = Luas Penampang

p_{cp} = Keliling Penampang

e) Menghitung T_n

$$T_n = \frac{T_u}{0,75}$$

f) Kontrol luas sengkang dan torsi

$$A_{vt} = \frac{T_n \cdot s}{2 \cdot A_o \cdot f_y \cdot \cot \theta}$$

$$A_{vs} = (n \cdot \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot S) / s$$

$$\text{Luas sengkang total} = (A_{vt} + A_{vs})$$

g) Menghitung Jarak Tulangan Geser Total Torsi

Tulangan lentur torsi:

$$A_t = \frac{A_{vt}}{s} \cdot p_h \cdot \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \cot^2 45$$

Tulangan lentur A_{st}

$$A_{st} = 2D16 + 2D16$$

$$(A_t + A_{st}) > \left(\frac{5\sqrt{f_c} \cdot A_{cp}}{12f_y} \right) - \left(\frac{A_{vt}}{s} \cdot p_h \cdot \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \right)$$

h) Menghitung Jumlah Tulangan Torsi

$$n = \frac{At}{\frac{1}{4}\pi d^2}$$

2.4.3 Perhitungan Balok

Balok merupakan salah satu elemen utama penyusun struktur gedung yang umumnya terpasang secara horizontal/lateral. Balok-balok tersebut terhubung dengan kolom-kolom struktur rangka yang stabil dalam memikul beban. Fungsi utama balok yaitu untuk mendistribusikan atau menyalurkan beban dari pelat ke kolom. Balok dibagi menjadi dua jenis yaitu balok induk dan balok anak, letak perbedaan antaranya yaitu balok anak ditumpu oleh balok induk sedangkan balok induk ditumpu oleh kolom.

Langkah-langkah dalam perancangan balok sebagai berikut:

1. Menentukan dimensi balok, mutu beton dan mutu baja yang akan digunakan.
2. Menghitung pembebanan yang terjadi pada balok untuk kemudian di proses menggunakan program SAP2000 untuk mendapatkan gaya dalamnya.
3. Menentukan momen dan gaya geser maksimum berdasarkan dari hasil analisa menggunakan program SAP2000.
4. Menghitung tulangan lapangan dan tumpuan

- a. Mencari blok tekan

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

Menghitung blok balok tekan dengan rumus :

$$\frac{Mu}{\phi} \leq Mn$$

$$\frac{Mu}{\phi} \leq Cc \cdot z$$

$$\frac{Mu}{\phi} \leq (0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b) \cdot \left(dx - \frac{a}{2}\right)$$

- b. Hitung As (Luas Penampang Tulangan) yang diperlukan

$$as u = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b}{fy}$$

c. Hitung jarak tulangan

$$s_{pakai} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s}$$

d. Menentukan jumlah tulangan lentur

$$n = \frac{A_s}{A_{db}}$$

e. Menentukan nilai V_u dari model Sap 2000.

f. Menentukan nilai V_c

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

g. Cek penampang balok

$$\text{Penampang} = \Phi \times (V_c + 0,66 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d)$$

$$V_u < \text{Penampang}$$

h. Kategorikan nilai V_u

$$\text{Kategori 1: } V_u \leq 0,5 \cdot \Phi \cdot V_c$$

$$\text{Kategori 2: } 0,5 \cdot \Phi \cdot V_c \leq V_u \leq \Phi \cdot V_c$$

$$\text{Kategori 3: } \Phi \cdot V_c \leq V_u \leq \Phi (V_c + V_s \text{ min})$$

i. Tentukan nilai jarak sengkang berdasarkan kategori nilai V_u

2.4.4 Perhitungan Kolom

Kolom merupakan elemen struktur yang memikul beban kombinasi aksial tekan dan momen lentur. Kolom juga merupakan elemen struktur utama yang berperan paling penting dalam memikul beban lateral pada struktur gedung. Berdasarkan SNI 2847-2019 batas minimum rasio tulangan adalah 1% dan batas maksimum 8%. Bila ditinjau dari kelangsingannya, kolom dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu Kolom Pendek (*Short reinforced column*) dan Kolom Langsing (*Slender reinforced column*). Struktur kolom pada proyek ini merupakan Struktur kolom tak bergoyang. Langkah-langkah dalam perancangan kolom sebagai berikut:

1. Menentukan dimensi kolom, mutu beton dan mutu baja yang akan digunakan.
2. Menghitung pembebanan yang terjadi kemudian di proses

menggunakan program SAP2000 untuk mendapatkan gaya dalamnya.

3. Menentukan momen dan gaya geser maksimum berdasarkan dari hasil analisa menggunakan program SAP2000.

4. Menghitung tulangan kolom

- a. Menentukan nilai M1, M2 dan Pu Total berdasarkan SAP 2000.

- b. Menghitung Parameter Material

$$E_i = 4,700 \times \sqrt{f'c'} = 4,700 \times \sqrt{25} = 23,5 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 200.000 \text{ Mpa}$$

- c. Menghitung Parameter Penampang Kolom

$$i = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$r = \sqrt{\frac{i}{Ag}}$$

l = tinggi kolom dihitung dari as ke as

$l_b = l - 1/2 h \text{ balok} - 1/2 h \text{ balok}$

- d. Menghitung Parameter Penampang Balok

$$i = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

- e. Nilai d' Penampang kolom

$$d' = t_s + \phi_s + \frac{1}{2} D$$

- f. Nilai γ Penampang Kolom

$$\gamma = \frac{(h - (2xd'))}{h}$$

- g. Menentukan nilai kekakuan kolom

$$\Psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{l} \right) \text{Kolom}}{\sum \left(\frac{EI}{l} \right) \text{Balok}}$$

- h. Menentukan nilai kelangsingan kolom

Pengaruh kelangsingan kolom dapat diabaikan apabila memenuhi persyaratan yang diatur, yaitu:

$$\frac{K \cdot l_b}{r} \leq 34 + 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \text{ dan } \frac{K \cdot l_b}{r} \leq 40$$

- i. Analisa tulangan dengan diagram interaksi P-M untuk mendapatkan nilai rho

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

Sumbu x:

$$Rn = \frac{\left(\frac{Pu}{\phi}\right) e}{f_c' x Ag x h}$$

Sumbu y:

$$Kn = \frac{\left(\frac{Pu}{\phi}\right)}{f_c' x Ag}$$

- j. Tentukan Astotal

$$A_{\text{stotal}} = \rho \cdot b \cdot h$$

- k. Tentukan jumlah tulangan

$$n = \frac{A_{\text{stotal}}}{\frac{1}{4}\pi D^2}$$

- l. Tentukan nilai Vu dari SAP

- m. Menghitung nilai Vc

$$\phi V_c = \phi 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14Ag}\right) \lambda \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot d$$

$$V_u < \phi (V_c + 0,66 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot d_{\text{eff}})$$

- n. Menentukan jarak sengkang

$$S_1 = 16 \cdot d_{\text{sengkang}}$$

$$S_2 = 48 \cdot d_{\text{pokok}}$$

$$S_3 = \text{Dimensi terkecil (b)}$$

2.4.5 Perhitungan Pondasi

Struktur Pondasi adalah struktur yang berfungsi menyalurkan beban dari struktur atas ke dalam tanah sehingga bangunan bisa tetap berdiri dan stabil. Secara umum pondasi dibagi menjadi dua jenis yaitu pondasi dangkal

dan pondasi dalam. Salah satu parameter penting dalam perencanaan pondasi adalah mengetahui daya dukung tanah dimana meliputi besaran nilai gaya dukung tanah dan juga posisi lapisan tanah keras sehingga bisa menentukan jenis pondasi apa yang akan dipakai. Pada proyek ini menggunakan jenis pondasi dalam yaitu tiang pancang.

Proses desain untuk pondasi dalam akan difokuskan pada penentuan jumlah tiang pancang, penentuan formasi tiang pada *Pile Cap*, menghitung daya dukung pada tiang pancang, pengaruh geser dan penulangan lentur pada *Pile Cap*.

Langkah-langkah dalam perancangan pondasi sebagai berikut:

1. Menentukan dimensi tiang pancang, pile cap, luas tiang pancang, keliling tiang pancang, kedalaman pondasi, mutu beton dan mutu baja yang akan digunakan.

2. Menghitung daya dukung izin berdasarkan

- a. Kekuatan bahan tiang pancang

$$Q_{Bahan} = 0,3 \times f'_c \times A_{tiang}$$

- b. Kekuatan tanah

$$Q_{ijin} = \frac{q_c \cdot A_b}{F_b} + \frac{JHP \cdot O}{F_s}$$

3. Menentukan jumlah tiang pancang

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

$$P_u = (P \times 10\%) + P + \text{Berat } Pile \text{ cap}$$

4. Menentukan jarak antar tiang

$$S = 2,5D < S < 4D$$

5. Menentukan jarak antar tiang ke tepi *Pile Cap*.

$$S = 1,5D < S < 2D$$

6. Menentukan efisiensi kelompok tiang pancang

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{D}{S} \right)$$

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

$$Q_{Ijin \text{ Grup}} = \eta \cdot Q_{Ijin} \cdot n$$

7. Menghitung geser ultimate

Untuk kondisi dua arah

$$D_{eff} = \frac{D_x + D_y}{2}$$

$$A_{eff} = (\text{luasan pelat}) - (\text{luasan kritis})$$

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

$$b_o = 4 (b + D_{eff})$$

$$V_{C1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f_c} \cdot b_o \cdot d_{eff}$$

$$V_{C2} = 0,083 \left(\frac{a_s \cdot d_{eff}}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f_c} \cdot b_o \cdot d_{eff}$$

$$V_{C3} = 0,33 \cdot \lambda \sqrt{f_c} \cdot b_o \cdot d_{eff}$$

$$\Phi V_c > V_u \text{ (Aman)}$$

Untuk kondisi satu arah

Akibat Beban Terfaktor

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

Gaya Geser Nominal

$$\phi V_c = \phi (0,17 \cdot \gamma \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d_{eff})$$

8. Menghitung tulangan pile cap

$$M_u = V_u \cdot x$$

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

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

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

$$A_{s_{perlu}} = \rho b d$$

$$A_{s_{min}} = 0,0018 \cdot h \cdot b$$

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

$$S = \frac{a_{db}}{A_s} \cdot b$$

$$\begin{aligned} n_x &= \frac{lx - 2ts - 2db}{S} \\ n_y &= \frac{ly - 2ts - 2db}{S} \end{aligned}$$

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*), pengarahannya (*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.

2.5.1 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 diperlakukan 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 penyampaian
 - c. Syarat-syarat peserta lelang
 - d. Keterangan mengenai perencanaan
2. Syarat Teknik
 - 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

2.5.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya 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 Departemen Pekerjaan Umum 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 satu daerah 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 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 perkalian dengan volume pekerjaan. Analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

2.5.3 Rencana Pelaksanaan Kerja

1. *Network Planning* (NWP)

Network Planning adalah teknik perencanaan yang didapat 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:

- a. Memberikan perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian kegiatan secara menyeluruh.

- b. Membantu memperkirakan waktu, biaya, serta sumber daya yang diperlukan dalam suatu proyek.
- c. Sebagai dokumentasi proyek.
- d. Mengetahui kegiatan kritis dalam proyek tersebut.
- e. Sebagai alat komunikasi data, masalah, dan tujuan proyek.

Adapun data-data yang diperlukan dalam NWP ini adalah:

- a. 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.

- b. Taksiran waktu penyelesaian tiap pekerjaan

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

- c. 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.

2. *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 mana yang dapat diselesaikan bersamaan.

Adapun keuntungan dari *Barchart* adalah:

- a. Bentuknya sederhana
- b. Mudah dimengerti
- c. Mudah untuk dibuat

d. Mudah dibaca

Adapun kerugian dari *Barchart* adalah:

- a. Kurang jelas antara hubungan suatu pekerjaan dengan pekerjaan yang lain
- b. Sukar mengadakan perbaikan
- c. Sulit digunakan pada proyek-proyek yang unit pekerjaannya kompleks

3. 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:

- a. Sebagai informasi untuk mengontrol pelaksanaan suatu proyek dengan cara membandingkan deviasi antara kurva rencana dengan kurva realisasi proyek.
- b. 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.
- c. Memberikan informasi mengenai waktu yang tepat untuk melakukan pembayaran kepada *supplier*.

