

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Umum

Perancangan bangunan merupakan suatu usaha untuk menyusun dan mengorganisasikan suatu proyek konstruksi baik berupa perhitungan-perhitungan maupun tulisan-tulisan sehingga bangunan yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan dan tetap memperhatikan standar ekonomis, aman, kuat, dan nyaman. Perencanaan merupakan bagian yang terpenting dari pembangunan suatu gedung atau bangunan lainnya.

Perancangan dari suatu konstruksi bangunan harus memenuhi berbagai syarat konstruksi yang telah ditentukan yaitu kuat (kokoh), bentuk yang serasi dan dapat dilaksanakan dengan biaya yang ekonomis tetapi tidak mengurangi mutu dari konstruksi tersebut, sehingga dapat digunakan sesuai dengan fungsi yang diinginkan.

2.2 Ruang Lingkup Perancangan Struktur

Ruang Lingkup dari perencanaan bangunan gedung Guest House UIN Raden Fatah Palembang ini meliputi beberapa tahapan yaitu persiapan, Studi kelayakan, mendesain bangunan (perencanaan), dilanjutkan dengan perhitungan struktur, lalu perhitungan biaya dan proses kerja yang diwujudkan melalui NWP dan kurva S.

2.2.1 Tahapan Perancangan Konstruksi

Perancangan sebuah konstruksi merupakan sebuah sistem yang sebaiknya dilakukan dengan tahapan-tahapan tertentu agar konstruksi yang dihasilkan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Adapun tahapan-tahapan yang dimaksud adalah:

1. Tahap Pra Perencanaan (Preliminary design)

Pada tahap ini hali struktur harus mampu membantu arsitek untuk memilih komponen-komponen struktur penting, baik dimensi maupun posisinya. Pada pertemuan pertama biasanya arsitek akan datang membawa

informasi mengenai:

- a. Sketsa denah, tampak, dan potongan-potongan.
 - b. Penjelasan dari fungsi setiap lantai dan ruangan.
 - c. Konsep awal dari sistem komponen vertikal dan horizontal dengan informasi mengenai luas tipikal dari lantai gedung dan informasi awal mengenai rencana pengaturan dengan lantai tipikal, daerah *entrance*, *function room* ruang tangga dan lain-lain.
 - d. Rencana dari komponen-komponen non-struktural, misalnya dinding arsitektural yang berfungsi sebagai partisi.
2. Tahap Perencanaan

Tahap rencana terdiri dari gambar perencanaan bentuk arsitek bangunan dan perencanaan konstruksi bangunan. Kegiatan perencanaan adalah suatu kegiatan yang sangat pokok dan penting sebelum melaksanakan sebuah proyek. Tekjadinya kesalahan pelaksanaan ataupun metode kerja yang tidak berurutan akan memberikan kerugian pada proyek. Perencanaan yang tepat dan matang akan memudahkan dalam mencapai tujuan utama sebuah pekerjaan konstruksi yaitu tepat waktu, tepat mutu, serta tepat biaya.

Adapun faktor yang menentukan dalam pemilihan jenis struktur adalah sebagai berikut:

a. Aspek Arsitektural

Pengolahan perencanaan denah, gambar tampak, gambar potongan dan perspektif, interior, eksterior dan estetika.

b. Aspek Fungsional

Perencanaan struktur yang baik sangat memperhatikan fungsi daripada bangunan tersebut. Dalam kaitannya dengan penggunaan ruang, aspek fungsional sangat mempengaruhi besarnya dimensi bangunan yang direncanakan.

c. Kekuatan dan Kestabilan Struktur

Kekuatan dan kestabilan struktur mempunyai kaitan yang erat dengan kemampuan struktur untuk menerima beban-beban yang bekerja, baik beban vertikal maupun beban lateral dan kestabilan struktur baik arah vertikal

maupun lateral.

d. Faktor ekonomis dan kemudahan pelaksanaan

Pembangunan dan pemeliharaan konstruksi tersebut diharapkan dapat diselenggarakan dengan biaya seefisien mungkin, namun masih memungkinkan terjaminnya tingkat keamanan dan kenyamanan

e. Aspek Lingkungan

Aspek lingkungan merupakan salah satu aspek lain yang ikut menentukan dalam perencanaan dan pelaksanaan suatu proyek. Dengan adanya suatu proyek diharapkan akan memperbaiki kondisi lingkungan dan kemasyarakatan.

Sedangkan struktur bangunan bawah merupakan sistem pendukung bangunan yang menerima beban struktur atas, untuk diteruskan ke tanah dibawahnya didasarkan pada beberapa pertimbangan yaitu:

1. Keadaan Tanah Pondasi

Jenis tanah, daya dukung tanah, kedalaman tanah keras dan beberapa hal yang menyangkut keadaan tanah erat kaitannya dengan jenis pondasi yang akan digunakan.

2. Batasan-Batasan Akibat Konstruksi Diatasnya

Keadaan struktur atas sangat mempengaruhi pemilihan jenis pondasi, hal ini meliputi kondisi beban (besar beban, arah beban dan penyebaran beban) dan sifat dinamis bangunan diatasnya (statis tertentu dan tak tentu, kekakuan dan sebagainya)

3. Batasan-Batasan Dilingkungan Sekeliling

Hal ini menyangkut lokasi proyek, pekerjaan pondasi tidak boleh mengganggu atau membahayakan lingkungan sekitar proyek.

Adapun dua Struktur pendukung bangunan yaitu:

a. Struktur Bangunan Atas (*Upper Structure*)

Struktur bangunan atas harus sanggup mewujudkan perencanaan dari segi arsitektur dan harus mampu menjamin mutu baik dari segi keamanan maupun kenyamanan bagi penggunaannya. Dalam perhitungan perancangan untuk struktur atas bangunan tersebut meliputi:

- 1) Perhitungan atap
 - 2) Perhitungan pelat atap dan pelat lantai
 - 3) Perhitungan tangga
 - 4) Perhitungan portal (balok dan kolom)
- b. Struktur bangunan bawah (*Sub Structure*)

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

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

2.2.2 Dasar-Dasar Perancangan

Pada perancangan Gedung *Guest House* UIN Raden Fatah Palembang, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang dibuat badan standarisasi yang berlaku di Indonesia dan berbagai jenis buku, diantaranya:

- a. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung berdasarkan SNI 2847 : 2013. pada pedoman ini berisikan persyaratan-persyaratan umum serta ketentuan-ketentuan teknis perencanaan dan pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung.
- b. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan Berdasarkan SNI 2847: 2019. Pada pedoman ini berisikan persyaratan-persyaratan umum serta ketentuan-ketentuan teknis perencanaan dan pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung.
- c. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPPURG_2987) atau SNI 1727-1989-F. Pedoman ini digunakan dalam penentuan beban yang diizinkan dalam sebuah perencanaan gedung, dan memuat ketentuan-ketentuan beban yang diizinkan dalam perhitungan sebuah konstruksi bangunan.

- d. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain SNI 1727 : 2013. pada pedoman ini menentukan beban yang diizinkan untuk merencanakan bangunan serta memuat beban-beban yang harus diperhitungkan dalam perencanaan bangunan
- e. Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847 : 2013 oleh Agus Setiawan
- f. Buku Desain Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2019 Edisi Pertama oleh Yudha Lesmana.

2.3 Klasifikasi Pembebanan

Definisi beban menurut SNI 1727:2013 adalah gaya atau aksi lainnya yang diperoleh dari berat seluruh bahan bangunan, penghuni, barang-barang yang ada di dalam bangunan gedung, efek lingkungan, selisih perpindahan, dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi. Besar beban yang bekerja pada suatu struktur diatur oleh pembebanan yang berlaku. Adapun jenis pembebanan tersebut yaitu:

a. Beban Mati (Beban tetap)

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran (PPURG 1987 hal 5 s/d 6).

Berikut adalah tabel 2.1 dan tabel 2.2 untuk melihat berat sendiri dari bahan bangunan dan berat komponen gedung bahan bangunan yang akan digunakan:

Tabel 2. 1 Berat Sendiri Bahan Bangunan

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 diayak)	1.650 kg/m ³
Pasangan bata merah	1.700 kg/m ³
Pasangan batu belah, 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
Tanah hitam (timbel)	11.400 kg/m ³

(Sumber: PPURG 1987, hal 5)

Tabel 2. 2 Berat Komponen Gedung Bahan Bangunan

KOMPONEN BANGUNAN	Kg/m²
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 tambahan, per cm tebal	14 kg/m ²
Dinding pasangan batu 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)	200 kg/m ² 120 kg/m ²
Dinding pasangan bataku tanpa lubang: - tebal dinding 15 cm - tebal dinding 10 cm	300 kg/m ² 200 kg/m ²
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 - 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 0,8 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 1987, hal 5-6)

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

Beban hidup merupakan beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir atau beban mati (SNI 1727:2013).

Beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lain ini berdasarkan tabel pada SNI 1727:2013, yaitu sebagai berikut dilihat pada tabel 2.3 dibawah ini:

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)
Sistem lantai akses		
- Ruang kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
- Ruang computer	100 (4,79)	2000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 ,18)	
Ruang pertemuan		
- Kursi tetap (terikat dilantai)	100 (4,79)	
- Lobi	100 (4,79)	
- Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	
- Panggung pertemuan	100 (4,79)	
- Lantai podium	150 (7,18)	
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 (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 × 2 in [50 mm × 50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in × 1 in [25 mm × 25 mm])		200 ,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)	
Susunan tangga, rel pengaman dan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) Tidak boleh direduksi	
Rumah sakit - Ruang operasi, laboratorium - Ruang pasien - Koridor di atas 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 - 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 - Ringan - Berat	125 (6,00) 250 (11,97)	2000 (8,90) 3000(13,40)
Gedung perkantoran Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian - Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2000 (8,90)

- Kantor	50 (2,40)	2000 (8,90)
- Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2000 (8,90)
Lembaga hokum		
- Blok sel	40 (1,92)	
- Koridor	100,79)	
Tempat rekreasi		
- Tempat bowling, kolam renang, dan penggunaan yang sama	75 (3,59)	
- Bangsal dansa dan ruang dansa	100 (4,79)	
- Gimnasium	100 (4,79)	
- Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79)	
- Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	60 (2,87)	
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
- Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48)	
- Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	20 (0,96)	
- Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	30 (1,44)	
- Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya		
- Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	40 (1,92)	
- Ruang publik dan koridor yang melayani mereka	100 (4,79)	
Atap		
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96)	
Atap digunakan untuk taman atap	100 (4,79)	
Atap yang digunakan untuk tujuan lain	Sama seperti hunian dilayani	
Atap yang digunakan untuk hunian lainnya		
Awning dan kanopi		
Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0,24) tidak boleh direduksi	
Rangka tumpu layar penutup	5 (0,24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan luas tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka	200 (0,89)

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	20 (0,96)	2000(8,9) 300(1,33) 300(1,33)
Sekolah - Ruang kelas - Koridor di atas lantai pertama - Koridor lantai pertama	40 (1,92) 80 (3,83) 100 (4,79)	1000 (4,5) 1000 (4,5) 1000 (4,5)
Bak-bak/ <i>scuttles</i> , 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 ke pengecer (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: SNI 1727:2013, tentang Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum L_0 dan Beban Hidup Terpusat Minimum, hal 25-28

2.4 Metode Perhitungan Struktur

Pada penyelesaian perhitungan untuk bangunan gedung Guest House UIN Raden Fatah Palembang, penulis mengambil acuan referensi yang berisi peraturan dan tata cara perencanaan bangunan gedung, sebagai berikut:

2.4.1 Pelat Atap dan Pelat Lantai

Pelat adalah suatu elemen horizontal utama yang berfungsi untuk menyalurkan beban hidup, baik yang bergerak maupun statis ke elemen pemikul beban vertikal, yaitu balok, kolom, maupun dinding. Pelat dapat direncanakan sehingga dapat berfungsi menyalurkan beban dalam satu arah (*One way slab*) atau dapat direncanakan untuk menyalurkan beban dalam dua arah (*Two way slab*). (Setiawan, 2016).

Pelat beton bertulang dalam suatu struktur dipakai pada lantai dan dak. Pada pelat yang ditumpu balok pada keempat sisinya, berdasarkan gambar kerja laporan akhir Proyek ini menggunakan Jenis pelat dua arah (*Two Way Slab*) dengan menggunakan metode koefisien momen (Tabel PBI 1971) dengan acuan SNI 2847-2013, SNI 2847-2019 dan SNI 1727-2013.

Adapun beban-beban yang bekerja pada pelat, antara lain:

1. Beban Mati (W_D)
 - a. Beban sendiri pelat atap
 - b. Beban yang diterima oleh pelat akibat adanya mortar, plafond dan Penggantung plafond.
2. Beban Hidup (W_L)

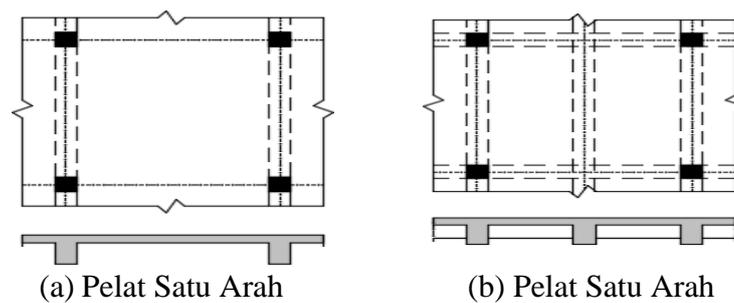
Beban hidup untuk pelat atap diambil sebesar $0,96 \text{ kN/m}^2$ dan pelat lantai sebesar $4,97 \text{ kN/m}^2$ (berdasarkan SNI 1727 tahun 2013 beban hidup untuk Ruang Kamar)

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

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

Pelat satu arah (*one way slab*) merupakan jenis pelat yang mengalami lendutan pada satu arah sumbunya. Hal ini mengandung arti bawah tulangan lentur yang digunakan pun hanya satu arah, sesuai dengan arah lendutan pelat yang terjadi. (Lesmana, 2020 : 191)

Pelat dengan tulangan pokok satu arah ini akan dijumpai jika pelat beton lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satuarah saja. Apabila pelat tertumpu di keempat sisinya, dan rasio bentang panjang terhadap bentang pendek lebih besar atau sama dengan 2, maka hampir 95% beban akan dilimpahkan dalam arah bentang pendek, dan pelat akan menjadi sistem pelat satu arah. Sistem pelat satu arah cocok digunakan pada bentangan 3 – 6 meter, dengan beban hidup sebesar $2,5 - 5 \text{ kN/m}^2$. (Setiawan, 2016 : 252).



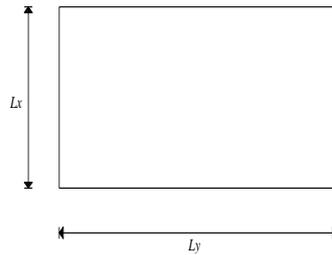
Gambar 2. 1 Jenis-Jenis Pelat Satu Arah

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

Pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh balok pada keempat sisinya dan beban-beban ditahan oleh pelat dalam arah yang tegak lurus terhadap balok-balok penunjang. (Dipohusodo, 1993).

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 Guest House Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang adalah pelat dua arah (*Two Way Slab*) Dalam perencanaan struktur pelat dua arah, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- 1) Menghitung tebal minimum pelat



Gambar 2. 2 Pelat Dua Arah

- Identifikasi jenis plat dengan syarat yaitu, $\frac{ly}{lx} \leq 2$, adapun Ly sebagai sisi pelat terpanjang dan Lx sebagai sisi terpendek.
- Untuk pelat 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 2.6 berikut :

Tabel 2. 4 Ketebalan minimum pelat dua arah tanpa balok interior (mm)

F_y , MPa	Tanpa <i>drop panel</i>			Dengan <i>drop panel</i>		
	Panel Eksterior		Panel Interior	Panel Eksterior		Panel Interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
280	$ln/33$	$ln/36$	$ln/36$	$ln/36$	$ln/40$	$ln/40$
420	$ln/30$	$ln/33$	$ln/33$	$ln/33$	$ln/36$	$ln/36$
520	$ln/28$	$ln/31$	$ln/31$	$ln/31$	$ln/34$	$ln/34$

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

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

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

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

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}, \text{ dan tidak boleh kurang dari 125 mm}$$

(SNI 03-2847-2013;72)

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

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9\beta}, \text{ dan tidak boleh kurang dari 90 mm}$$

(SNI 03-2847-2013;72)

Dimana;

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

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

α_{fm} = nilai rata-rata α_f untuk semua balok tepi – tepi dari suatu pelat.

α_f = rasio kekakuan lentur penampang balok ($E_{cb}I_b$) terhadap kekakuan lentur pelat ($E_{cs}I_s$), yang dibatasi secara lateral oleh garis – garis sumbu tengah dari pelat – pelat yang bersebelahan pada tiap sisi balok

2) Kontrol tebal pelat

Menghitung α_m masing masing panel

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

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

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

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

3) Menghitung beban mati berat sendiri pelat dan kemudian hitung beban rencana total.

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

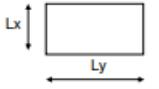
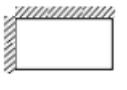
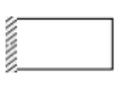
W_u = Jumlah beban terfaktor (KN/m)

W_L = Jumlah beban hidup pelat (KN/m)

W_D = Jumlah beban mati pelat (KN/m)

- 4) Menghitung momen rencana (M_u) 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 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
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{tx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125
	$M_{ty} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	32	32	25
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83	83
	$M_{tx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	21	25	28	31	34	36	37	38	40	40	41	41	41	42	42	42	42
	$M_{ty} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	11	10	10	8
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	68	77	85	92	98	103	107	111	113	116	118	119	120	121	122	122	125
	$M_{tx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	28	33	38	42	45	48	51	53	55	57	58	59	59	60	61	61	63
	$M_{ty} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	28	28	28	27	26	25	23	23	22	21	19	18	17	17	16	16	43
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	68	72	74	76	77	77	78	78	78	78	79	79	79	79	79	79	79
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{tx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	22	28	34	42	49	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125
	$M_{ty} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	32	35	37	39	40	41	41	41	41	40	39	38	37	36	35	35	25
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	70	79	87	94	100	105	109	112	115	117	119	120	121	122	123	123	125
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84	84	84	83	83	83	83	83
	$M_{tx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	32	34	36	38	39	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	$M_{ty} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	8
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{tx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	31	38	45	53	60	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125
	$M_{ty} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	37	39	41	41	42	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	25
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	84	92	99	104	109	112	115	117	119	121	122	122	123	123	124	124	125
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	84	92	98	103	108	111	114	117	119	120	121	122	122	123	123	124	125
	$M_{tx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	37	41	45	48	51	53	55	56	56	59	60	60	60	61	61	62	63
	$M_{ty} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	13
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	55	65	74	82	89	94	99	103	106	110	114	116	117	118	119	120	125
	$M_{tx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	21	26	31	36	40	43	46	49	51	53	55	56	57	58	59	60	63
	$M_{ty} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	26	27	28	28	27	26	25	23	22	21	21	20	20	19	19	18	13
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	60	65	69	72	74	76	77	78	78	78	78	78	78	78	78	79	79
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	60	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83
	$M_{tx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	26	29	32	35	36	38	39	40	40	41	41	42	42	42	42	42	42
	$M_{ty} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	11	11	10	10	10	10	8
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	55	57	57	57	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57

Sumber : PBI 1971

Dimana:

- M_{lx} adalah momen lapangan maksimum per meter lebar di arah-x

- M_{ly} adalah momen lapangan maksimum per meter lebar di arah-y
- M_{tx} adalah momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah-x
- M_{ty} adalah momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah-y

5) 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 :

$d_x = h - \text{tebal selimut beton (p)} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan arah x}$

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

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

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 $\varnothing 13$ atau D13 dan yang lebih kecil	40
Tidak terpapar cuaca atau kontak dengan tanah	Pelat, pelat berusuk dan dinding	Batang 43 dan 57	40
		Batang D36 dan yang lebih kecil	20
	Balok, kolom, pedestal dan batang tarik	Tulangan utama sengkang, spiral, ikat dan pengekang	40

Sumber : SNI 2847:2019:460

6) Menghitung blok balok tekan dengan rumus:

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

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

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

7) Hitung As (Luas Penampang Tulangan) yang diperlukan

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

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

8) Mencari rasio penulangan (ρ)

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f'c'}{fy} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot k}{0,85 \cdot f'c'}} \right]$$

$$\rho_{min} = 0,0020$$

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: $\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$ 0,0020

(Sumber : SNI 2847:2019:553)

9) Hitung jarak tulangan

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

$$s \text{ maks 1} = 2 \cdot h$$

$$s \text{ maks 2} = 450 \text{ mm}$$

2.4.2 Tangga

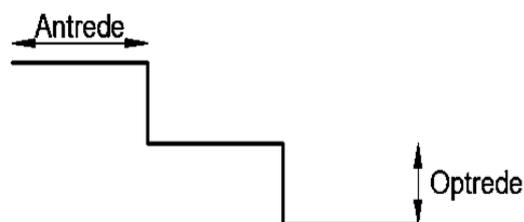
Tangga merupakan bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai salah satu sarana penghubung dari dua tempat yaitu lantai bawah dengan lantai yang ada di atasnya pada bangunan bertingkat dalam keadaan tertentu. (supribadi, 1993:10).

Pada perencanaan struktur tangga ini terbuat dari beton dengan menggunakan metoda distribusi momen atau momen Cross dengan Acuan SNI 2847-2019

a. Tangga terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut:

1) Anak tangga

Anak tangga (*trede*) adalah bagian dari tangga yang berfungsi untuk meminjatkan melangkahkan 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. 3 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 perntunjukkan diambil lebar 150-300 cm.

2) Ibu Tangga

Ibu tangga adalah bagian tangga berupa dua batang atau papan miring yang befungsi menahan kedua ujung anak tangga. Kemiringan ibu tangga sesuai

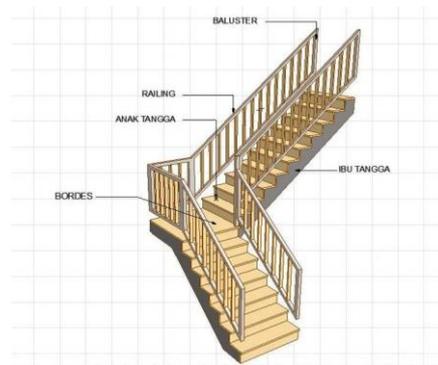
dengan besarnya kelandaian tangga (α). Adapun lebarnya ditentukan oleh perencanaan panjang langkah datar dan tinggi langkah tegak ditambah dengan lebar kayu depan dan kayu belakang yang masing-masing minimal 3-4 cm.

3) Bordes

Bordes 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.

4) Pelengkap Tangga

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



Gambar 2. 4 Bagian-bagian Tangga

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

b. Syarat Umum Tangga

Syarat-syarat umum tangga di antaranya dapat ditinjau dari 3 segi, sebagai

berikut:

1) Segi Kekuatan

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

2) Segi Penempatan

a) Ditempatkan sedemikian rupa sehingga mudah diketahui oleh banyak orang

b) Penempatan tangga diusahakan sehemat mungkin menggunakan ruangan

c) Diusahakan penempatannya tidak mengganggu ataupun menghalangi lalu lintas banyak orang (untuk tangga ditempat-tempat yang ramai seperti tangga gedung bioskop, pasar dan lain-lain).

3) Segi Bentuk

a) Bentuknya rapih, indah dipandang dan serasi dengan keadaan disekitar tangga itu berada.

b) Bentuk konstruksi tangga diusahakan sederhana, layak, sehingga dengan mudah dan cepat dikerjakan serta murah biayanya.

c. 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 :

1) Sudut kemiringan maksimal 45° dan minimum 25° atau dengan menggunakan perbandingan dibawah ini :

$$2 \text{ opride} + 1 \text{ Antrede} = 1 \text{ langkah (57 cm - 65 cm)}$$

2) Tinggi opride

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

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

3) Tinggi Antrede

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

4) Lebar tangga

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

Untuk bangunan umum = ≥ 120 cm

Tabel 2. 8 Daftar Ukuran Lebar Tangga Ideal

No.	Digunakan Untuk	Lebar Efektif (cm)	Lebar Total (cm)
1	1 orang	± 65	± 85
2	1 orang + anak	± 100	± 120
3	1 orang + bagasi	± 85	± 105
4	2 orang	120 – 130	140 - 150
5	3 orang	180 – 190	200 - 210
6	> 3 orang	> 190	> 210

Sumber: Supribadi, 1993;17

- 5) 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. 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

a = Antrede

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

Dimana :

t = tebal rimbat tangan (4-6 cm)

s = sisa pijakan = (5-10 cm)

Tahap-Tahap perhitungan tangga :

1. Merencanakan Tangga

- a) Rencanakan tinggi opride dengan tinggi opride 15 cm – 20 cm
- b) Hitung jumlah opride

$$\text{jumlah opride} = \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{ukuran opride}}$$

c) Hitung tinggi optride sebenarnya

$$\text{tinggi optride sebenarnya} = \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{jumlah optride}}$$

d) Hitung ukuran antrede

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

e) Hitung sudut kemiringan tangga

$$\text{Arc tan } \theta = \frac{\text{Optride}}{\text{Antride}}$$

f) Hitung ukuran bordes

$$L = ln + a^S/d \cdot 2 \cdot a$$

g) Tentukan tebal pelat

2. Menentukan pembebanan

a) Pembebanan pelat anak tangga

1) Beban mati

Berat sendiri pelat + anak tangga

Berat penutup lantai

Berat spesi

Berat sandaran

2) Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga 4,79 kN (SNI 1727 2013)

b) Pembebanan bordes

1) Beban mati

Berat sendiri pelat

Berat penutup lantai

Berat spesi

Berat sandaran

2) Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga 4,79 kN (SNI 1727:2013)

3. Menghitung gaya-gaya yang bekerja pada tangga dengan menggunakan program SAP 2000 Versi 20.

- a) Membuat permodelan tangga pada SAP 2000 Versi 20
- b) 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.
- c) 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.
- d) Memasang tumpuan pada permodelan tangga
- e) Masukkan beban yang bekerja pada anak tangga dan bordes yang telah dikombinasikan antara beban mati dan beban hidup
- f) Setelah pembebanan sudah selesai dimasukkan pada permodelan maka kita dapat melakukan “run analysis”, namun “self weight” dijadikan 0 karena beban sendiri dihitung secara manual.

4. Perhitungan tulangan tangga

- a) Menentukan tinggi efektif

$$d = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan pokok}$$
- b) Momen yang bekerja (M_u)
- c) Penentuan tulangan yang diperlukan

Penentuan tulangan dapat dilanjutkan menggunakan cara dan rumus yang sama seperti pada pelat
- d) Menentukan faktor panjang efektif

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d_{eff}^2}$$

Dimana :

k = Faktor panjang efektif (MPa)

M_u = Momen terfaktor pada penampang (KN/m)

B = Lebar penampang (mm)

d_{eff} = Tinggi efektif pelat (mm)

ϕ = Faktor kuat rencana

e) Menentukan penulangan tangga

1) Menentukan rasio penulangan (ρ)

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

$$\rho_{min} = 0,0020$$

2) Menghitung luas tulangan (A_s)

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

Dimana:

A_s : luas tulangan (mm²)

ρ : rasio penulangan

d_{eff} : tinggi efektif (mm)

3) Penentuan tulangan tulangan yang diperlukan

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

4) Mencari jarak antar tulangan

$$s = \frac{1000 \times A_b \text{ pakai}}{A_s \text{ tulangan}}$$

5) Menentukan tulangan pokok yang akan dipasang

f) Menentukan Penulangan balok bordes

1) Menentukan rasio penulangan (ρ)

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

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

Dalam penggunaan ρ terdapat ketentuan, jika $\rho_{min} < \rho$ maka digunakan ρ dan jika $\rho_{min} > \rho$ maka digunakan ρ_{min}

2) Menghitung luas tulangan (A_s)

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

Dimana:

A_s : luas tulangan (mm^2)

ρ : rasio penulangan

d_{eff} : tinggi efektif (mm)

3) Penentuan tulangan tulangan yang diperlukan

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

4) Penentuan jumlah tulangan

5) Periksa apakah balok bordes membutuhkan tulangan geser

g) Menghitung Tulangan Torsi

1) Menghitung pembebanan yang terjadi, yakni:

Beban Mati (Dead Load)

Beban Hidup (Live Load) = 4,79 KN/m²

2) Menghitung Beban Ultimit Kombinasi, Momen Rencana, Gaya

Lintang, dan Gaya Aksial

Beban Ultimit Kombinasi diperoleh:

$$WU = 1,2 WD + 1,6WL$$

3) Periksa dimensi penampang balok

Menentukan d_{eff}

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

4) 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:

$T_u > \emptyset T_c$ maka diperlukan tulangan torsi

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

$$T_c = \emptyset \cdot 0,083 \cdot \sqrt{f_c} \left(\frac{A_{cp}}{p_{cp}} \right)^{2/3}$$

$$\emptyset T_c = 0,75 \cdot 0,083 \cdot \sqrt{f_c} \left(\frac{A_{cp}}{p_{cp}} \right)^{2/3}$$

Keterangan:

A_{cp} = Luas Penampang

P_{cp} = Keliling Penampang

5) Menghitung T_n

$$T_n = T_u / 0,75$$

6) Kontrol luas sengkang dan torsi

$$A_{vt} = (T_n \cdot s) / (2 \cdot A_o \cdot f_y \cdot \cot \theta)$$

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

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

7) Menghitung Jarak Tulangan Geser Total Torsi

Tulangan lentur torsi:

$$A_t = A_{vt} / (s \cdot \phi \cdot (f_{yv} / f_{yt}) \cdot [\cot \theta]^2 \cdot 45)$$

Tulangan lentur A_{st}

$$A_{st} = 2D_{16} + 2D_{16}$$

$$(A_t + A_{st}) > ((5 \sqrt{f_c} \cdot A_{cp}) / 12 f_y) - (A_{vt} / s \cdot \phi \cdot (F_{yv} / F_{yt}))$$

8) Menghitung Jumlah Tulangan Torsi

$$n = A_t / (1/4 \pi d^2)$$

h) Gambar Penulangan tangga dan balok bordes

2.4.3 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 perancangan balok anak sebagai berikut:

- a. Menentukan dimensi balok, mutu beton dan mutu baja yang akan digunakan.
- b. Menghitung pembebanan yang terjadi pada balok anak untuk kemudian di proses menggunakan program SAP2000 V 20 untuk mendapatkan gaya dalamnya.
- c. Menentukan momen dan gaya geser maksimum berdasarkan dari hasil analisa menggunakan program SAP2000 V 20.
- d. Menghitung tulangan lapangan dan tumpuan

1) Mencari nilai ρ

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

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

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

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

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

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)

2) Menghitung A_s yang diperlukan

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

Dimana:

A_s = luas penampang (mm²)

ρ = rasio penulangan

b = lebar penampang (mm)

d_{eff} = tinggi efektif (mm)

3) Menentukan diameter tulangan yang dipakai dengan syarat A_s terpasang \geq

A_s direncanakan

4) Lakukan pemeriksaan akhir, $\phi M_n > M_u$

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

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

Dimana:

A_s = luas penampang (mm²)

b = lebar penampang (mm)

d_{eff} = tinggi efektif (mm)

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

e. Menghitung tulangan geser

1) 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.

2) Hitung nilai V_c dari persamaan :

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

(SNI 2847 : 2019 hal 190)

3) Periksa nilai V_u

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

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

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

4) Jika $V_u > \emptyset V_c$, hitung gaya geser yang harus dipikul oleh tulangan geser menggunakan persamaan berikut:

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

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

(Agus Setiawan, hal 99)

5) Luas minimum tulangan geser adalah:

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

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

6) 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.

7) Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan berikut :

$$S = \frac{Av1}{Avmin} \times 1000$$

8) 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.

2.4.4 Perhitungan Portal

Portal merupakan suatu system yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan berfungsi menahan beban sebagai satu kesatuan lengkap yang terdiri dari berat sendiri, peralatan berat gording, beban hidup, dan beban mati. Portal-portal yang dihitung adalah portal akibat beban mati, portal akibat beban hidup, dan portal akibat beban gempa. Perencanaan portal ini dapat dihitung dengan menggunakan SAP 2000 Versi 20.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pendimensian portal adalah sebagai berikut:

1. Pendimensian balok dengan tebal minimum balok ditentukan dalam SK SNI SNI 03-2847-2019 adalah untuk balok dengan bentang terpanjang yang memiliki dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum 1/16.
2. Pendimensian kolom dengan bantuan aplikasi SAP 2000 Versi 20
 - a) Analisa pembebanan
 - b) Menentukan gaya-gaya dalam

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

a) Perancangan portal dengan menggunakan SAP 2000 Versi 20

Perancangan portal akibat beban mati

Langkah-langkah menentukan pembebanan pada portal adalah sebagai berikut:

- 1) Beban pelat
- 2) Beban balok
- 3) Beban penutup lantai dan adukan
- 4) Berat balok
- 5) Berat pasangan dinding (jika ada)

b) Perancangan portal akibat beban hidup

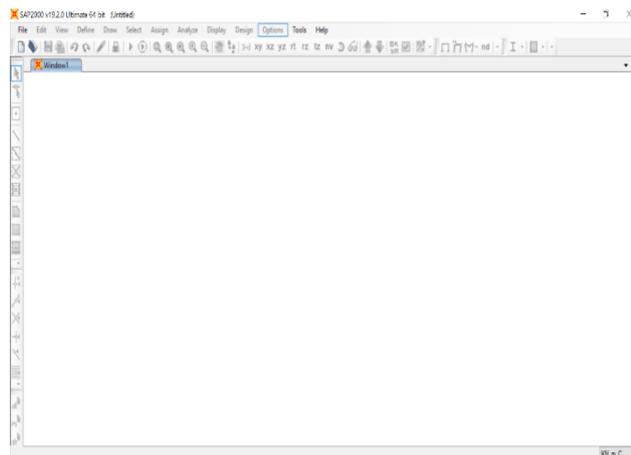
Untuk merencanakan portal akibat beban hidup perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

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

Langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan metode SAP 2000 20 yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

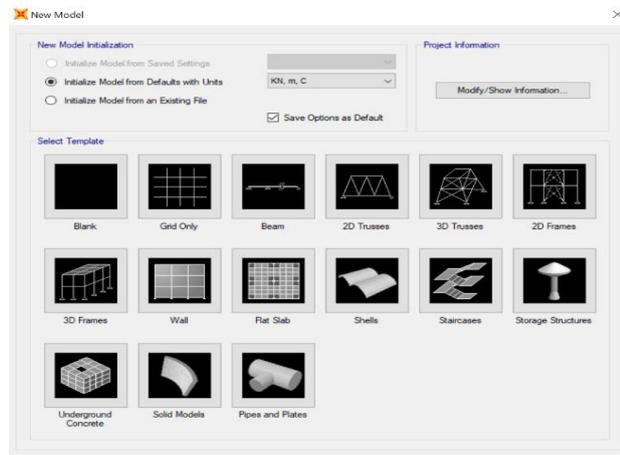
3. Membuat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup

a) Klik new model atau CTRL + N



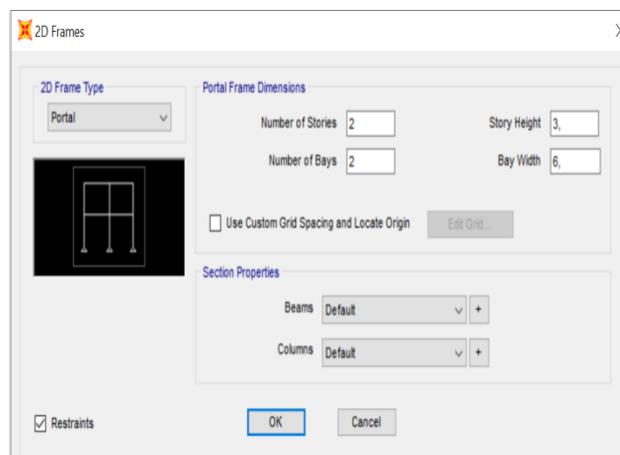
Gambar 2. 5 *Toolbar New Model*

- b) Kemudian akan tampil kotak seperti gambar dibawah ini, tetapkan satuan yang akan dipakai, misal kgf, m, c.



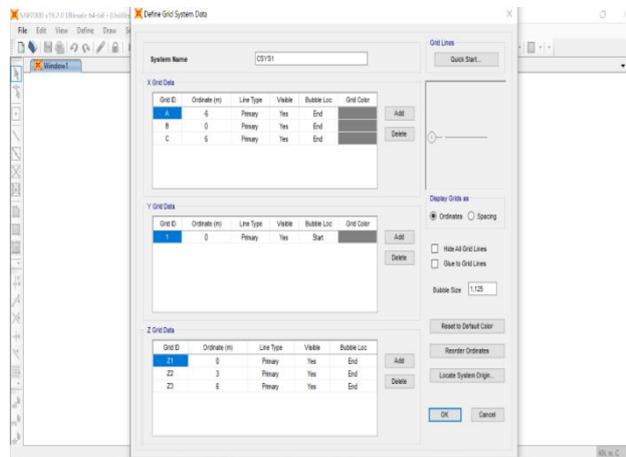
Gambar 2. 6 Tampilan *New Model*

- c) Pilih model template *2D Frames*, akan muncul jendela seperti Gambar 2.9 isikan *Number of stories*, *stroy height*, *Number of Bays*, dan *bay width* masukan sesuai data – data perencanaan. Kemudian klik ok.



Gambar 2. 7 Tampilan *2D frames*

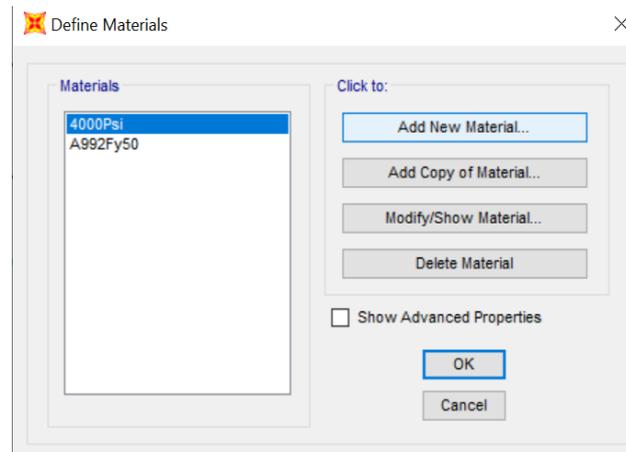
- d) Untuk mengatur kembali jarak-jarak pada portal. Dapat dilakukan dengan cara **klik 2x** pada *grid point* yang terdapat pada portal. Maka, akan muncul tampilan *Define Grid system data* (dapat di lihat pada Gambar 2.7) Setelah itu dapat dilakukan penyesuaian kembali jarak portal dengan data perencanaan yang ada dan disesuaikan arah x, dan z pada SAP v.20



Gambar 2. 8 *Define Grid System data*

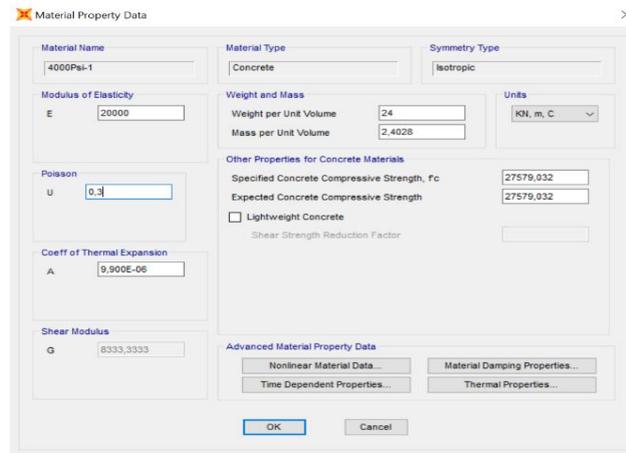
4. Menentukan Material

- a) Langkah pertama klik *Define* pada toolbar > lalu klik *Materials Properties* maka akan muncul jendela *Define Materials*.



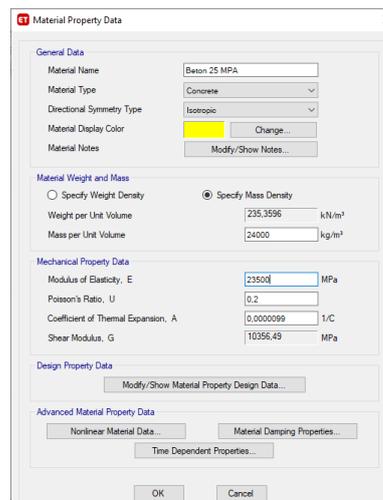
Gambar 2. 9 Jendela *Define Materials*

- b) Pilih *Add new Material*, maka akan muncul jendela *material Property Data*. Ganti nilai *Weight per unit volume* dengan 24 (nilai ini adalah nilai dari berat jenis beton). ubah nilai *Modulus of Elasticity* dengan rumus $4700F_c \cdot 1.1000$, serta ubah juga nilai F_c dan F_y sesuai dengan perencanaan dengan masing-masing dikali 1000, klik *OK*.



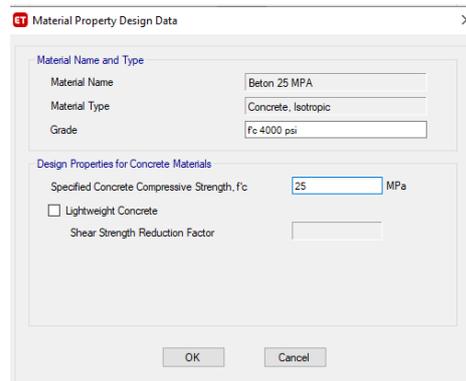
Gambar 2. 10 Jendela *Material Property Data*

- c) Akan muncul jendela material Property Data. Ubah Material name nya. Lalu ubah nilai Mass per unit volume menjadi 2400 kg/m^3 . Ubah nilai Modulus Of Elasticity dengan rumus $4700\sqrt{F'c} \cdot 1000$.



Gambar 2. 11 Jendela *Material Property Data*

- d) Lalu klik Modify/Show material Property design data dan akan terbuka jendela material property design data. Ubah nilai specified concrete compressive strength sesuai perencanaan. Klik Ok

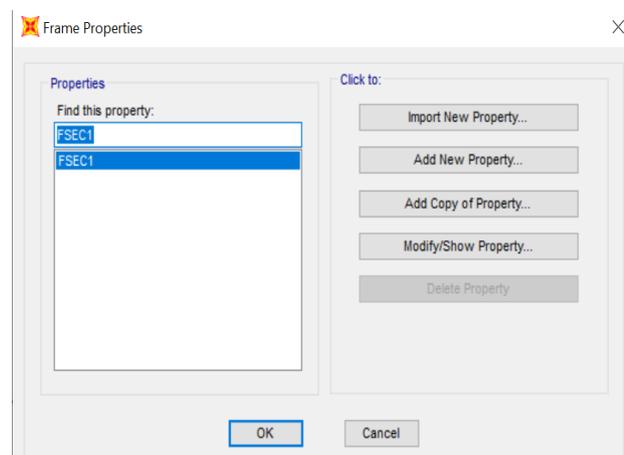


Gambar 2. 12 *Materials Property Design Data*

e) Untuk membuat material tulangan dan baja maka ulangi langkah (b) dengan menyesuaikan data perencanaan dan SNI yang berlaku.

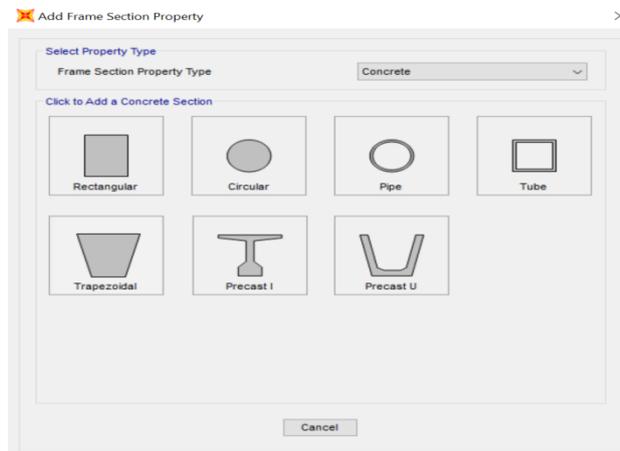
5. Menentukan nilai dimensi kolom dan balok dan pelat lantai

a) Klik menu Define > Section Properties > Frame Section, setelah memilih menu diatas akan tampil Toolbar Frame Properties.

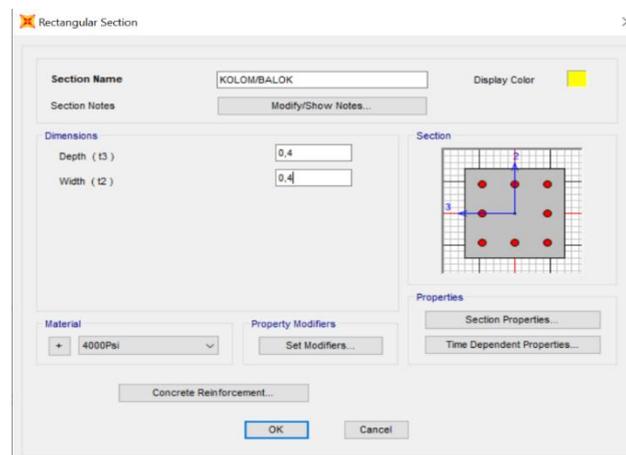


Gambar 2. 13 *Toolbar Frame Properties*

b) klik add new property, maka akan muncul jendela 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 (untuk penampang berbentuk segiempat).



Gambar 2. 14 Jendela *Add Frame Section Property*

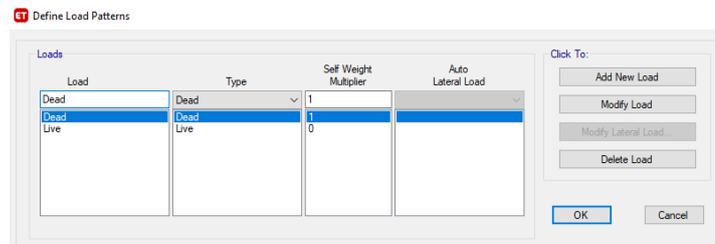


Gambar 2. 15 Jendela *Rectangular Section*

- c) Ganti section name dengan nama Balok (untuk balok), Kolom (untuk kolom). ganti ukuran tinggi (Depth) dan lebar (Width) Balok /Kolom sesuai dengan perencanaan. Kemudian klik Concrete Reinforcement, klik Column (untuk kolom), Beam (untuk balok) lalu klik OK.
- d) Untuk menentukan frame tersebut balok atau kolom yaitu dengan cara memblok frame kemudian pada toolbar pilih menu Assign – Frame / Cable / Tendon – Frame Section – pilih Balok atau Kolom.

6. membuat case beban mati, hidup dan angin.

- a) Pilih menu define > load pattern, maka akan terbuka jendela define load patterns, lalu input nama pembebanan, type pembebanan dan nilai koefisiennya diisi dengan 0. Lalu klik add new load lalu klik ok.

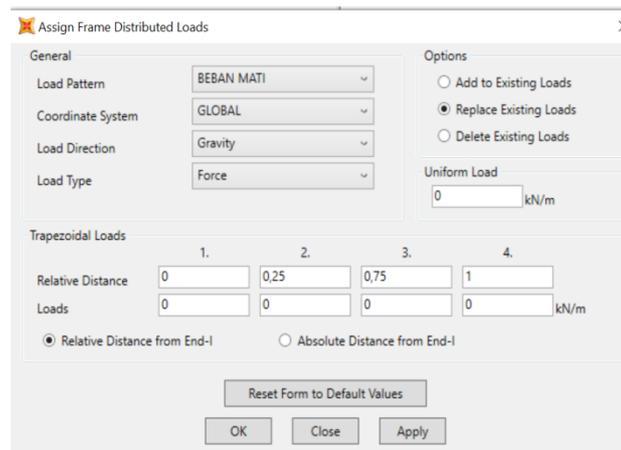


Gambar 2. 16 Jendela *Define Load Patterns*

b) Input nilai beban mati dan beban hidup

1. Akibat beban merata

Blok frame yang akan di input, lalu pilih menu pada toolbar, *Assign – Frame Loads – Distributed* - 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) – atur jarak (*distance*) di titik 1 diisi = 0 dan di titik 2 diisi = panjang frame, serta isi nilai bebannya pada 2 titik tersebut atau dapat dilakukan menggunakan uniform load untuk beban merata yang beban sama rata.



Gambar 2. 17 Jendela *Frame Distributed Loads*

2. Akibat beban terpusat

Sama halnya seperti menginput data pada pembebanan merata, hanya saja setelah memilih menu *Frame* – selanjutnya yang dipilih adalah *Points*. maka akan tampil jendela seperti gambar 2.15

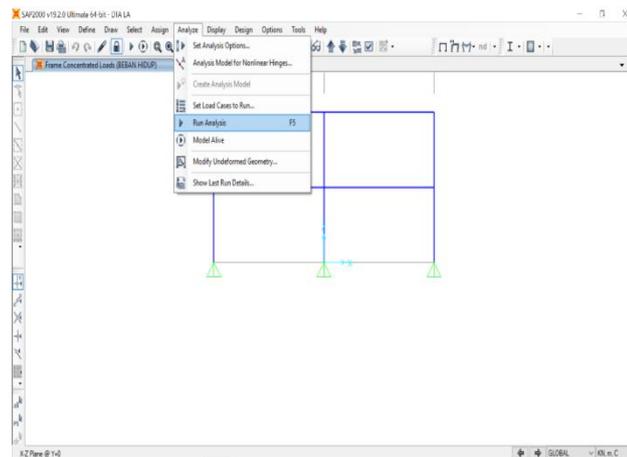
Gambar 2. 18 Jendela *Frame Point Loads*

c) Input *Load Combination* (beban kombinasi), yaitu 1,2 beban mati + 1,6 beban hidup. Blok seluruh frame yang akan di kombinasi, kemudian pilih menu pada toolbar, *Define – Combinations – add new combo*, kemudian akan terlihat seperti

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
DEAD	Linear Static	1,2
BEBAN HIDUP	Linear Static	1,6
DEAD	Linear Static	1,2

Gambar 2. 19 Jendela *Load Combinations*

d) Run analisis, seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 20 *Toolbar Run Analysis*

2.4.5 Perhitungan Balok Induk

Balok induk merupakan penyangga struktur utama pada bangunan yang secara fisik mengikat kolom-kolom utama bangunan. Seluruh gaya-gaya yang bekerja pada balok ini akhirnya didistribusikan ke pondasi melalui kolom bangunan. Pada perancangan Struktur Balok menggunakan Acuan *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2019*.

Langkah perhitungan balok induk sama seperti balok anak, yang membedakan hanya data momen lentur yang dihitung berdasarkan data gaya dalam dari perhitungan portal pada program SAP2000 Versi 20. Adapun langkah-langkah perhitungan balok induk sebagai berikut:

- a. Menentukan mutu beton yang digunakan
- b. Menentukan dimensi balok yang akan direncanakan
- c. Menghitung pembebanan pada balok induk untuk diproses di program SAP2000 20 untuk mendapatkan data gaya dalamnya.
- d. Penulangan

- 1) Menentukan d_{eff}

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

- 2) Mencari nilai ρ

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot d_{eff}^2}$$

$$\rho_{hitung} = \frac{0,85 \cdot f'c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f'c'}} \right]$$

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

$$\rho_{min} = \sqrt{\frac{f_c}{4f_y}} \text{ (Digunakan untuk mutu beton } > 30 \text{ MPa) atau; } \beta_1$$

Untuk $f'c \leq 28 \text{ Mpa}$, $\beta_1 = 0,85$

Untuk $28 \text{ Mpa} < f'c < 56 \text{ Mpa}$, $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f'c - 28}{7}$

Untuk $f'c > 56 \text{ Mpa}$, $\beta_1 = 0,65$

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

Dengan beberapa syarat, seperti :

- a. Jika $\rho_{min} < \rho_{hitung} < \rho_{max} = \text{OKE}$.
 - b. Jika $\rho_{hitung} < \rho_{min}$, maka penampang terlalu besar sehingga dimensi balok bisa dikurangi.
 - c. Jika $\rho_{hitung} > \rho_{max}$, maka penampang terlalu kecil sehingga dimensi balok harus dibesarkan.
- e. Hitung A_s yang diperlukan
- $$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$
- $A_{s_{min}}$ harus lebih besar dari :
- $A_{s_{min}} > \frac{0,25 \sqrt{f'c'}}{f_y} b_w d$
 - $A_{s_{min}} > \frac{1,4}{f_y} b_w d$
- (SNI 2847:2019 hal. 189 pasal 9.6.1.2)
- f. Menentukan diameter tulangan yang dipakai dengan syarat A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan
 - g. Perencanaan tulangan geser

- 1) 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.
- 2) Hitung nilai $\phi V_c, \frac{1}{2} V_c$

$$\phi V_c = \phi 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} \text{ bw } d$$
- 3) Periksa nilai V_u
 - Jika $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$, tidak dibutuhkan tulangan geser
 - Jika $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$, dibutuhkan tulangan geser minimum. Dapat digunakan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum ditentukan langkah 7).
 - Jika $V_u > \phi V_c$, tulangan geser harus disediakan sesuai langkah 4) sampai 8).
- 4) Hitung gaya geser yang harus dipikul oleh tulangan geser
$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$
- 5) Hitung nilai V_{c1}, V_{c2}

Jika $V_{c1} \leq 0,33 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \text{bw} \cdot d$

Jika $V_{c2} \leq 0,66 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \text{bw} \cdot d$

Apabila $V_s < V_{c2}$ maka proses desain dapat dilanjutkan ke langkah berikutnya, namun bila $V_s > V_{c2}$ maka ukuran penampang harus diperbesar.
- 6) Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan :
$$S_1 = \frac{A_v f_{yt} d}{V_s}$$
- 7) Peraturan tidak mensyaratkan jarak minimum tulangan sengkang. Namun dalam kondisi normal, sebagai tujuan praktis dapat digunakan $S_{\min} = 75 \text{ mm}$ untuk $d \leq 500 \text{ mm}$, dan $S_{\min} = 100 \text{ mm}$ untuk $d > 500 \text{ mm}$. Jika nilai s yang diperoleh kecil, maka dapat ditempuh jalan memperbesar diameter tulangan sengkang atau menggunakan sengkang dengan kaki lebih dari dua.

2.4.6 Kolom

Kolom merupakan elemen struktur utama yang memikul beban kombinasi aksial tekan dan momen lentur. Pada prakteknya, sangat jarang menemukan elemen kolom memikul murni gaya tekan. Umumnya kolom selalu memikul beban kombinasi aksial tekan dan momen. Kolom juga merupakan elemen struktur utama yang berperan paling penting dalam memikul beban lateral pada struktur gedung. (Lesmana, 2020 : 121)

Pada perancangan struktur kolom proyek ini adalah struktur kolom tak bergoyang dengan menggunakan Acuan *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2019*.

Secara umum dapat diklasifikasi menjadi beberapa kategori sebagai berikut:

- a. Berdasarkan beban yang beerja, kolom dilasifikasi menjadi :
 - 1) Kolom dengan beban aksial
 - 2) Kolom dengan beban eksentris
 - 3) Kolom dengan beban biaksial
- b. Berdasarkan panjangnya, kolom dibedakan menjadi :
 - 1) Kolom panjang
 - 2) Kolom pendek
- c. Berdasarkan jenis-jenis bentruk kolom yaitu
 - 1) Kolom segi empat dengan sengkang,
 - 2) Kolom bulat dengan sengkang dan spiral, dan
 - 3) Kolom komposit (beton dan profil baja).

Dari semua jenis bentuk, kolom segi empat adalah jenis kolom yang paling banyak digunakan, karena lebih murah dan mudah dalam pengerjaannya.

Berikut langkah-langkah perencanaan kolom, yaitu :

- 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

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

$$r = \sqrt{(i/Ag)}$$

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

$$i = 1/12 \times b \times h^3$$

e. Nilai d' Penampang kolom

$$d' = t_s + \phi_s + 1/2 D$$

f. Nilai γ Penampang Kolom

$$\gamma = (h - (2 \times d'))/h$$

g. Menentukan nilai kekakuan kolom

$$\Psi = \frac{\sum(EI/l)_{\text{Kolom}}}{\sum(EI/l)_{\text{Balok}}}$$

h. Menentukan nilai kelangsingan kolom

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

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

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

$$e = M_u/P_u$$

Sumbu x:

$$R_n = (P_u/\phi) e / (f_c' \times A_g \times h)$$

Sumbu y:

$$K_n = ((P_u/\phi)) / (f_c' \times A_g)$$

j. Tentukan Astotal

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

k. Tentukan jumlah tulangan

$$n = A_{stotal} / (1/4 \pi D^2)$$

l. Tentukan nilai Vu dari SAP

m. Menghitung nilai Vc

$$\phi V_c = \phi 0,17(1 + N_u/14A_g) \lambda \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

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

n. Menentukan jarak sengkang

- S1 = 16.dbsengkang
 S2 = 48 dbpokok
 S3 = Dimensi terkecil (b)

2.4.7 Sloof

Sloof adalah struktur dari bangunan yang terletak di atas pondasi bangunan. Sloof berfungsi mendistribusikan beban dari bangunan atas ke pondasi, sehingga beban yang tersalurkan di setiap titik pada pondasi tersebar merata. Berikut langkah-langkah perencanaan perhitungan dalam merencanakan sloof, yaitu :

- a. Menentukan dimensi sloof
- b. Menentukan pembebanan pada sloof
 - 1) Berat sendiri sloof
 - 2) Berat dinding dan plesteran

Kemudian beban dijumlahkan untuk mendapatkan beban total, lalu dikalikan faktor untuk beban terfaktor.

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

Keterangan :

M_u = beban terfaktor per unit panjang bentang balok

M_D = beban mati

M_L = beban hidup

- c. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

Penulangan lentur lapangan

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

$$M_{Rmaks} = \emptyset \cdot b \cdot d_{\text{eff}}^2 \times K_{\text{maks}}$$

$$K_{\text{maks}} = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot (600 + fy - 225 \cdot \beta_1)}{(600 + fy)^2}$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot f_c'}{fy} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f_c'}} \right]$$

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

- 2) Menghitung A_s yang diperlukan

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

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

d. Perencanaan tulangan geser

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

(SNI 2847-2019 hal.485 pasal 22.5.5.1)

Tulangan geser diperlukan apabila $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$. Tulangan geser minimum dipakai apabila nilai V_u melebihi $\frac{1}{2} \phi V_c$ tetapi kurang dari ϕV_c . Biasanya dapat digunakan tulangan berdiameter 10 mm yang diletakkan dengan jarak maksimum. Apabila nilai $V_u > \phi V_c$, maka kebutuhan tulangan geser harus dihitung. (Agus Setiawan, 2016;103)

- 2) Gaya geser V_u yang dihasilkan oleh beban terfaktor harus kurang dari atau sama dengan kuat geser nominal dikali dengan faktor reduksi (ϕ), atau:

$$V_u < \phi V_n$$

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

Sehingga

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

Dengan besaran faktor reduksi (ϕ) untuk geser sebesar 0,75. (Setiawan, 2016; 99)

- 3) Jarak maksimum tulangan geser

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

Jika $V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$, maka $S = d/4$ atau 300 mm

(SNI 2847-2019 hal. 223 pasal 10.7.6.5.2)

Dengan batasan kebutuhan luas minimum luas tulangan geser :

$$S = \frac{A_v \cdot f_y t}{0,062 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w}, \text{ untuk } f_c' > 30 \text{ Mpa}$$

$$S_{min} = \frac{A_v \cdot f_y t}{0,35 \cdot b_w}, \text{ untuk } f_c' \leq 30 \text{ Mpa}$$

(SNI 2847:2019 hal. 192 pasal 11.4.5, R9.6.3)

Rumus sengkang vertikal :

$$S = \frac{A_v \cdot f_y t}{0,35 \cdot b_w} \text{ (Setiawan, 2016;99)}$$

Keterangan :

V_c = Kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = Gaya geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton

V_n = Kuat geser nominal

V_s = Kuat geser nominal yang disumbangkan tulang geser

A_v = Luas penampang tulangan geser total pada daerah sejarak s , 2 A_s

Dimana :

A_s = luas penampang batang tulangan sengkang

D = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan Tarik

2.4.8 Pondasi dan Pilecap

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menempatkan bangunan dan menerima penyaluran beban dari struktur atas ke tanah dasar pondasi yang cukup kuat menahannya tanpa terjadinya *diferensial settlement* pada sistem strukturnya. Pada analisa daya dukung tanah pada proyek pembangunan ini dengan penyelidikan tanah dengan menghasilkan nilai sondir. Proyek ini Menggunakan jenis pondasi dalam yaitu tiang pancang.

Pondasi tiang pancang digunakan untuk mentrasfer beban dari struktur atas (kolom) ke lapisan tanah keras yang berada jauh di lapisan permukaan bumi, yang mengandalkan kapasitas ujung tiang (end bearing) dan daya lekatan tanah di keliling tiang (skin friction). (lesmana , 2020:383)

Untuk memikul suatu beban kolom yang cukup berat, terkadang tidak cukup apabila hanya digunakan satu buah tiang pancang saja. Dua atau lebih tiang pancang dapat digunakan untuk memikul satu buah beban kolom. Guna menyatukan tiang pancang yang jumlahnya lebih dari satu itu, maka diperlukan suatu struktur Pile Cap yang berfungsi untuk mendistribusikan beban dari kolom ke masing-masing tiang pancang. (Setiawan 2016:326)

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan jenis pondasi:

- a. Kondisi bangunan disekitar pondasi
- b. Keadaan tanah pondasi
- c. Jenis konstruksi bangunan

d. Waktu dan biaya pengerjaan

Secara umum terdapat dua macam pondasi, yaitu :

1. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal karena kedalaman masuknya ke tanah relatif dangkal, dipakai untuk bangunan bertanah keras atau bangunan-bangunan sederhana.

Termasuk pondasi dangkal antara lain :

- Pondasi batu kali setempat
- Pondasi tapak atau pelat beton setempat
- Pondasi Strauss
- Pondasi lajur batu kali
- Pondasi beton lajur

2. Pondasi Dalam

Dipakai untuk bangunan bertanah lembek, bangunan berbenteng lebar (memiliki jarak kolom lebih dari 6 meter), dan bangunan bertingkat. Yang termasuk pondasi dalam, antara lain:

- Pondasi sumuran
- Pondasi tiang pancang
- Pondasi Bored Pile

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 perancangan pondasi adalah sebagai berikut :

Berikut langkah-langkah perhitungan perhitungan pondasi, yaitu :

- a. Melengkapi data pembebanan beban vertical dan momen
- b. Menentukan daya dukung ijin tanah (Q) melalui perhitungan dengan berdasarkan data-data tanah yang ada

- 1) Berdasarkan kekuatan tanah

$$Q_{izin} = \frac{q_c \times A_b}{f_b} + \frac{JHP \times O}{f_s}$$

- 2) Berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang

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

- c. Menentukan jumlah banyaknya tiang pancang

$$Q = \frac{(P \times 10\%) + P + \text{berat pile cap}}{n} + \frac{my \cdot X \max}{\sum X^2} + \frac{mx \cdot Y \max}{\sum Y^2}$$

- d. Menentukan jarak antar tiang pancang

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

Keterangan :

S = jarak antar tiang

d = ukuran *Pile* (Tiang)

- e. Menentukan efisiensi kelompok tiang

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

Dimana,

Eg = Efisiensi kelompok tiang

B = Diameter tiang (m)

s = jarak antar tiang (m)

m = jumlah baris tiang dalam kelompok tiang (buah)

n = jumlah kolom tiang dalam kelompok (buah)

Daya dukung grup ijin tiang :

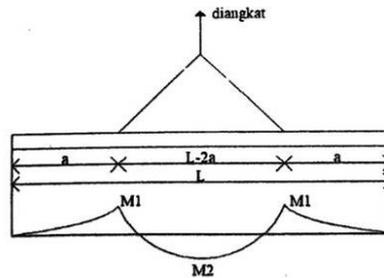
$$Q_{ult\text{grup}} = Q_{terkecil} \cdot n \cdot Eg$$

- f. Pengangkatan tiang pancang

- 1) Pengangkatan pola 1 (pada waktu pengangkatan)

Kondisi pengangkatan tiang pancang dan momen yang ditimbulkan dengan

dua tumpuan.



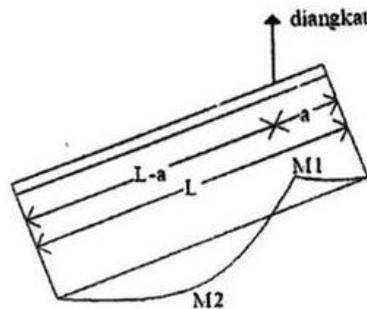
Gambar 2. 21 Pengangkatan Pola 1

$$M_1 = M_2$$

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

2) Pengangkatan pola 2 (pada waktu pengangkatan)

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



Gambar 2. 22 Pengangkatan Pola 2

$$M_1 = M_2$$

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

g. Perhitungan tulangan tiang pancang

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

2) Berdasarkan nilai momen pada saat pengangkatan

Menghitung nilai ρ_{hitung}

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

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

Menghitung luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_{Stot} = \rho \cdot b \cdot d_{eff}$$

Menentukan jumlah tulangan

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

Menghitung banyaknya tulangan

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

h. Perhitungan tulangan geser tiang pancang

- 1) Menghitung nilai V_u , V_u didapatkan dari pola pemancangan
- 2) $\phi V_c = \phi(0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d_{eff})$

$$\frac{1}{2} \phi V_c$$

Dengan $\phi = 0,75$

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

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

Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan berikut :

$$S_t = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

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 :

$$- S_2 = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm, jika } V_s \leq V_{c1} = 0,33 \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d$$

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

$$- S_3 = \frac{A_v \cdot f_y}{0,35 \cdot b_w}, \text{ untuk } f_c' > 30 \text{ MPa}$$

atau

$$- S_3 = \frac{A_v \cdot f_y}{0,62 \cdot b_w}, \text{ untuk } f_c' < 30 \text{ MPa}$$

Sehingga, untuk sengkang vertikal dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

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

i. Perhitungan *Pile Cap*

Pile cap biasanya terbuat dari beton bertulang berfungsi untuk mengikat tiang-tiang pancang menjadi satu kesatuan dan memindahkan beban kolom kepada tiang. Adapun langkah-langkah menentukan perhitungan *pile cap* sebagai berikut:

- 1) Menentukan dimensi *pile cap*
- 2) Memasukkan beban momen yang bekerja M_{ux} , M_{uy}
- 3) Menghitung Q_u

$$Q_u = (P_u \times 10\%) + P_u + (\text{berat pile cap} \times 1,2)$$

- 4) Menentukan kemampuan tiang pancang terhadap sumbu x dan sumbu y

$$Q_i = \frac{Q}{n} \pm \frac{M_{uy} \cdot X_i}{\sum X^2} \pm \frac{M_{ux} \cdot Y_i}{\sum Y^2}$$

- 5) Kontrol kekuatan geser secara kelompok

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

- 6) Kontrol kekuatan geser

- Untuk aksi dua arah

$$V_u = \frac{p_u}{2}$$

- a) Geser dua arah di sekitar kolom

Nilai kuat geser pons dua arah untuk beton ditentukan dari nilai terkecil antara:

$$B_o = 4 (c+d)$$

$$\phi V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{bc}\right) \sqrt{f_c'} \lambda b_o d$$

$$\phi V_{c2} = 0,083 \left(2 + \frac{a1 \cdot d}{b_o}\right) \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$\phi V_{c3} = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

Dengan $\phi = 0,75$

Periksa nilai V_u

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

b) Geser dua arah sekitar tiang pancang:

$$B_o = 2(t + d/2)$$

$$\phi V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{bc}\right) \sqrt{f_c'} \lambda b_o d$$

$$\phi V_{c2} = 0,083 \left(2 + \frac{a1 \cdot d}{b_o}\right) \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$\phi V_{c3} = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

Dengan $\phi = 0,75$

Periksa nilai V_u

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

7) Perhitungan tulangan pokok *Pile Cap*

1. Menghitung nilai ρ

x = jarak As tiang pancang ke tepi kolom – $c/2$

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

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

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

2. Menghitung tulangan yang dibutuhkan

$$A_s = \rho \times b \times d$$

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

2.5 Manajemen Proyek

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

1. Kegiatan perencanaan

a. Penetapan tujuan (*goal setting*)

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

b. Perencanaan (*planning*)

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

c. Pengorganisasian (*organizing*)

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

2. Kegiatan pelaksanaan

a. Pengisian staf (*staffing*)

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

b. Pengarahan (*briefing*)

Pengarahan ini merupakan tahapan kelanjutan dari pengisian staf. Pada tahap ini dilakukan pengarahan berupa penjelasan tentang lingkup pekerjaan dan

paparan waktu untuk memulai dan menyelesaikan pekerjaan tersebut.

3. Kegiatan pengendalian

a. Pengawasan (*supervising*)

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

b. Pengendalian (*controlling*)

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

c. Koordinasi (*coordinating*)

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

2.5.1 Dokumen Tender

Dokumen Tender atau Dokumen Lelang Dokumen lelang adalah dokumen yang berisi informasi dan petunjuk tentang ketentuan atau peraturan dalam penyelenggaraan pelelangan supaya para pihak yang terkait saling mengetahui, memahami dan mematuhi pelaksanaan pelelangan dengan baik, serta mengetahui hak atau kewajiban dalam pelaksanaan contract.

Dokumen Tender Terdiri dari gambar desain dan rencana kerja dan syarat-syarat (RKS) sebagai berikut:

a. Gambar Desain

Gambar *Desain* merupakan gambar pelaksanaan. gambar ini merupakan pendetailan dari gambar forcon sehingga mudah dilaksanakan dilapangan. namun dalam perjalanan proyek tentu ada kendala yang terjadi sehingga yang tidak diprediksi diawal. sehingga gambar Shop drawing tidak sesuai dengan forcon agar bisa dilaksanakan dilapangan. hal ini boleh dilakukan asalkan mendapat persetujuan dari konsultan pengawas dan owner. Memiliki gambar desain lengkap

dan rancangan anggaran biaya. Gambar teknis ini diperlukan dalam pembuatan rancangan anggaran biaya. Kemudian, rancangan anggaran biaya pembangunan inilah yang digunakan sebagai acuan bagi kandidat kontraktor untuk menyusun proposal biaya pembangunan dan lain sebagainya. Dengan kata lain, Anda harus memiliki gambar desain teknis agar bisa memulai tender.

b. Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS)

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

1. Syarat Umum

- a. Mengenai pemberi tugas atau pemilik proyek
- b. Bentuk surat penawaran dan cara penyampaiannya
- c. Syarat- syarat peserta lelang
- d. Keterangan mengenai perencanaan (Desain)

2. Syarat teknis

- a. Jenis mutu dan bahan yang digunakan
- b. Jenis dan uraian pekerjaan yang harus dilaksanakan
- c. Cara pelaksanaan pekerjaan
- d. Merk material atau bahan

3. Syarat administrasi

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

4. Untuk dapat menyusun rencana kerja untuk sebuah proyek, maka harus dibutuhkan:
 1. Gambar kerja proyek
 2. Rencana anggaran biaya pelaksanaan proyek
 3. *Bill of quality* (BOQ) atau daftar volume pekerjaan
 4. Data lokasi proyek berada
5. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan, sub-kontraktor yang tersedia disekitar lokasi pekerjaan proyek berlangsung.
6. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan, sub-kontraktor yang harus didatangkan ke lokasi proyek.
7. Data kebutuhan tenaga kerja dan ketersediaan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan.
8. Data cuaca atau musim dilokasi pekerjaan proyek
9. Data jenis transportasi yang dapat digunakan disekitar lokasi proyek
10. Metode kerja yang digunakan untuk melaksanakan masing-masing item pekerjaan.
11. Data kapasitas produksi meliputi peralatan, tenaga kerja, sub-kontraktor, material.
12. Data keuangan proyek meliputi arus kas cara pembayaran pekerjaan, tenggang waktu pembayaran *progress*, dan lainnya.

2.5.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perencanaan biaya untuk menentukan biaya yang diperlukan dalam pelaksanaan pekerjaan dan menyusun tata cara pelaksanaan teknik dan administrasi. RAB dapat memberikan gambaran mengenai besar biaya yang diperlukan dan pelaksanaannya. Sedangkan Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda di masing-masing daerah disebabkan karena perbedaan harga bahan upah tenaga kerja. Maka dari itu anggaran biaya ini ialah harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat.

a. Daftar harga satuan upah dan 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

b. 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.

c. 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.

d. 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

2.5.3 Rencana Pelaksanaan Kerja (*Time Schedule*)

Sebelum dimulainya pelaksanaan kegiatan proyek konstruksi, biasanya didahului dengan penyusunan rencana kerja waktu kegiatan yang disesuaikan dengan metode konstruksi yang akan digunakan. Rencana pelaksanaan kerja terdiri dari Network Planning (NWP), barchart, dan kurva S.

a. Barchart

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

- 1) Daftar item kegiatan, yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
- 2) Urutan pekerjaan, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu dan item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.
- 3) Waktu pelaksanaan pekerjaan adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan.

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

- Keuntungan :

- a. Bentuknya sederhana
- b. Mudah dibuat
- c. Mudah dimengerti
- d. Mudah dibaca

- Kerugian :

- a. Hubungan antara pekerjaan yang satu dengan yang lain kurang jelas
- b. Sulit digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang besar.
- c. Sulit untuk mengadakan perbaikan atau pembaharuan (*updating*), karena umumnya harus dilakukan dengan membuat *barchat* baru

Tabel 2. 9 Tabel Barchat

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

b. Kurva S

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif *progress* pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Kurva tersebut dibuat berdasarkan rencana atau pelaksanaan *progress* pekerjaan dari setiap kegiatan. *Progress* tersebut dapat berupa rencana dan pelaksanaan biasanya mempunyai kemiringan yang landai pada tahap permulaan dan tahap akhir dari pelaksanaan proyek.

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

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

Manfaat dan kegunaan kuva S:

- a) Sebagai informasi untuk mengontrol pelaksanaan suatu proyek dengan cara membandingkan deviasi antara kurva rencana dengan kurva realisasi.
- b) Sebagai informasi untuk pengambilan keputusan berdasarkan perubahan kurva realisasi terhadap kurva rencana. Perubahan ini bisa dalam bentuk

Gambar 2. 24 Diagram NWP

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah :

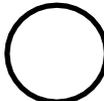
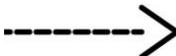
- a. Urutan pekerjaan yang logis
Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan dimulai, dan pekerjaan apa saja yang kemudian mengikutinya.
- b. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan
Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek tersebut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

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

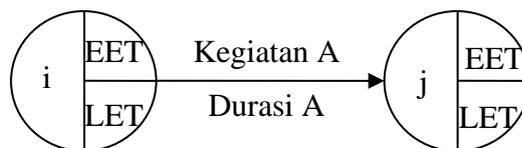
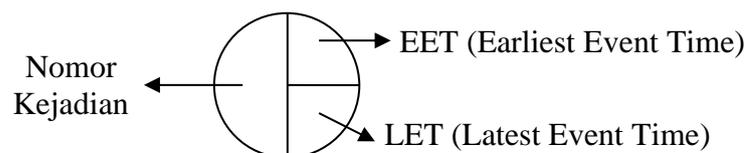
- a. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak memiliki arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya durasi dan *resources* yang dibutuhkan.
- b. Aktivitas-aktivitas apa yang mendahului dan aktivitas apa yang mengikutinya.
- c. Aktivitas-aktivitas apa yang dapat dikerjakan bersamaan.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

Berikut ini beberapa symbol yang biasa digunakan dalam *network planning* :

Tabel 2. 10 Simbol-Simbol Network Planning

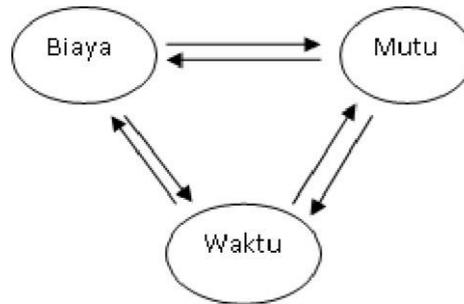
Simbol	Keterangan
	Arrow , bentuknya merupakan anak panah yang artinya aktivitas/kegiatan merupakan suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan “ <i>duration</i> ” (jangka waktu tertentu) dan “ <i>resources</i> ” (tenaga, equipment, material dan biaya) tertentu.
	Node/event , bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian : adalah permulaan atau akhir dari satu atau lebih kegiatan-kegiatan.
	Double arrow , anak panah sejajar, merupakan kegiatan di lintasan kritis (<i>critical path</i>).
	Dummy , bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktivitas semu merupakan bukan kegiatan/aktivitas tetapi dianggap kegiatan/ aktivitas, hanya saja tidak membutuhkan <i>duration</i> dan <i>resource</i> tertentu.

penggambaran *Critical Path Method* (CPM) dapat dilihat melalui gambar berikut ini :

Gambar 2. 25 *Critical* Contoh *Path Method* (CPM)

Gambar 2. 26 Node CP

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



Gambar 2. 27 Diagram Hubungan Biaya, Mutu dan Waktu

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