

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

Perancangan merupakan tahapan yang terpenting dari pembangunan suatu gedung atau bangunan yang lainnya. Tahap perancangan melengkapi penjelasan proyek dan menentukan tata letak, rancangan, metode konstruksi, dan taksiran biaya. Suatu konstruksi yang dibangun 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.

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. Perancangan bersifat suatu kegiatan yang sangat penting sebelum dilakukannya pelaksanaan proyek. Kesalahan dalam perancangan akan mengakibatkan terjadinya kegiatan dalam suatu proyek. Perancangan yang baik dan sangat matang tidak hanya dapat mengurangi kerugian tetapi juga dapat menghasilkan konstruksi yang baik dan aman serta dapat menghemat waktu dan tenaga dalam pengerjaannya. Ada tiga aspek yang harus diperhatikan perencana dalam melakukan analisis struktur yakni beban, kekuatan bahan dan keamanan. Pada perancangan struktur gedung perlu dilakukan studi pustaka untuk mengetahui susunan fungsional, sistem struktur yang akan digunakan dan bagaimana strategi yang digunakan agar tahap pengerjaan struktur lebih efektif dan efisien.

Pada bab ini akan lebih dijelaskan lagi mengenai tata cara, langkah – langkah maupun rumus – rumus yang akan digunakan dalam perhitungan struktur mulai dari struktur atas yang meliputi atap baja, pelat atap (dak), pelat lantai, balok, kolom, tangga dan portal sampai dengan perhitungan struktur bawah yang

terdiri dari sloof dan pondasi. Studi pustaka dimaksudkan untuk mendapatkan informasi maupun data yang akan membuat perancangan lebih optimal dan akurat.

Oleh karena itu, pada bab ini juga akan dibahas bagaimana konsep sistem pemilihan struktur dan konsep perhitungan dalam merancang strukturnya sesuai dengan sistem struktur bangunan tersebut, seperti keamanan struktur terhadap pembebanannya yang telah disesuaikan dengan syarat – syarat dasar perancangan suatu gedung bertingkat yang berlaku di Indonesia sehingga sangat diharapkan hasil yang akan diperoleh nantinya tidak akan menimbulkan kegagalan dalam struktur.

2.2 Ruang Lingkup Perancangan

Ruang lingkup perancangan meliputi beberapa tahapan yaitu tahap persiapan, tahap studi kelayakan, tahap desain bangunan, tahap perhitungan struktur, dan tahap perhitungan biaya.

2.2.1 Perancangan Konstruksi

Perhitungan struktur dilakukan setelah dilakukannya analisis struktur atau setelah melakukan peninjauan studi kelayakan. Pada proyek ini digunakan jenis struktur beton bertulang untuk bagian utama konstruksi. Ada beberapa tahapan dalam perancangan pada beton konvensional yaitu pemilihan dimensi elemen struktur dan perhitungan tulangan yang diperlukan agar penampang elemen tersebut mempunyai kekuatan yang cukup untuk memikul beban – beban pada kondisi layak (service load) dan kondisi batas (ultimate load).

Suatu sistem struktur kerangka terdiri dari rakitan elemen struktur. Dalam sistem struktur konstruksi beton bertulang, elemen balok, kolom, atau dinding geser membentuk struktur kerangka yang disebut juga sistem struktur portal. Sistem struktur yang tidak dibedakan unsur elemennya, seperti pelat, cangkang, atau tangki dinamakan sistem struktur kontinum. Setiap elemen-elemen struktur mempunyai fungsi dan karakteristik yang berbeda. Pada suatu sistem struktur, elemen-elemen struktur mempunyai suatu mekanisme penyaluran beban dari atas ke tanah atau sistem Fondasi.

Struktur bangunan gedung terdiri dari struktur atas dan bawah. Struktur bangunan pada umumnya terdiri dari struktur bangunan atas (upper structure) dan struktur bangunan bawah (sub structure) :

1. Struktur bangunan atas (*upper structure*)

Struktur bangunan atas harus mampu mewujudkan perencanaan estetika dari segi arsitektur dan harus mampu menjamin mutu baik dari segi struktur yaitu keamanan maupun kenyamanan bagi penggunanya. Adapun struktur atas dari suatu bangunan antara lain : struktur atap, struktur pelat lantai, struktur tangga, struktur portal, serta struktur kolom.

2. Struktur bangunan bawah (*sub structure*)

Struktur bangunan bawah merupakan sistem pendukung bangunan yang menerima beban dari struktur atas, untuk diteruskan ke tanah yang berada dibawahnya. Adapun struktur bawah pada suatu bangunan yaitu : struktur sloof dan struktur pondasi.

Pemilihan jenis struktur atas akan sangat berpengaruh pada system fungsional gedung. Dalam mendesain struktur perlu dicari kedekatan antara jenis struktur dengan masalah – masalah yang akan memberikan dampak pada struktur tersebut. Adapun masalah – masalah yang menjadi faktor pemilihan jenis struktur dibagi menjadi beberapa aspek yaitu sebagai berikut :

1. Fungsional

Dalam perancangan struktur yang baik sangat perlu memperhatikan fungsi dari bangunan tersebut. Kaitannya dengan penggunaan ruang, aspek fungsional sangat mempengaruhi besarnya dimensi bangunan yang direncanakan

2. Kekuatan dan kestabilan struktur

Kekuatan dan kestabilan struktur memiliki hubungan erat dengan kemampuan struktur dalam menahan beban – beban yang bekerja, baik beban arah vertikal dan horizontal. Kestabilan struktur adalah keadaan seimbang dari struktur setelah menerima beban – beban tersebut.

3. Arsitektur

Pengolahan elemen – elemen struktur dengan memperhatikan segi estetika seperti perencanaan denah, gambar tampak, potongan, *perspektif*, *interior* dan *eksterior*.

4. Ekonomi dan Kemudahan Pelaksanaan

Struktur yang dirancang harus mampu memikul beban yang akan bekerja pada suatu bangunan tersebut secara aman tanpa adanya kelebihan tegangan atau deformasi yang melampaui batas izin. Tetapi dalam perancangan juga harus memperhatikan segi ekonomi dan harus memperhatikan kondisi yang memungkinkan terjadinya keamanan dan kenyamanan dalam pelaksanaannya.

5. Lingkungan

Aspek lingkungan adalah salah satu aspek lain yang ikut menentukan dalam perancangan dan pelaksanaan suatu proyek. Aspek ini juga bisa menjadi tujuan utama dalam suatu pembangunan proyek. Misalnya, dengan adanya pembangunan ini diharapkan akan memperbaiki kondisi lingkungan yang menjadi lokasi proyek tersebut serta memberikan dampak yang baik bagi masyarakat disekitar lokasi proyek. Aspek lingkungan juga menjadi bahan pertimbangan perencana dalam mengambil tindakan untuk mengurangi dampak buruk yang akan terjadi.

2.2.2 Dasar-Dasar Perhitungan

Dalam perancangan struktur Gedung *Sport and Business Center* UIN Raden Fatah Palembang, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang telah ditetapkan dan berlaku di Indonesia. Peraturan-peraturan yang digunakan antara lain:

1. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2019). SNI ini merupakan acuan perhitungan struktur yang memuat aturan beton – beton hingga penulangan yang digunakan.

2. Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2020). Pedoman ini digunakan untuk menentukan beban minimum dalam merancang bangunan gedung dan struktur lain.
3. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung Tahun 1989 (PPURG, 1989).
4. Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013 oleh Agus Setiawan (Setiawan, 2016). Buku ini membahas secara menyeluruh tentang perancangan struktur beton bertulang, meliputi perancangan atau perencanaan komponen struktur balok, kolom, pelat, pondasi, dinding penahan tanah, hingga perencanaan struktur beton tahan gempa.
5. Buku Desain Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2019 Edisi Pertama oleh Yudha Lesmana.

Suatu struktur bangunan gedung harus dirancang untuk mampu memenuhi nilai kekuatan dan kekokohan suatu bangunan terhadap beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut. Menurut SNI 1727-2020, beban adalah gaya aksi atau lainnya akibat berat seluruh bahan bangunan, penghuni dan barang-barang yang dimilikinya, efek lingkungan, perbedaan pergerakan dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi. Beban – beban tersebut antara lain :

1. Beban Mati

Beban mati adalah beban gravitasi yang berasal dari berat semua komponen gedung atau bangunan yang bersifat permanen selama masa layan struktur tersebut. Termasuk pula kedalam jenis beban mati adalah unsur – unsur tambahan, mesin serta peralatan tetap yang tak terpisahkan dari gedung tersebut. Selain itu berat sendiri struktur, sistem perpipaan, jaringan listrik, penutup lantai, serta plafond juga termasuk jenis beban mati.

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan Gedung

| Bahan Bangunan | Berat Sendiri |
|--|-------------------------|
| Baja | 7.850 kg/m ³ |
| Batu alam | 2.600 kg/m ³ |
| Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk) | 1.500 kg/m ³ |

| | |
|---|--------------------------|
| Batu karang (berat tumpuk) | 700 kg/m ³ |
| Batu pecah | 1.450 kg/m ³ |
| Besi tuang | 7.250 kg/m ³ |
| Beton | 2.200 kg/m ³ |
| Beton bertulang | 2.400 kg/m ³ |
| Kayu (Kelas 1) | 1.000 kg/m ³ |
| Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa ayak) | 1.650 kg/m ³ |
| Pasangan bata merah | 1.700 kg/m ³ |
| Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung | 2.200 kg/m ³ |
| Pasangan batu cetak | 2.200 kg/m ³ |
| Pasangan batu karang | 1.450 kg/m ³ |
| Pasir (kering udara sampai lembab) | 1.600 kg/m ³ |
| Pasir (jenuh air) | 1.800 kg/m ³ |
| Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab) | 1.850 kg/m ³ |
| Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab) | 1.700 kg/m ³ |
| Tanah, lempung dan lanau (basah) | 2.000 kg/m ³ |
| Timah hitam (timbel) | 11.400 kg/m ³ |

(Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1989, hal 2)

Tabel 2.2 Berat Sendiri Komponen Bangunan Gedung

| | |
|--|-----------------------|
| Adukan, per cm tebal: | |
| - dari semen | 21 kg/m ² |
| - dari kapur, semen merah atau tras | 17 kg/m ² |
| Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal | 14 kg/m ² |
| Dinding pasangan bata merah: | |
| - satu batu | 450 kg/m ² |
| - setengah batu | 250 kg/m ² |

| | |
|---|-----------------------|
| Dinding pasangan batako: | |
| Berlubang: | |
| - tebal dinding 20 cm (HB 20) | 200 kg/m ² |
| - tebal dinding 10 cm (HB 10) | 120 kg/m ² |
| Tanpa lubang | |
| - tebal dinding 15 cm | 300 kg/m ² |
| - tebal dinding 10 cm | 200 kg/m ² |
| Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari: | |
| - semen asbes (eternity dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm | 11 kg/m ² |
| - kaca, dengan tebal 3 – 4 mm | 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 |

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.

(Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1989, hal 2-3)

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang termasuk dalam kategori beban gravitasi, yaitu timbul akibat penggunaan suatu gedung selama masa layan gedung tersebut. Kategori yang dimaksudkan dalam penggolongan beban hidup diantaranya; beban manusia, kendaraan, barang/benda yang berpindah yang letaknya tidak permanen. Oleh karena besar dan lokasi beban hidup yang berubah – ubah, maka penentuan beban hidup dengan tepat merupakan suatu hal yang cukup sulit. Khusus pada pelat atap beban hidup dapat termasuk beban air hujan, akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air.

Tabel 2.3 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum

| Hunian atau Penggunaan | Merata psf (kN/m ²) | Terpusat Lb (kN) |
|---|------------------------------------|---------------------|
| Apartemen (lihat rumah tinggal) | | |
| Sistem Lantai akses | | |
| Ruang kantor | 50 (2,4) | 2 000 (8,9) |
| Ruang computer | 100 (4,79) | 2 000 (8,9) |
| Gudang persenjataan dan ruang latihan | 150 (7,18) ^a | |
| Ruang pertemuan | 60 (2,87) | |
| Kursi tetap (terikat di lantai) | 100 (4,79) | |
| Lobi | 100 (4,79) | |
| Kursi dapat dipindahkan | 100 (4,79) | |
| Panggung pertemuan | 150 (7,18) | |
| Lantai podium | 100 (4,79) | |
| Tribun penonton | 60 (2.87) | |
| Stadion dan arena dengan kursi tetap (terikat di lantai) | | |
| Ruang pertemuan lainnya | 100 (4.79) | |

| | | |
|---|--|--|
| Balkon dan dek | 1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak melebihi 100 psf (4,79 kN/m ²) | |
| Jalur untuk akses pemeliharaan | 40 (1,92) | 300 (1,33) |
| Koridor Lantai pertama Lantai lain | 100 (4,79) Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain | |
| Ruang makan dan restoran | 100 (4,79) | |
| Hunian (lihat rumah tinggal) | | |
| Dudukan mesin elevator (pada aera 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 penyelesaian terhadap 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 Truk dan bus | 40 (1,92) Lihat Pasal 4.10.2 | Lihat Pasal 4.10.1 Lihat Pasal 4.10.2 |
| Susunan tangga, rel pengaman dan batang pegangan | Lihat pasal 4.5.1 | |

| | | |
|---|-------------|--------------------|
| Helipad (Lihat Pasal 4.11) | | |
| Helikopter dengan berat lepas landas sebesar 3.000 lb (13,35 kN) atau kurang | 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, laboratorium | 60 (2,87) | 1 000 (4,45) |
| Ruang pasien | 40 (1,92) | 1 000 (4,45) |
| Koridor di atas lantai pertama | 80 (3,83) | 1 000 (4,45) |
| 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 computer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian | 100 (4,79) | 2 000 (8,90) |
| Lobi dan koridor lantai pertama kantor | 50 (2,40) | 2 000 (8,90) |
| Koridor di atas lantai pertama | 80 (3,83) | 2 000 (8,90) |
| Lembaga hukum | | |
| Blok sel | 40 (1,92) | |
| Koridor | 100 (4,79) | |
| Tempat rekreasi | | |

| | | |
|--|------------------------------|---|
| Tempat bowling, kolam renang, dan penggunaan yang sama | 75 (3,59) ^a | |
| Bangsral dansa dan Ruang dansa | 100 (4,79) ^a | |
| Gimnasium | 100 (4,79) ^a | |
| Tempat menonton baik terbuka atau tertutup | 100 (4,79) ^{a,k} | |
| Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai) | 60 (2,87) ^{a,k} | |
| Rumah tinggal | | |
| Hunian (satu keluarga dan dua keluarga) | 10 (0,48) ^l | |
| Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang | 20 (0,96) ^m | |
| Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang | 30 (1,44) | |
| Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur | 40 (1,92) | |
| Semua ruang kecuali tangga dan balkon | 40 (1,92) | |
| Semua hunian rumah tinggal lainnya | 100 (4,79) | |
| Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka | | |
| Ruang publik ^a dan koridor yang melayani mereka | | |
| Atap | | |
| Atap datar, berbubung, dan lengkung | 20 (0,96) ⁿ | |
| Atap digunakan untuk taman atap | 100 (4,79) | |
| Atap yang digunakan untuk tujuan lain | Sama seperti hinian dilayani | i |
| 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 tributato dari atap yang ditumpu oleh rangka | 200 (0,89) |
| Semua konstruksi lainnya | 20 (0,96) | 2 000 (8,9) |
| 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 | | 300 (1,33) |
| Semua komponen struktur atap utama lainnya | | 300 (1,33) |
| Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan | | |
| Sekolah | | |
| Ruang kelas | 40 (1,92) | 1 000 (4,5) |
| Koridor di atas lantai pertama | 80 (3,83) | 1 000 (4,5) |
| Koridor lantai pertama | 100 (4,79) | 1 000 (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) ^{a,p} | 8 000 (35,6) ^q |
| Tangga dan jalan keluar | 100 (4,79) | 300 ^r |
| Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saha | 40 (1,92) | 300 ^r |
| Gudang diatas langit-langit Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat) | 20 (0,96) | |
| Ringan | 125 (6,00) ^a | |
| Berat | 250 (11,97) ^a | |
| Toko Eceran | | |
| Lantai pertama | 100 (4,79) | 1 000 (4,45) |
| Lantai diatasnya | 75 (3,59) | 1 000 (4,45) |
| Grosir, di semua Lantai | 125 (6,00) ^a | 1 000 (4,45) |
| Penghalang kendaraan | Lihat Pasal 4.5 | |
| Susuran jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar) | 60 (2,87) ^a | |
| Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki | 100 (4,79) ^a | |

(Sumber : SNI 1727-2020 tentang Beban Minimum : Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur, hal 27)

3. Beban Angin (W)

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

a. Menentukan kecepatan angin dasar

Data kecepatan angin dasar diperoleh dari data perkiraan cuaca yang bersumber dari BMKG kota Palembang. Data tersebut diambil dari data kecepatan angin tertinggi : $V = \dots \text{ km/jam} = \dots \text{ m/s}$

b. Menentukan parameter beban angin

- 1) Faktor arah angin, k_d
- 2) Kategori eksposur : B
- 3) Faktor topografi, K_{z1}
- 4) Faktor efek tiupan angin, G
- 5) Klasifikasi tekanan internal, $G_{CPI} = \pm 0,18$

c. Beban angin maksimum

Menentukan tekanan eksposur, tekanan velositas, k_z atau k_h

1) Menghitung k_z

z = tinggi bangunan dari permukaan tanah

untuk eksposur B, $\alpha = 7$ dan $Z_g = 365,76$

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

maka $k_z = 2,01 \left(\frac{z}{Z_g} \right)_a^2$

2) Menghitung k_h jika diketahui z

Dihitung menggunakan interpolasi linier

Menentukan tekanan velositas q_z dan q_h

1) Menghitung q_z

$$q_z = 0,613 \cdot k_z \cdot K_{z1} \cdot k_d \cdot V^2$$

2) Menghitung q_h

$$q_h = 0,613 \cdot k_h \cdot K_{z1} \cdot k_d \cdot V^2$$

Menghitung Koefisien eksternal, C_p

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

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

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

d. Beban angin minimum

Menentukan tekanan eksposur, tekanan velositas, k_z atau kh

1) Menghitung k_z

z = tinggi bangunan dari permukaan tanah 4 m

untuk eksposur B, $\alpha = 7$ dan $Z_g = 365,76$

2) Menghitung kh jika diketahui $z = 4$ meter (SNI 1727-2020)

Dihitung menggunakan interpolasi linier

Menentukan tekanan velositas q_z dan qh

1) Menghitung q_z

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

2) Menghitung qh

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

Menghitung Koefisien eksternal, C_p

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

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

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

Karena beban angin maksimum $< 77 \text{ kg/m}^2$ dan beban minimum pada angin datangnya melampaui 77 maka dipakai beban angin minimum, yaitu $77 \text{ kg/m}^2 = 0, 77 \text{ kN/m}^2$

a. Beban angin portal arah memanjang

Lebar tangkapan kolom = $\frac{1}{2}$ lebar kanan + $\frac{1}{2}$ lebar kiri

Sehingga, beban angin yang dipikul = $0, 77 \text{ kN/m}^2 \times$ lebar tangkapan

b. Beban angin portal arah melintang

Lebar tangkapan kolom = $\frac{1}{2}$ lebar kanan + $\frac{1}{2}$ lebar kiri

Sehingga, beban angin yang dipikul = $0, 77 \text{ kN/m}^2 \times$ lebar tangkapan

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

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

4. Beban Kombinasi

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

Berdasarkan catatan penelitian yang telah dilakukan secara terus-menerus, serta berdasarkan pada ilmu-ilmu probabilitas, SNI mengadopsi penggunaan faktor beban sebesar 1,2 untuk beban mati D, dan 1,6 untuk beban hidup L.

Berdasarkan persyaratan dalam SNI 1727-2020 halaman 13 besarnya kuat perlu, U yang harus dipertimbangkan sebagai kondisi paling kritis yang harus dipikul suatu elemen struktur adalah :

$$U = 1,4D$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5(L_R \text{ atau } R \text{ atau } S)$$

$$U = 1,2D + 1,6(L_R \text{ atau } R \text{ atau } S) + (L \text{ atau } 0,5W)$$

$$U = 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_R \text{ atau } R \text{ atau } S)$$

$$U = 0,9D + 1,0W$$

Berikut adalah beberapa catatan tambahan untuk kombinasi beban :

- a. Nilai faktor beban untuk L dalam persamaan ke 3,4,5 dapat direduksi menjadi 0,5L, jika nilai L tidak lebih besar daripada $4,8 \text{ kN/m}^2$ (atau 500 kg/m^2) disamping itu faktor tersebut tidak boleh direduksi untuk area garasi atau area tempat publik.

- b. Apabila beban angin, W , belum direduksi oleh faktor arah maka faktor beban untuk beban angin dalam persamaan 4 harus diganti menjadi 1,6, dan dalam persamaan 3 diganti menjadi 0,8.
- c. Untuk struktur yang memikul beban fluida, maka unsur beban fluida tersebut dapat dimasukkan dalam persamaan 1 hingga 5 dan 7 dengan faktor beban yang sama dengan faktor beban untuk beban mati.
- d. Jika ada pengaruh tekanan tanah lateral, H , maka ada tiga kemungkinan berikut :
 - 1) Apabila H bekerja sendiri atau menambah efek dari beban – beban lainnya maka H harus dimasukkan dalam kombinasi pembebanan dengan faktor beban sebesar 1,6.
 - 2) Apabila H permanen dan bersifat melawan pengaruh dari beban – beban lain, maka H dapat dimasukkan dalam kombinasi pembebanan dengan menggunakan faktor beban sebesar 0,9.
 - 3) Jika H tidak permanen, namun pada saat H bekerja mempunyai sifat melawan beban – beban lainnya, maka beban H boleh tidak dimasukkan dalam kombinasi pembebanan.

2.3 Metode Perhitungan Struktur

Dalam pekerjaan suatu konstruksi bangunan, diperlukan beberapa metode perhitungan struktur agar hasil perhitungan dapat menjadi acuan dan konstruksi dapat menahan beban dengan sempurna, baik berupa beban sendiri maupun beban-beban lainnya. Berikut ini adalah struktur bangunan yang memerlukan perhitungan struktur :

2.3.1 Perancangan Rangka Atap

Atap adalah salah satu bagian dari bangunan yang berfungsi sebagai penutup seluruh ruangan yang ada di bawahnya terhadap pengaruh panas, hujan, angin, debu dan untuk keperluan perlindungan. Rangka atap berfungsi sebagai penahan beban dari bahan penutup atap sehingga umumnya berupa susunan balok-balok (dari kayu/bambu/baja) secara vertikal dan horizontal kecuali pada struktur atap dak beton. Salah satu bagian dari rangka atap adalah kuda-kuda.

Mengingat berat, kekuatan bahan dan bentuk atap, maka bentuk dan ukuran kuda-kuda dapat bervariasi. Beban-beban yang bekerja pada rangka atap adalah :

a. Beban Mati (WD)

Beban mati adalah beban dari semua bagian atap yang tidak bergerak, beban-beban tersebut meliputi :

- Beban sendiri kuda-kuda
- Berat penutup atap
- Berat gording

b. Beban Hidup (WL)

Beban hidup adalah beban yang terjadi akibat pengerjaan maupun akibat penggunaan gedung itu sendiri, termasuk didalamnya berupa :

- Beban pekerja
- Beban air hujan
- Beban angin (w)

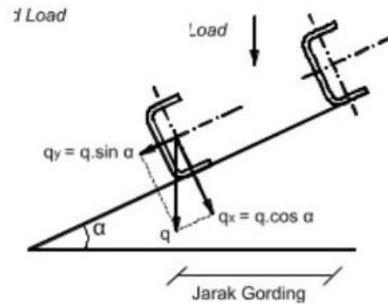
Adapun Langkah-langkah perhitungan rangka atap yang digunakan adalah sebagai berikut:

a. Gording

Gording adalah batang memanjang yang sejajar balok tembok yang diletakkan di atas kaki kuda-kuda untuk menumpu kasau dan balok jurai dalam. Dalam perancangan struktur bangunan gedung khususnya pada perencanaan gording, struktur gording dirancang kekuatannya berdasarkan pembebanan beban mati dan beban hidup. Kombinasi pembebanan yang ditinjau adalah beban pada saat pemakaian yaitu beban mati yang ditambahkan dengan beban air hujan. Sedangkan beban sementara yaitu beban mati yang ditambahkan dengan beban pekerja pada saat pelaksanaan pekerjaan.

Apabila gording ditempatkan dibawah penutup atap, maka komponen beban atap dipindahkan tegak lurus gravitasi ke gording. Akibatnya terjadi pembebanan sumbu ganda yang menjadikan momen pada sumbu x dan sumbu y , yaitu M_x dan M_y

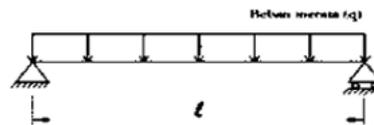
b. Pembebanan Akibat Beban Mati (WD)



Gambar 2.1 Uraian Beban Gording

$$q_{uy} = q_u \times \sin \alpha \text{ (Y)}$$

$$q_{ux} = q_u \times \cos \alpha \text{ (X)}$$

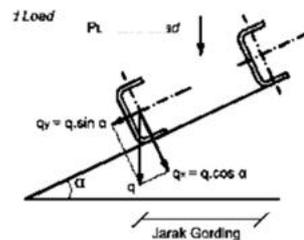


Gambar 2.2 Beban Merata Gording

$$\text{Momen pada sumbu x, } M_x = \frac{1}{8} x q_x \times l^2$$

$$\text{Momen pada sumbu y, } M_y = \frac{1}{8} x q_y \times l^2$$

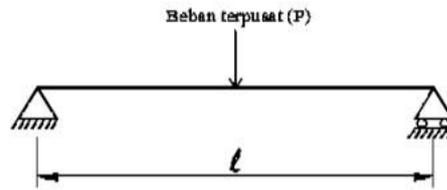
c. Pembebanan Akibat Beban Mati (D)



Gambar 2.3 Uraian Beban Gording

$$\text{Beban pada sumbu x, } P_x = P \cos \alpha$$

Beban pada sumbu y, $P_y = P \sin \alpha$



Gambar 2.4 Beban Terpusat Gording

Momen pada sumbu x, $M_x = \frac{1}{4} \times P_x \times l^2$

Momen pada sumbu y, $M_y = \frac{1}{4} \times P_y \times l^2$

Kombinasi momen arah x dan arah y

$$M_{u_x} = 1,2 \cdot M_{x_D} + 1,6 \cdot M_{x_L}$$

$$M_{u_y} = 1,2 \cdot M_{y_D} + 1,6 \cdot M_{y_L}$$

d. Kekuatan Penampang

- 1) Profil berpenampang kompak jika, $\lambda \leq \lambda_p$
- 2) Profil berpenampang tidak kompak jika, $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$
- 3) Profil berpenampang langsing jika, $\lambda > \lambda_r$

(Sumber : Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD, 2008:85)

Cek kekompakkan plat sayap

$$\lambda_f = \frac{b}{t_f}; \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}}; \lambda_r = \frac{170}{\sqrt{F_y - F_r}}$$

Cek kekompakkan plat badan

$$\lambda_f = \frac{h}{t_w}; \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y'}}; \lambda_r = \frac{1702550}{\sqrt{F_y}}$$

Keterangan

F_r = tegangan tekan residual pada plat sayap

= 70 MPa untuk penampang rol

= 115 MPa untuk dilas

F_y = tegangan leleh minimum

c. Momen Nominal

1. Momen nominal untuk penampang kompak, $L_b \leq L_p$

$$M_n = M_p = Z \times F_y$$

2. Momen nominal untuk $\lambda = \lambda_r$

$$M_n = M_p = (f_y - f_s) S_x$$

3. Momen nominal untuk $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$

$$M_n = \frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p} M_p + \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} M_r$$

Keterangan:

F_y = tegangan leleh, MPa

F_r = tegangan sisa, MPa

S_x = modulus penampang elastic di sumbu x (mm^3)

d. Kontrol Lendutan

(1) Kontrol Lendutan Akibat Beban Merata

Untuk memeriksa syarat lendutan, momen yang diperhitungkan adalah :

$$M = \frac{1}{8} \cdot q_1 \cdot L^2$$

Batas lendutan maksimum untuk tipe elemen struktur gording adalah :

$$\delta = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot EI} = \frac{5 \cdot M \cdot L^4}{48 \cdot EI} \leq \frac{L}{240}$$

(2) Kontrol Lendutan Akibat Beban Terpusat

Syarat lendutan terhadap beban terpusat tidak boleh lebih dari $\frac{L}{240}$

Pembatasan ini dimaksudkan agar balok memberikan

kemampuan layanan yang baik (*serviceability*).

$$\delta = \frac{P.L^3}{84.El} < \frac{L}{240}$$

(Sumber : *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD, hal.90*)

2. Konstruksi Rangka Baja (Kuda-Kuda)

Kuda-kuda adalah suatu susunan rangka batang yang berfungsi untuk mendukung beban atap termasuk juga beratnya sendiri dan sekaligus dapat memberikan bentuk pada atapnya. Pada dasarnya konstruksi kuda-kuda terdiri dari rangkaian batang yang senantiasa selalu membentuk segitiga. Dengan mempertimbangkan berat atap serta bahan dan bentuk penutupnya, maka konstruksi kuda-kuda satu sama lain akan berbeda. Namun demikian setiap susunan rangka batang haruslah merupakan suatu kesatuan bentuk yang kokoh yang nantinya mampu memikul beban yang diberikan padanya tanpa mengalami perubahan.

Konstruksi kuda-kuda diperhitungkan terhadap pembebanan, antara lain:

a. Beban Mati

- Beban sendiri kuda-kuda
- Beban penutup atap
- Beban gording

b. Beban Hidup

- Beban air hujan
- Beban angin sebelah kiri
- Beban angin sebelah kanan
- Beban pekerja

Pada masing-masing beban diatas, kemudian dapat dicari nilai

gaya-gaya batangnya dengan menggunakan program SAP 2000 V.14.

Perhitungan konstruksi rangka dapat dihitung dengan cara :

1. Cara Grafis, yang terdiri dari :

- a) Keseimbangan titik simpul
- b) Cremona

Dimana kedua cara ini harus menggunakan skala gaya dan skala gambar.

2. Cara Analitis

- a) Keseimbangan titik simpul

Keseimbangan titik simpul ini harus memenuhi beberapa persyaratan, antara lain :

- Batang-batang harus kaku dan simpul
- Sambungan pada titik buhul/simpul engsel tidak terjadi pergeseran
- Penyambungan batang adalah sentries yakni sumbu-sumbu batang bertemu pada satu titik
- Pembebanan yang menyebar dapat dipindahkan pada titik simpul yang bersangkutan

- b) Riter

Cara ini biasanya digunakan untuk mengontrol pekerjaan dari Cremona dan langsung menghitung gaya batang yang lain. Cara memotong rangka konstruksi harus benar-benar terpotong yang belum diketahui arah besarnya maka dianggap gaya tarik.

c. Beban Kombinasi

Berdasarkan beban-beban tersebut diatas, maka struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan dibawah ini :

1,4 D

$$1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$$

$$1,2 D + 1,6 L (L_a \text{ atau } H) + (\gamma L L \text{ atau } 0,8W)$$

$$1,2 D + 1,3 W + \gamma L L + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$$

$$1,2 D \pm 1,0 E + \gamma L L$$

$$0,9 D \pm (1,3 W \text{ atau } 1,0 E)$$

Keterangan :

- D = beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen termasuk dinding, lantai, atap, plafond, partisi tetap, tangga, dan peralatan yang bersifat tetap.
- L = beban hidup yang ditimbulkan akibat penggunaan gedung, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan dan lainnya.
- L_a = beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, material atau selama penggunaan biasa oleh orang dan beban bergerak.
- H = beban hidup, tidak termasuk diakibatkan genangan air
- W = beban angin
- E = beban gempa, yang ditentukan atau penggantinya
- γL = 0,5 bila $L < 5$ kPa, dan $\gamma L = 1$ bila $L > 5$ kPa

- a. Komponen struktur yang mengalami gaya tekan

Kekuatan tekan nominal (P_n) harus ditentukan berdasarkan keadaan batas berupa tekuk lentur.

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

Tegangan kritis (F_{cr}) ditentukan sebagai berikut :

$$1) \text{ Bila } \frac{L_c}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (atau } \frac{F_y}{F_e} \leq 2,25 \text{)}$$

$$F_{cr} = \left(0,658 \frac{f_y}{f_e}\right) F_y$$

$$2) \text{ Bila } \frac{L_c}{r} \geq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (atau } \frac{F_y}{F_e} \geq 2,25 \text{)}$$

$$F_{cr} = 0,877 \cdot F_e$$

Keterangan :

A_g = luas penampang bruto komponen struktur, mm^2

E = modulus elastisitas baja = 200.000MPa

F_e = tegangan tekuk elastis, Mpa = $\frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_c}{r}\right)^2}$

F_y = tegangan leleh minimum, MPa

r = radius girasi, mm

(Sumber : SNI 1729 : 2020 : 34)

b. Komponen struktur yang mengalami gaya tarik aksial

– Kuat Tarik Rencana

Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor N_u , harus memenuhi persamaan (berdasarkan SNI 03-1729-2020) :

$$N_u \leq \phi N_n$$

Dengan ϕN_n adalah nilai kuat tarik rencana yang besarnya diambil sebagai nilai terendah diantara dua perhitungan menggunakan harga-harga ϕ dan nilai N_n dibawah ini :

$$\phi = 0,9 ; N_n = A_g \cdot F_y$$

$$\phi = 0,9 ; N_n = A_g \cdot F_u$$

Keterangan :

A_g = luas penampang bruto (mm^2)

A_e = luas penampang efektif (mm^2)

F_y = tegangan leleh (MPa)

F_u = tegangan tarik (MPa)

– Penampang efektif

Luas penampang efektif komponen struktur yang mengalami gayatarik ditentukan sebagai berikut :

$$A_e = A_n \cdot U$$

Keterangan :

A = Luas Penampang

U = Faktor reduksi

x = eksentritas sambungan, jarak tegak lurus arah gaya tarik antara titik berat penampang komponen yang disambung dengan sambungan (mm).

L = panjang sambungan dalam arah gaya tarik, yaitu jarak antara dua baut yang terjauh pada suatu sambungan atau panjang las dalam gaya tarik (mm).

c. Komponen yang mengalami gaya tekan aksial

Untuk penampang yang mempunyai perbandingan lebar terhadap tebalnya lebih kecil daripada nilai λ_r , daya dukung nominal komponen struktur tekan dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$P_n = A_g \cdot F_{cr}$$

Dimana, $F_{cr} = \frac{f_y}{w}$

Sehingga,

$$N_n = A_g \cdot \frac{f_y}{w}$$

Untuk $\lambda_c \leq 0,25$, maka $\omega = 1$

Untuk $0,25 < \lambda_c \leq 1,2$, maka $\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67}$

Untuk $\lambda_c \geq 1,2$ maka $\omega = 1,25 \cdot \lambda_c^2$

Keterangan :

N_n = kuat tekan nominal komponen struktur

A_g = luas penampang bruto (mm^2)

F_{cr} = tegangan kritis penampang (mm^2)

F_y = tegangan leleh material (MPa)

3. Sambungan

a. Perencanaan Sambungan Baut

Suatu baut yang memikul gaya terfaktor (R_u), harus memenuhi persamaan berikut (SNI 1729:2020 B3-1) :

$$R_u \leq \phi R_n$$

Dimana :

ϕ = reduksi kekuatan geser (0,75)

R_n = kuat geser nominal berikut

Pada desain sambungan baut, untuk menghitung kekuatan geser dan tarik desain menggunakan rumus yang sama (ϕR_n) menurut pasal J3.6 :

$$R_n = F_n A_b$$

$$\phi = 0,75$$

Keterangan :

A_b = luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir, in.2 (mm^2)

F_n = tegangan tarik nominal, F_{nt} , atau tegangan geser, F_{nw} dari Tabel J3.2

Pada desain sambungan baut, untuk menghitung kombinasi gaya tarik dan geser dalam sambungan tipe tumpuan menurut pasal J3.7 :

$$R_n = F'_{nt} A_b$$

$$\Phi = 0,75$$

Keterangan :

F'_{nt} = tegangan tarik nominal yang dimodifikasi mencakup efek tegangan geser, ksi (MPa)

$$F'_{nt} = 1,3 F_{nt} - F_{nt} \phi F_{nv} f_{rv} \leq F_{nt} \text{ (SNI 1729:2015 J3-3a)}$$

F_{nt} = tegangan geser dari tabel J3.2, ksi (MPa)

F_{nv} = tegangan geser yang diperlukan menggunakan kombinasi beban ksi (MPa)

Ukuran jarak tepi minimum buat ditentukan diameter baut pada tabel J3.4M. Syarat-syarat perencanaan sambungan pada baut ada dua, yaitu :

1) Syarat minimum ;

- Jarak sumbu ke sumbu baut (S) $S \geq 3d$ □
- d = diameter baut
- Jarak sumbu baut paling pinggir ke tepi pelat (SI)
 - Tepi potongan tangan $\geq 1,75 d$
 - Tepi potongan mesin $\geq 1,5 d$
 - Tepi hasil cetak $\geq 1,25 d$

2) Syarat maksimum :

- Jarak sumbu kesumbu baut (S)
 - $S < 15 tp$ (tp = tebal pelat tipis)
 - $S < 200 \text{ mm}$
- Jarak sumbu baut paling pinggir ke tepi pelat (SI)
 - $SI < 12 tp$ $S < 150 \text{ mm}$

b. Perencanaan Sambungan Las

1) Pengelasan konstruksi sipil harus dilakukan dengan las listrik

Untuk las sudut harus ditentukan dengan panjang kaki las yang ditentukan sebagai t_{w1} dan t_{w2} . Tebal minimum las sudut pada perencanaan sambungan las dapat dilihat pada tabel 2.4 berikutini

Tabel 2. 4 Tebal Minimum Las Filet

| Ketebalan Materail dari Bagian Paling Tipis yang Tersambung, in. (mm) | Ukuran Minimum las Sudut, ^[a] in. (mm) |
|---|---|
| Sampai dengan ¼ (6) | 1/8(3) |
| Lebih besar dari ¼ (6) sampai dengan ½ (13) | 3/16(5) |
| Lebih besar dari ½ (13) sampai dengan ¾ (19) | 1/4(6) |
| Lebih besar dari ¾ (19) | 5/16(8) |

(Sumber : SNI 1729:2020. Hal. 116, Tabel J2.4)

2) Kuat las sudut

Pada desain sambungan las tumpul, untuk menghitung kekuatan desain (ϕR_n) diperjelas dengan disediakan pada tabel J2.5.

Pada desain sambungan las sudut, untuk menghitung kuatandesain (ϕR_n) menurut pasal J2.4 :

$$R_n = F_{nw} A_{we}$$

$$\Phi = 0,75$$

Keterangan :

$$F_{nw} = 0,60 F_{exx} (1,0 + 0,50 \sin^{1,5} \Theta) \text{ ksi (MPa) (SNI 1729:2020 J2-5)}$$

F_{EEx} = kekuatan klasifikasi logam pengisi, ksi (MPa) yang tersambung

2.3.2 Perancangan Pelat Atap dan Pelat Lantai

Pelat adalah suatu elemen horizontal yang berfungsi untuk menyalurkan beban hidup, baik yang bergerak maupun statis ke elemen pemikul beban vertikal yaitu balok, kolom maupun dinding (Setiawan, 2016:4).

Pelat beton bertulang dalam struktur digunakan pada atap dan lantai. Adapun beberapa perbedaan pada pelat atap dan pelat lantai ialah pelat atap merupakan struktur yang tidak terlindungi dan memiliki ketebalan selimut beton yang lebih besar dibandingkan dengan struktur pelat lantai. Perbedaan juga terdapat pada pembebanan, dimana beban yang bekerja pada pelat atap lebih kecil dibandingkan dengan pelat lantai. Beban pada pelat atap hanya terdiri beban mati sendirinya pelat atap, beban hujan, dan beban kemiringan untuk aliran air yang diambil satu persen (1%), sementara pada pelat lantai selain beban mati sendirinya, pelat lantai juga diberi beban dinding dan beban hidup yang sesuai dengan penggunaan ruang yang ada di atasnya. Adapun beban – beban yang bekerja pada pelat, antara lain :

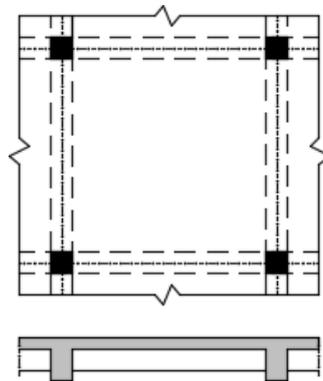
1. Beban Mati (WD)
 - a. Berat sendiri pelat atap
 - b. Beban yang diterima oleh pelat akibat adanya adukan mortar, plafond dan penggantung plafond

2. Beban Hidup (WL)

Beban hidup untuk pelat atap diambil sebesar $0,96 \text{ kN/m}^2$ dan pelat lantai sebesar $1,92 \text{ kN/m}^2$ (Berdasarkan SNI 1727 tahun 2020 beban hidup untuk rumah sakit)

Jenis – Jenis Pelat :

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



Gambar 2.5 Pelat Dua Arah

Pelat dua arah merupakan struktur pelat yang mengalami lendutan pada dua arah bentangnya, sehingga tulangan lentur yang diberikan harus pada dua

arah tersebut yang posisinya saling tegak lurus (Lesmana, 2020:219). Suatu pelat dikatakan pelat dua arah apabila $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$, dimana L_y merupakan sisi terpanjang dan L_x adalah sisi terpendek pelat yang ditinjau.

Berikut ini adalah langkah-langkah perencanaan struktur pelat dua arah menggunakan metode koefisien momen :

- a. Mengidentifikasi jenis pelat dengan syarat batasnya pelat dua arah, yakni : $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$, dengan L_y sebagai sisi pelat terpanjang dan L_x adalah sisi terpendek pada pelat yang ditinjau.
- b. Menentukan tebal pelat
Beberapa ketentuannya menurut SNI 2847-2019, sebagai berikut :
 - 1) Untuk α_{fm} yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan table berikut :

Tabel 2.5 Tebal Minimum Pelat Dua Arah

| 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 | $\ell n/33$ | $\ell n/36$ | $\ell n/36$ | $\ell n/36$ | $\ell n/40$ | $\ell n/40$ |
| 420 | $\ell n/30$ | $\ell n/33$ | $\ell n/33$ | $\ell n/33$ | $\ell n/36$ | $\ell n/36$ |
| 520 | $\ell n/28$ | $\ell n/31$ | $\ell n/31$ | $\ell n/31$ | $\ell n/34$ | $\ell n/34$ |

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 αf kurang dari 0,8. Nilai αf untuk balok tepi harus dihitung sesuai 8.10.2.7

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

- 2) Untuk αf_m lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0 maka h tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{F_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha f_m - 0,2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

- 3) Untuk αf_m lebih besar dari 0,2 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

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

- c. Menghitung αf_m masing-masing panel

$$\alpha f_m = \frac{l_{\text{balok}}}{l_{\text{pelat}}}$$

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

Keterangan :

L_n = Jarak bentang bersih dalam arah panjang diukur dari muka ke muka balok

h = Tebal balok

β = Rasio bentang bersih dalam arah panjang terhadap pendek pelat

- d. Menghitung beban yang bekerja pada pelat (beban mati dan beban hidup).
Kemudian hasil perhitungan akibat beban mati dan beban hidup dikali dengan faktor beban untuk mendapatkan nilai beban terfaktor.

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

Keterangan :

W_D = Jumlah beban mati pelat (kN/m)

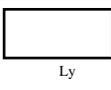
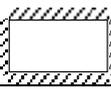
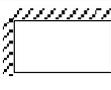
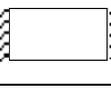
W_L = Jumlah beban hidup pelat (kN/m)

W_U = Jumlah beban terfaktor (kN/m)

- e. Menghitung momen rencana (M_u)

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

Tabel 2.6 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 | | |
|  | $M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | $M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$ | 44 | 52 | 59 | 66 | 73 | 78 | 84 | 88 | 93 | 97 | 100 | 103 | 106 | 108 | 110 | 112 | 125 | | |
| | $M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$ | 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 | 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 | 83 | |
| | $M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$ | 21 | 25 | 28 | 31 | 34 | 36 | 37 | 38 | 40 | 40 | 41 | 41 | 41 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | |
| | $M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$ | 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 | 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 | | |
| | $M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$ | 28 | 33 | 38 | 42 | 45 | 48 | 51 | 53 | 55 | 57 | 58 | 59 | 59 | 60 | 61 | 61 | 63 | | |
| | $M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$ | 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 | 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 | 0 | |
| | $M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$ | 22 | 28 | 34 | 42 | 49 | 55 | 62 | 68 | 74 | 80 | 85 | 89 | 93 | 97 | 100 | 103 | 125 | | |
| | $M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$ | 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 | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Mtx = - 0.001.q.Lx ² x | 70 | 74 | 77 | 79 | 81 | 82 | 83 | 84 | 84 | 84 | 84 | 84 | 83 | 83 | 83 | 83 | 83 |
| | Mlx = 0.001.q.Lx ² x | 32 | 34 | 36 | 38 | 39 | 40 | 41 | 41 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 |
| | Mly = 0.001.q.Lx ² x | 22 | 20 | 18 | 17 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 |
| | Mty = - 0.001.q.Lx ² x | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Mtx = - 0.001.q.Lx ² x | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Mlx = 0.001.q.Lx ² x | 31 | 38 | 45 | 53 | 60 | 66 | 72 | 78 | 83 | 88 | 92 | 96 | 99 | 102 | 105 | 108 | 125 |
| | Mly = 0.001.q.Lx ² x | 37 | 39 | 41 | 41 | 42 | 42 | 41 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 | 34 | 33 | 25 |
| | Mty = - 0.001.q.Lx ² x | 84 | 92 | 99 | 104 | 109 | 112 | 115 | 117 | 119 | 121 | 122 | 122 | 123 | 123 | 124 | 124 | 125 |
| | Mtx = - 0.001.q.Lx ² x | 84 | 92 | 98 | 103 | 108 | 111 | 114 | 117 | 119 | 120 | 121 | 122 | 122 | 123 | 123 | 124 | 125 |
| | Mlx = 0.001.q.Lx ² x | 37 | 41 | 45 | 48 | 51 | 53 | 55 | 56 | 56 | 59 | 60 | 60 | 60 | 61 | 61 | 62 | 63 |
| | Mly = 0.001.q.Lx ² x | 31 | 30 | 28 | 27 | 25 | 24 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 17 | 16 | 16 | 15 | 13 |
| | Mty = - 0.001.q.Lx ² x | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Mtx = - 0.001.q.Lx ² x | 55 | 65 | 74 | 82 | 89 | 94 | 99 | 103 | 106 | 110 | 114 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 | 125 |
| | Mlx = 0.001.q.Lx ² x | 21 | 26 | 31 | 36 | 40 | 43 | 46 | 49 | 51 | 53 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 63 |
| | Mly = 0.001.q.Lx ² x | 26 | 27 | 28 | 28 | 27 | 26 | 25 | 23 | 22 | 21 | 21 | 20 | 20 | 19 | 19 | 18 | 13 |
| | Mty = - 0.001.q.Lx ² x | 60 | 65 | 69 | 72 | 74 | 76 | 77 | 78 | 78 | 78 | 78 | 78 | 78 | 78 | 78 | 79 | 79 |
| | Mtx = - 0.001.q.Lx ² x | 60 | 66 | 71 | 74 | 77 | 79 | 80 | 82 | 83 | 83 | 83 | 83 | 83 | 83 | 83 | 83 | 83 |
| | Mlx = 0.001.q.Lx ² x | 26 | 29 | 32 | 35 | 36 | 38 | 39 | 40 | 40 | 41 | 41 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 |
| | Mly = 0.001.q.Lx ² x | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 15 | 14 | 13 | 12 | 12 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 8 |
| | Mty = - 0.001.q.Lx ² x | 55 | 57 | 57 | 57 | 58 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 |
| Catatan: = Terletak bebas = Terjepit penuh | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

(Sumber : PBI 1971)

Dimana:

- Mlx adalah momen lapangan maksimum per meter lebar di arah-x
- Mly adalah momen lapangan maksimum per meter lebar di arah-y
- Mtx adalah momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah-x
- Mty adalah momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah-y

f. Memperkirakan tebal efektif (d_{eff})

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

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

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

Tabel 2.7 Tebal Selimut Beton Minimum

| Paparan | Komponen Struktur | Tulangan | Ketebalan Selimut, mm |
|------------------|-------------------|----------|-----------------------|
| Dicor dan secara | Semua | Semua | 75 |

| | | | |
|---|---|--|----|
| permanen kontak dengan tanah | | | |
| Terpapar cuaca atau kontak dengan tanah | Semua | Batang D19 hingga D57 | 50 |
| | | Batang D16, Kawat Ø13 atau D13 dan yang lebih kecil | 40 |
| Tidak terpapar cuaca atau kontak dengan tanah | Pelat, pelat berusuk dan dinding | Batang D43 dan D57 | 40 |
| | | Batang D36 dan yang lebih kecil | 20 |
| | Balok, kolom, pedestal dan batang tarik | Tulangan utama, sengkang, sengkang ikat, spiral dan sengkang pengegang | 40 |

(Sumber : SNI 2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, hal 460)

g. Menentukan rasio penulangan (ρ)

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

Keterangan :

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

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

d = Tinggi efektif (mm)

ϕ = Faktor reduksi rencana

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

- 1) Jika $\rho < \rho_{min}$, maka menggunakan ρ_{min} dan As yang digunakan Asmin
- 2) Jika $\rho > \rho_{max}$, maka pelat dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang

h. Hitung As (Luas Penampang Tulangan) yang diperlukan

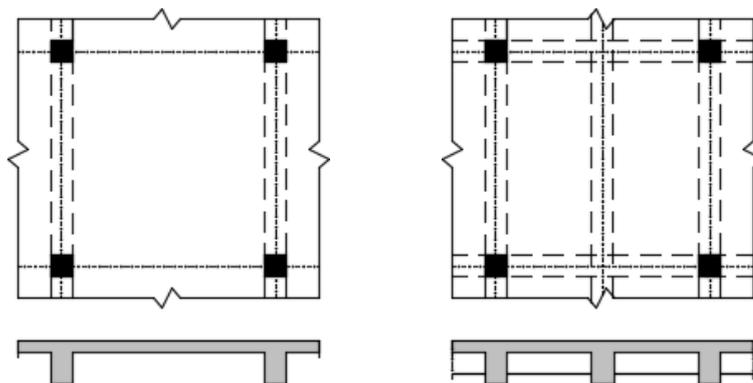
- 1) As Pakai = $\rho \cdot b \cdot d$
- 2) As Minimum = $\rho_{min} \cdot b \cdot h$

(Digunakan 0,0018 karena tulangan yang digunakan merupakan jenis ulir)

i. Memilih tulangan baja pokok yang akan dipasang dengan menggunakan tabel. Untuk tulangan pokok harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari 3 kali tebal pelat atau 450 mm.

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

Pelat satu arah merupakan jenis pelat yang mengalami lendutan pada satu arah sumbu (Lesmana, 2020:191). Hal ini mengandung arti bahwa tulangan lentur yang digunakan pun hanya satu arah, sesuai dengan arah lendutan pelat yang terjadi. Suatu pelat dikatakan pelat satu arah apabila $\frac{L_y}{L_x} > 2$, dimana L_y adalah sisi panjang dan L_x adalah sisi pendek.



(a) Pelat Satu Arah

(b) Pelat Satu Arah

Gambar 2.6 Jenis – Jenis Pelat Satu Arah

Dalam perencanaan struktur pelat satu arah, langkah – langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi jenis pelat dengan syarat batasnya pelat dua arah, yakni : $\frac{L_y}{L_x} > 2$, dengan L_y sebagai sisi pelat terpanjang dan L_x adalah sisi terpendek pada pelat yang ditinjau.
- b. Penentuan tebal pelat

Ketebalan minimum pelat satu arah yang menggunakan $f_y = 420$ Mpa sesuai SNI 2847-2019 Tabel 7.3.1.1 harus ditentukan sebagaimana terlihat pada tabel 2.8.

Tabel 2.8 Ketebalan Minimum Pelat

| Kondisi Tumpuan | minimum |
|---|-----------|
| Tumpuan sederhana | $\ell/20$ |
| Satu ujung menerus | $\ell/24$ |
| Kedua ujung menerus | $\ell/28$ |
| Kantilever | $\ell/10$ |
| Angka ini berlaku untuk beton berat normal dan $f_y = 420$ MPa. Untuk kasus lain, ketebalan minimum harus dimodifikasi sesuai 7.3.1.1.1 hingga 7.3.1.1.3. | |

(Sumber : SNI 2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, hal 120)

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

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

Keterangan :

W_D = Jumlah beban mati pelat (kN/m)

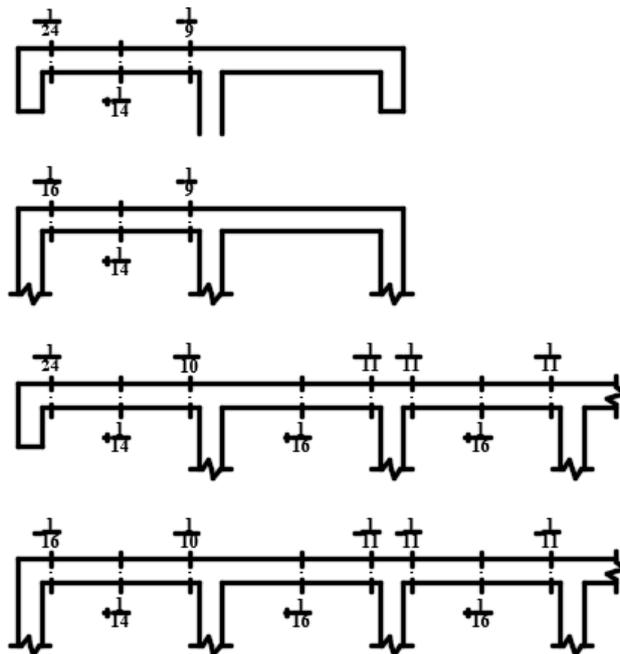
W_L = Jumlah beban hidup pelat (kN/m)

W_U = Jumlah beban terfaktor (kN/m)

- d. Menghitung momen rencana (M_u) baik dengan cara koefisien dan analitis

Metode pendekatan berikut ini dapat digunakan untuk menentukan momen lentur dan gaya geser dalam perencanaan balok menerus dan pelat satu arah, yaitu pelat beton bertulang dimana tulangnya hanya direncanakan untuk memikul gaya-gaya dalam satu arah, selama:

- 1) Jumlah minimum bentang yang ada harus minimum dua
- 2) Memiliki panjang bentang yang tidak terlalu berbeda, dengan rasio panjang bentang terbesar terhadap panjang bentang terpendek dari dua bentang yang bersebelahan tidak lebih dari 1,2
- 3) Beban yang bekerja merupakan beban terbagi rata
- 4) Beban hidup per satuan panjang tidak melebihi tiga kali beban mati per satuan panjang
- 5) Komponen struktur adalah prismatic



Gambar 2.7 Koefisien Momen untuk Balok dan Pelat Menerus

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

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

Selimut beton untuk struktur pelat tidak boleh kurang dari 20 mm, untuk pelat yang tidak berhubungan langsung dengan cuaca dan tanah. Untuk

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

- e. Memperkirakan tebal efektif (d_{eff})

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

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

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

- f. Menentukan rasio penulangan (ρ)

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

Keterangan :

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

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

d = Tinggi efektif (mm)

ϕ = Faktor reduksi rencana

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

- 1) Jika $\rho < \rho_{min}$, maka menggunakan ρ_{min} dan As yang digunakan Asmin
- 2) Jika $\rho > \rho_{max}$, maka pelat dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang

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

1) As perlu = $\rho \cdot b \cdot d_x$

2) As Minimum = $\rho_{min} \cdot b \cdot h$

- h. Memilih tulangan baja pokok yang akan dipasang dengan menggunakan tabel. Struktur pelat satu arah, harus disediakan tulangan susut dan suhu yang memiliki arah tegak lurus terhadap tulangan lentur. Persyaratan ini diatur dalam SNI 2847-2019 pasal 24.4.3.2 Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton seperti berikut :

Tabel 2.9 Rasio Luas Tulangan Susut Dan Suhu Minimum 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 x 420 |
| | | | f_y |
| | | | 0,0014 |

(Sumber : SNI 2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, hal 553)

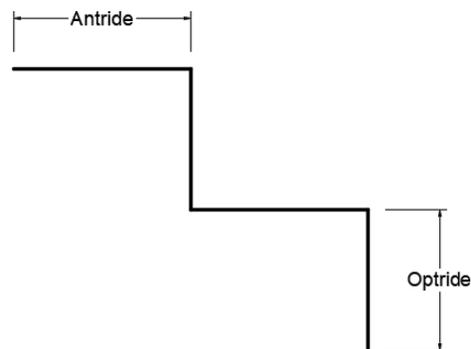
Kecuali untuk pelat rusuk, maka jarak antar tulangan utama pada pelat tidak tidak lebih jauh dari lima kali tebal slab atau tidak lebih jauh dari 450 mm.

2.3.3 Perancangan Tangga

Tangga adalah salah satu bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai alat penghubung lantai bawah dengan lantai yang ada di atasnya pada bangunan yang bertingkat dalam kegiatan tertentu. Tangga dapat terbuat dari kayu, pasangan batu, baja, besi, maupun beton. Bagian-bagian tangga antara lain sebagai berikut :

1. Anak Tangga
 - a. *Antride*, adalah bagian horizontal dari anak tangga yang merupakan bidang tempat kaki berpijak.
 - b. *Optrade*, adalah bagian vertikal dari anak tangga yang merupakan selisih antara dua buah anak tangga yang berurutan.

Seperti terlihat pada gambar 2.4 dapat dilihat ilustrasi antara *optrade* dan *antride*.



Gambar 2.8 Anak Tangga (Antride dan Optrade)

2. Ibu Tangga

Ibu tangga adalah bagian tangga berupa dua batang atau papan miring yang berfungsi 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 merupakan bagian dari tangga yang merupakan bidang datar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat istirahat bila terasa lelah. Bordes dibuat apabila jarak tempuh tangga sangat panjang yang mempunyai jumlah anak tangga lebih dari 20 buah atau lebar tangga cukup akan tetapi ruangan yang tersedia untuk tangga biasa/rusuk tidak mencukupi. Untuk menentukan panjang bordes (L), menggunakan rumus berikut :

$$L = L_n + 1.a \text{ s/d } 2.a$$

Keterangan :

L = Panjang bordes

L_n = Ukuran satu langkah normal datar

a = Antride

4. Pelengkap Tangga

- a. Tiang sandaran, yaitu tiang yang berdiri tegak yang ujung bawahnya tempat memanjatkan ibu tangga dan ujung atasnya sebagai tempat menumpanginya 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.

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

1. Syarat umum tangga

Syarat-syarat umum tangga di antaranya dapat ditinjau dari segi, seperti berikut :

a. Penempatan

- 1) Penempatan tangga diusahakan sehemat mungkin menggunakan ruangan.
- 2) Mudah ditemukan oleh banyak orang dan mendapatkan sinar matahari pada waktu siang hari.
- 3) Diusahakan penempatan tidak mengganggu atau menghalangi lalu lintas orang banyak (untuk tangga di tempat-tempat yang ramai).

b. Kekuatannya

- 1) Bila menggunakan bahan kayu, hendaknya menggunakan kayu kelas I atau II agar nantinya tidak terjadi pelenturan atau goyang.
- 2) Tangga harus kokoh dan stabil (kuat) bila dilalui oleh sejumlah orang dan/atau barang sesuai dengan perencanaan.

c. Bentuknya

- 1) Sudut kemiringan untuk konstruksi tangga tidak boleh lebih dari 45° .
- 2) Bentuk konstruksi tangga diusahakan sederhana, layak, sehingga dapat dikerjakan dengan cepat dan mudah serta hemat biaya.
- 3) Bentuk konstruksi tangga diusahakan rapi dan indah.

2. Syarat-syarat khusus tangga :

Syarat-syarat khusus konstruksi tangga diantaranya sebagai berikut :

a. Untuk bangunan rumah tinggal

Antride = 25 cm (minimum)

- Optrade = 20 cm (maksimum)
 Lebar tangga = 80 – 100 cm
- b. Untuk perkantoran dan lain-lain
 Antride = 25 cm (minimum)
 Optrade = 17 cm (maksimum)
 Lebar tangga = 120 – 200 cm
- c. Syarat langkah
 2 optrade + 1 antride = 57 s/d 65 cm
- d. Sudut kemiringan tangga
 Maksimum = 45°
 Minimum = 20°

Adapun langkah-langkah perhitungan dalam perencanaan tangga adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan Tangga
 - a. Menentukan panjang tangga, jumlah antride dengan mengasumsikan tinggi optrade

$$\text{Jumlah antride} = \frac{h}{\text{tinggi optrade}}$$
 - b. Menentukan antride dan tinggi optrade yang sebenarnya

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

$$\text{Antride} = Ln - 2 \text{ optrade}$$
 - c. Menentukan sudut kemiringan tangga

$$\text{Arc tan } \theta = \frac{\text{optrade}}{\text{antride}}$$
 - d. Menentukan tebal pelat tangga

$$h_{\text{min}} = \frac{1}{28}L$$
2. Menentukan pembebanan pada anak tangga
 - a. Beban Mati (W_D)
 - 1) Berat anak tangga

Berat satu anak tangga (Q) dalam per m'

$$Q = \frac{1}{2} \times \text{antride} \times \text{optrade} \times 1 \text{ m} \times \gamma_{\text{beton}} \times \frac{\text{jumlah anak tangga}}{\text{meter}}$$

- 2) Berat sendiri bordes
 Berat pelat bordes = tebal pelat bordes x γ_{beton} x 1 meter
- 3) Berat penutup lantai (spesi dan ubin), berat adukan
3. Menghitung gaya-gaya yang bekerja dengan menggunakan program ETABS V.18.
4. Perhitungan tulangan tangga dan bordes
 - a. Memperkirakan tinggi efektif (d_{eff})
 $d_{\text{eff}} = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan pokok}$
 - b. Menentukan rasio penulangan (ρ)

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

Keterangan :

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

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

d = Tinggi efektif (mm)

ϕ = Faktor reduksi rencana

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

- 1) Jika $\rho < \rho_{\text{min}}$, maka menggunakan ρ_{min} dan As yang digunakan A_{smin}
 ρ_{min} untuk pelat lantai adalah 0,0018.
- 2) Jika $\rho > \rho_{\text{max}}$, maka pelat dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang
- c. Hitung As yang diperlukan
 $A_{\text{s}} \text{ Pakai} = \rho \cdot b \cdot d_{\text{eff}}$
 A_{s} = Luas tulangan pokok yang diperlukan oleh pelat untuk memikul momen lentur yang terjadi (mm^2)
 ρ = Rasio penulangan
 d = Tinggi efektif pelat (mm)
- d. Menentukan tulangan pembagi
 Untuk tulangan susut suhu dihitung berdasarkan peraturan SNI 2847-2019, yang telah disebutkan pada tabel 2.9. Tulangan susut dan suhu harus

dipasang dengan jarak tidak lebih jauh dari lima kali tebal slab atau tidak lebih jauh dari 450 mm.

2.3.4 Perancangan Portal

Portal merupakan salah satu sistem konstruksi yang terdiri dari bagian-bagian struktur bangunan yang saling terhubung satu sama lain. Beberapa portal juga bisa berdiri sendiri baik dibantu struktur lantai maupun tanpa bantuan dari struktur apapun. Adapun fungsi utama portal adalah untuk menahan beban yang bekerja bangunan sebagai satu kesatuan yang lengkap. Perhitungan pembebanan di portal akan menghasilkan gaya geser, aksial dan momen yang akan menjadi landasan berhitung untuk perancangan balok induk dan kolom struktur bangunan. Portal terbagi menjadi 3 sistem ditinjau dari struktur utama yang dipakai untuk meningkatkan daya tahan suatu bangunan terhadap gaya lateral dari gedung yang bertingkat banyak, diantaranya:

1. Portal Terbuka (*Open Frame*)

Portal terbuka ialah portal terbuka segi empat yang terdiri dari kolom dan balok dengan hubungan monolit membentuk ruangan yang besar dan memberikan daya tahan horizontal pada kerangka keseluruhan. Oleh karena itu, sistem seperti ini diperlukan pada konstruksi gedung yang bertingkat banyak. Pada struktur beton bertulang dan yang sejenis, kekuatan batang yang tidak begitu besar sehingga daya tahannya terbatas serta pada gedung bertingkat banyak pemakaian gabungan portal terbuka dan dinding geser umumnya lebih menguntungkan. Namun, kekuatan dapat ditingkatkan dengan menggunakan portal terbuka konstru

2. Portal Dinding (*Walled Frame*)

Pada portal dinding, balok tinggi (biasanya bagian dibawah jendela dianggap sebagai balok) dan kolom yang lebar (dinding pojok dianggap sebagai kolom) dipakai untuk memperoleh kekuatan yang besar dengan memanfaatkan sifat bawaan beton bertulang dan ketegaran yang beberapa kali lebih tinggi daripada portal terbuka biasa, dan merupakan sistem penahan gempa yang rasional dan ekonomis. Namun, beberapa arsitek tidak menyukai

jenis struktur ini karena bidang kolom dan balok yang besar membatasi tampak gedung, sehingga segi arsiteknya kurang baik.

3. Portal dengan Penyokong dan Dinding Geser (*Diagonally Braced Frames*)

Dinding geser dengan lebar yang besar akan menghasilkan daya tahan lentur dan geser yang sangat tinggi dan merupakan system struktur yang paling rasional dengan memanfaatkan sifat-sifat beton bertulang. Pada konstruksi baja structural, portal-portal dengan penyokong (*Bracing*) merupakan sistem struktur yang efektif dan kuat

Pada perhitungan portal penulis menggunakan program SAP 2000 V.14 portal yang akan dihitung ialah portal yang disebabkan oleh beban mati (*dead load*) dan beban hidup (*live load*) baik dalam arah memanjang dan melintang. Berikut ini jenis-jenis pembebanan yang perlu diperhitungkan di dalam perancangan portal, sebagai berikut :

1. Portal akibat beban mati

Portal akibat beban mati yang akan ditinjau dari arah memanjang dan melintang. Adapun pembebanan yang dimaksud terdiri dari :

- a. Berat sendiri pelat
- b. Berat balok
- c. Berat penutup lantai dan adukan semen
- d. Berat plafond dan penggantung
- e. Berat pasangan dinding bata
- f. Berat plesteran dinding

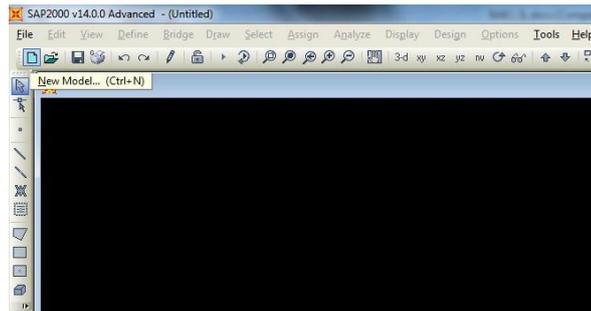
2. Portal akibat beban hidup

Portal akibat beban hidup ditinjau dari arah melintang dan memanjang. Adapun langkah – langkah perhitungan portal akibat beban hidup sama dengan perhitungan portal akibat beban mati, yakni dilakukan dengan media berupa aplikasi program SAP 2000 V.14 berikut beban yang dikategorikan didalamnya, yakni:

- a. Beban hidup dari pelat atap
- b. Beban hidup yang bersumber dari pelat lantai

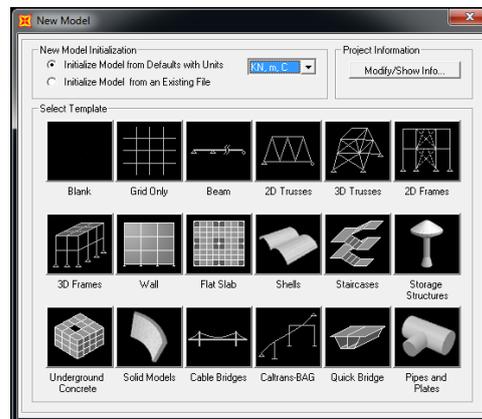
Adapun langkah-langkah menghitung portal dengan menggunakan program SAP 2000 V.14 adalah sebagai berikut :

1. Membuat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup
 - a. Klik *New Model* atau CTRL+N



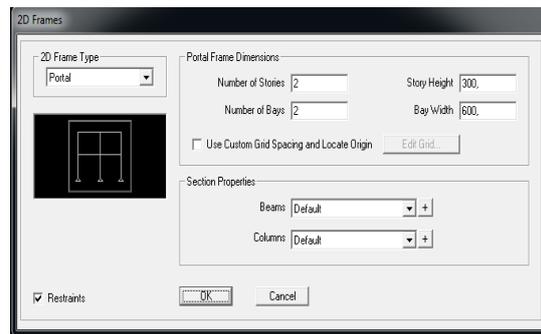
Gambar 2.9 Toolbar New Model

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



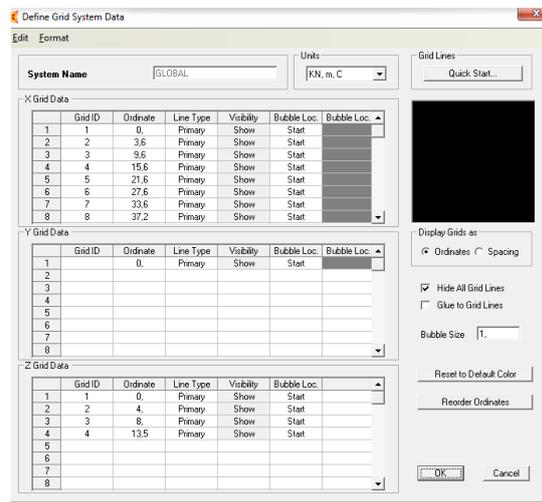
Gambar 2.10 Tampilan New Model

- c. Pilih model template 2D frames, akan muncul jendela seperti gambar dibawah ini, kemudian isikan Number of Stories, Story Height, Number of Bays, dan Bay Width masukan sesuai data-data perencanaan. Kemudian klik OK



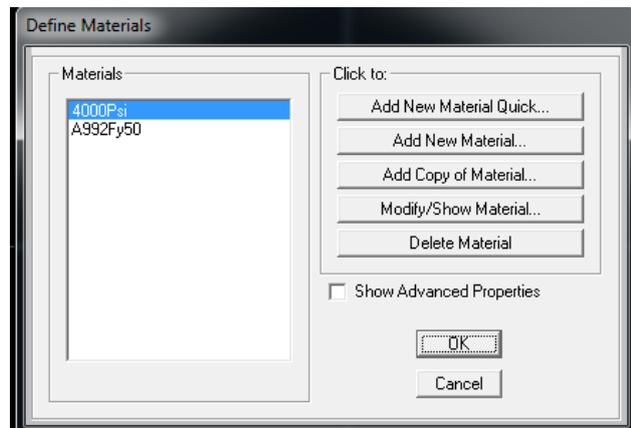
Gambar 2.11 Tampilan 2D Frames

- d. Untuk mengatur Kembali jarak-jarak pada portal. Dapat dilakukan dengan cara klik 2x pada Grid Point yang terdapat pada portal



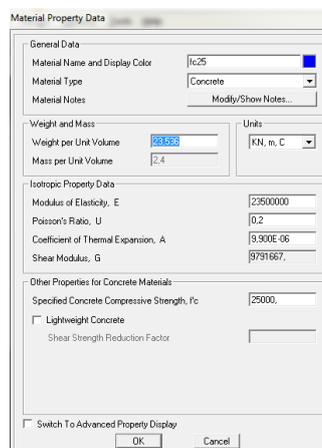
Gambar 2.12 Define Grid System data

2. Menentukan material
 - a. Langkah pertama klik Define pada toolbar > lalu klik Materials maka akan muncul jendela Define Materials.



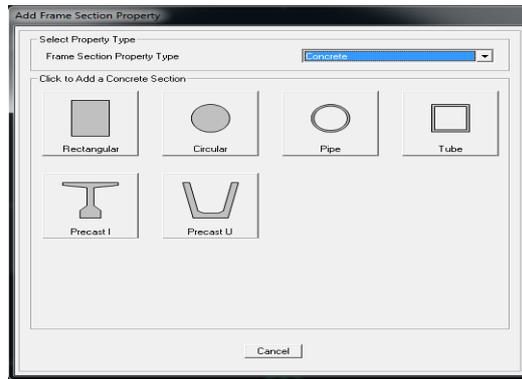
Gambar 2.13 Jendela Difine Material

- 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 $4700 \sqrt{F_c'} \cdot 1000$, serta ubah juga nilai F_c dan F_y sesuai dengan perencanaan dengan masing- masing dikali 1000, klik OK.



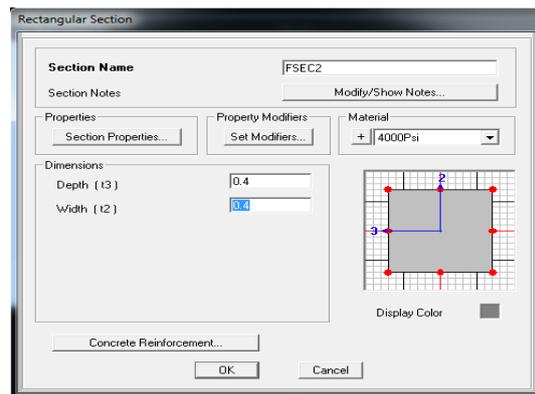
Gambar 2.14 Jendela Material Property Data

3. Menentukan nilai dimensi kolom dan balok
- a. Blok frame kolom/balok, lalu pilih menu pada Toolbar, Define > Section Properties > Frame Section, setelah memilih menu diatas akan tampil Toolbar Frame Properties.



Gambar 2.15 Toolbar Frame Properties

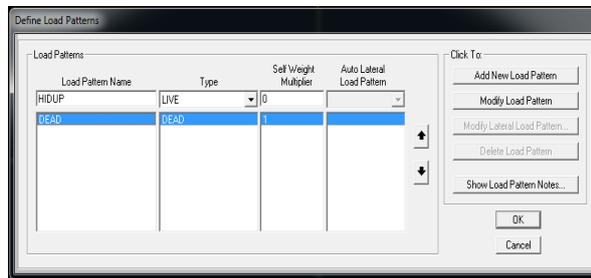
- b. Klik add new property, maka akan muncul jendela Add Frame Selection Property. Pada Select Property Type, ganti Frame Section Property Type menjadi Concrete.



Gambar 2.16 Jendela Rectangular Section

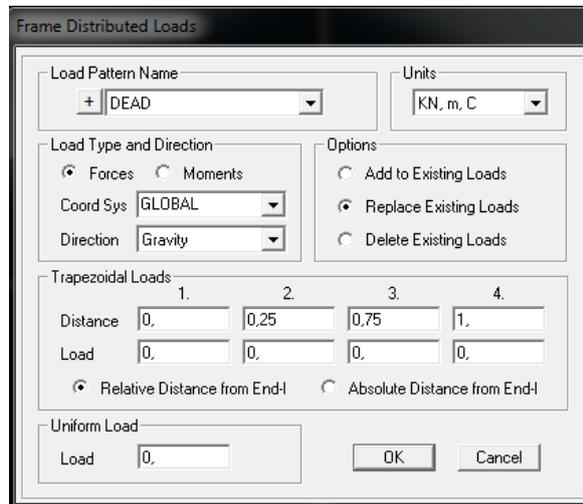
- c. Ganti Section Name dengan nama balok, kolom, ganti ukuran tinggi (depth) dan lebar (width) balok/kolom sesuai dengan perencanaan. Kemudian klik Concrete Reinforcement, klik Column, Beam, lalu klik OK
 - d. Untuk menentukan frame tersebut balok atau kolom yaitu dengan cara memblok frame kemudian pada toolbar pilih menu Assign Frame Loads – Distributed – pilih Pembebanan.
4. Membuat cases beban mati, beban hidup dan angin.
 - a. Pilih menu pada toolbar, Define – Load Pattern – buat nama pembebanan, tipe pembebanan dan nilai koefisiennya diisi dengan nilai 0. Lalu klik

Add New Load Pattern lalu klik OK.



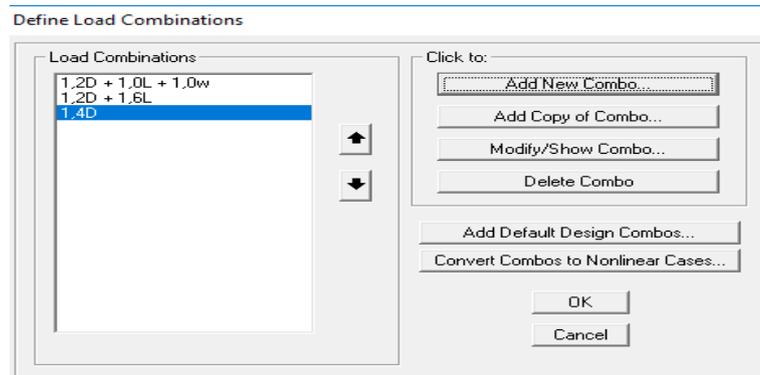
Gambar 2.17 Jendela Define Load Pattern

- b. Input beban mati, beban hidup dan angin pada menu toolbar, *Assign Frame Loads – Distributed*



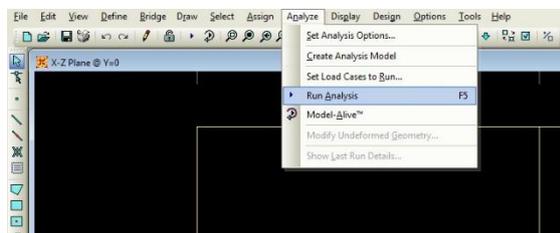
Gambar 2.18 Jendela Frame Disributed Loads

5. Input load combination (beban kombinasi) pada menu toolbar, Define – Combination – Add New Combo, kemudian masukkan beban kombinasinya (dihitung manual).



Gambar 2.19 Jendela Loads Combination

6. Run analisis.



Gambar 2.20 Jendela Run Analysis

2.3.5 Perancangan balok

Menurut Agus Setiawan (2016:4), Balok merupakan elemen horizontal atau miring yang panjang dengan ukuran lebar serta tinggi yang terbatas. Balok berfungsi untuk menyalurkan beban dari pelat. Pada umumnya balok dicetak secara monolit dengan pelat lantai, sehingga akan membentuk balok penampang T pada interior dan balok penampang L pada balok-balok tepi. Di dalam tinjauan ini, penulis merancang 2 kategori balok, yakni balok anak dan balok induk.

1. Balok Anak

Balok anak adalah balok yang berfungsi sebagai pembagi luasan pelat lantai guna menghindari terjadinya lendutan dan meminimalisasi getaran pada pelat lantai pada saat adanya aktivitas di atasnya. Balok anak umumnya menempel pada balok – balok induk.

2. Balok Induk

Balok induk adalah bagian struktur yang berfungsi sebagai rangka penguat horizontal atau beban – beban yang ada. Balok induk juga merupakan pengikat antar kolom-kolom struktur.

Adapun langkah – langkah perancangan balok, yaitu :

1. Menentukan mutu beton yang digunakan
2. Menentukan dimensi balok yang akan direncanakan
3. Menghitung pembebanan yang terjadi, yakni:
 - a. Beban Mati (*Dead Load*)
 - b. Beban Hidup (*Live Load*)
 - c. Berat Sendiri Balok
 - d. Berat Sambungan Pelat

4. Menghitung beban ultimate

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

5. Menghitung momen rencana

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

6. Periksa dimensi penampang balok

- a. Menentukan d_{eff}

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

- b. Mencari nilai ρ

$$K = \frac{M_u \times 10^6}{\emptyset . b . d_{eff} f^2}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 . f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 . k}{0,85 . f_c'}} \right]$$

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

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

7. Penulangan lentur lapangan dantumpuan

- a. Menentukan d_{eff}

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

- b. Mencari nilai ρ

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

- c. Hitung As yang diperlukan

$$As_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d_{\text{eff}}$$

Keterangan :

As = Luas tulangan yang diperlukan oleh balok untuk memikul momen lentur yang terjadi (mm^2)

ρ = Rasio penulangan

d_{eff} = Tinggi efektifpelat

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

8. Perencanaan tulangan geser

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

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

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

- c. Periksa nilai V_u

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

- Jika $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$, 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).

2.3.6 Perancangan 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 aksila tekan dan momen. Kolom juga merupakan elemen

struktur utama yang berperan paling penting dalam memikul beban lateral pada struktur gedung. (Lesmana, 2020 : 121)

Secara umum kolom dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori sebagai berikut :

1. Berdasarkan beban yang bekerja, kolom diklasifikasikan menjadi:
 - a. Kolom dengan beban aksial
 - b. Kolom dengan beban eksentris uniaksial
 - c. Kolom dengan beban biaksial
2. Berdasarkan panjangnya, kolom dibedakan menjadi:
 - a. Kolom panjang
 - b. Kolom pendek
3. Berdasarkan bentuk penampangnya, kolom dapat berbentuk bujur sangkar, segi delapan, persegi panjang, lingkaran, bentuk L, dan bentuk lainnya dengan ukuran sisi yang mencukupi.
4. Berdasarkan jenis tulangan sengkang yang digunakan dibedakan menjadi kolom dengan sengkang persegi dan kolom dengan sengkang spiral.
5. Berdasarkan kekangan dalam arah lateral, kolom dapat menjadi bagian dari suatu portal yang dikekang terhadap goyangan atau pun juga dapat menjadi bagian dari suatu portal bergoyang.
6. Berdasarkan materialnya, kolom dapat berupa kolom beton bertulang biasa, kolom beton prategang, atau kolom komposit (terdiri dari beton dan profil baja).

Prosuder perhitungan struktur 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

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

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

l = tinggi kolom dihitung dari as ke as

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

d. Menghitung Parameter Penampang Balok

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

e. Nilai d' Penampang kolom

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

f. Nilai γ Penampang Kolom

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

g. Menentukan nilai kekakuan kolom

$$\Psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{l}\right) \text{ Kolom}}{\sum \left(\frac{EI}{l}\right) \text{ Balok}} = \frac{\left(\frac{EI}{l}\right) K_3 + \left(\frac{EI}{l}\right) K_2}{\left(\frac{EI}{l}\right) B_3 + \left(\frac{EI}{l}\right) B_2} =$$

h. Menentukan nilai kelangsingan kolom

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

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \leq 34 + 12$$

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

Pembesaran momen

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

Besaran eksentrisitas

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

Sumbu x:

$$R_n = \frac{(Pu/\phi)e}{(fc' \times Ag \times h)}$$

Sumbu y:

$$K_n = \frac{(Pu/\phi)e}{(fc' \times Ag \times h)}$$

j. Tentukan A_{stotal}

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

k. Tentukan jumlah tulangan

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

l. Tentukan nilai V_u dari SAP

m. Menghitung nilai V_c

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

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

n. Menentukan jarak sengkang

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

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

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

2.3.7 Perancangan Sloof

Sloof adalah balok beton bertulang yang berfungsi sebagai pendukung beban yang berada diatas pondasi dan juga berfungsi untuk menahan beban dinding diatasnya dan merupakan bagian yang menyatukan dan mengompakkan antara pondasi untuk menerima berbagai beban dari atas. Sloof juga merupakan jenis konstruksi beton bertulang yang sengaja didisain khusus luas penampang dan jumlah pembesiannya, disesuaikan dengan kebutuhan beban yang akan dipikul oleh Sloof tersebut Untuk menentukan luas penampang (ukuran sloof ini), dibutuhkan perhitungan teknis yang tepat agar sloof tersebut nanti “benar-benar mampu” untuk memikul beban dinding bata diatasnya nanti. Sloof adalah struktur bangunan yang terletak di atas pondasi bangunan. Selain itu sloof juga berfungsi sebagai pengunci dinding dan kolom agar tidak roboh apabila terjadi pergerakan tanah. Sebagai tambahan pada sloof, untuk bangunan tahan terhadap gempa maka disempurnakan pada ikatan antara sloof dengan pondasi yaitu dengan memberikan angker dengan diameter 12 mm jarak 1,5 meter. Namun angka ini dapat berubah untuk bangunan yang lebih besar atau bangunan bertingkat banyak.

Langkah – langkah perhitungan dalam merencanakan sloof :

1. Cek dimensi penampang sloof

a. Menentukan d_{eff}

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

- b. Mencari nilai ρ

$$K = \frac{Mu \times 10^6}{\phi \cdot b \cdot d_{eff}^2}$$

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

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

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

2. Penulangan lentur lapangan dantumpuan

- a. Menentukan d_{eff}

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

- b. Mencari nilai ρ

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

- c. Hitung A_s yang diperlukan

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

Keterangan :

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

ρ = Rasio penulangan

d_{eff} = Tinggi efektifpelat

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

3. Perencanaan tulangan geser

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

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

$$\phi V_c = \phi 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} b_w d$$

- c. Periksa nilai V_u

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

2.3.8 Perancangan Pondasi

Menurut Agus Setiawan (2016:5), Pondasi adalah elemen pemikul beban dari kolom yang kemudian menyalurkan ke lapisan tanah keras, Pondasi berfungsi sebagai penopang bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (upper structure) ke lapisan tanah yang cukup kuat daya dukungnya (Pengantar Teknik Pondasi, 1990).

Proses desain struktur pondasi memerlukan analisis yang cukup lengkap, meliputi kondisi atau jenis struktur atas, beban-beban yang bekerja pada struktur, profil lapisan tanah tempat bangunan, serta kemungkinan terjadinya penurunan (*settlement*). Hasil desain struktur pondasi yang optimal dapat menghasilkan biaya konstruksi yang minimal tanpa mengurangi tingkat keamanan dan kinerja dari struktur tersebut. Berikut ini merupakan beberapa jenis-jenis pondasi yang biasa diketahui, diantaranya:

1. Pondasi dangkal

Menurut Terzaghi, pengertian pondasi dangkal adalah jika kedalaman pondasi \leq lebar pondasi, maka pondasi tersebut dikatakan pondasi dangkal. Pada prinsipnya pondasi dangkal berupa pondasi telapak, yaitu pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah di pondasi tersebut. Stabilitas pondasi dangkal dapat ditentukan dengan banyak cara dan stabilitas ini ditentukan oleh beberapa faktor. Pondasi dangkal merupakan pondasi yang memiliki dasar pondasi pada kedalaman maksimal 2 m dari muka tanah asli. Jenis-jenis pondasi dangkal :

- a. Pondasi telapak, dapat digunakan jika sebuah elemen pondasi memikul

sebuah beban kolom tunggal

- b. Pondasi lajur, dapat digunakan jika kolom terletak dalam satu garis dan terletak berdekatan
 - c. Pondasi gabungan, dapat digunakan apabila terdapat dua buah kolom yang saling berdekatan dan apabila digunakan pondasi telapak maka kedua pondasi tersebut akan saling bertabrakan satu sama lain.
 - d. Pondasi rakit/raft/mat, dapat digunakan pada kondisi lapisan tanah yang memiliki daya dukung rendah, biasanya diperlukan ukuran/ dimensi pondasi yang lebih besar.
2. Pondasi dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang memiliki kedalaman tanah keras lebih dari 2 meter. Pada beberapa kondisi yang dijumpai di lapangan, terkadang lapisan tanah keras sebagai dasar pondasi, terletak cukup dalam dari lapisan muka tanah. Atau dengan kata lain, lapisan tanah tersebut memiliki daya dukung yang kurang bagus. Sebagai akibatnya, seorang ahli teknik tidak dapat menggunakan sistem pondasi dangkal, dan sebagai alternatifnya dapat dipilih sistem pondasi dalam berupa tiang pancang atau tiang bor. Fungsi dari sebuah pondasi tiang adalah untuk mentransmisikan beban aksial kolom serta beban momen ke lapisan tanah tanah keras.

Langkah-langkah perancangan pondasi :

1. Menentukan daya dukung ijin tanah (Q) melalui perhitungan dengan berdasarkan data-data tanah yang ada.
 - a. Berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang

$$Q_{\text{bahan}} = 0,3 \times f'c \times A \text{ tiang}$$
 - b. Berdasarkan kekuatan tanah

$$Q_{\text{ijin}} = \frac{A \text{ tiang} \cdot p}{Fb} + \frac{o. l. c}{Fs}$$
2. Menentukan jumlah banyaknya tiang pancang

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

$$n = \frac{Q}{Q \text{ ijin}}$$
3. Menentukan jarak antar tiang pancang

Apabila telah dilakukan perhitungan jumlah banyaknya tiang pancang, maka langkah selanjutnya adalah menentukan jarak antar masing-masing tiang pancang.

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

4. Menentukan efisiensi kelompok tiang

Menentukan efisiensi kelompok tiang dilakukan setelah mengetahui hasil perhitungan jumlah tiang pancang. Perhitungan efisiensi kelompok tiang ini dilakukan apabila setelah didapat hasil perhitungan jumlah tiang yang lebih dari satu buah tiang. Nilai efisiensi tiang pancang (E_g) dapat ditentukan dengan rumus berikut ini :

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

Keterangan :

E_g = efisiensi kelompok tiang

$$\theta = \text{arc.tan} \frac{d}{s}$$

d = diameter tiang (m)

s = jarak antar tiang (m)

m = Jumlah baris tiang dalam kelompok tiang (buah)

n = Jumlah kolom tiang dalam kelompok tiang (buah)

Daya dukung grup ijin tiang :

$$Q_{\text{ult grup}} = E_g \cdot Q_{\text{ijin}} \cdot n$$

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

$$Q_i = \frac{Q}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_i}{\sum X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_i}{\sum Y^2}$$

Keterangan :

Q = Total beban vertical yang bekerja (ton)

M_x = Momen yang berusaha untuk memutar sumbu x (t.m)

M_y = Momen yang berusaha untuk memutar sumbu y (t.m)

n = Jumlah tiang (buah)

X_i = Jarak tiang nomor i terhadap sumbu y diukur sejajar sumbu x (m)

Y_i = Jarak tiang nomor i terhadap sumbu x diukur sejajar sumbu y (m)

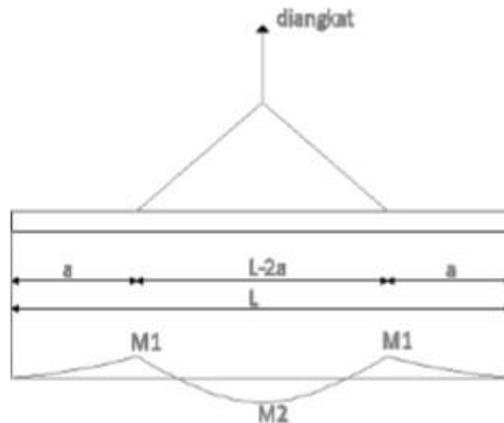
$\sum X^2$ = Jumlah kuadrat jarak seluruh tiang, terhadap sumbu y (m^2)

ΣY^2 = Jumlah kuadrat jarak seluruh tiang, terhadap sumbu x (m^2)

6. Pengangkatan tiang pancang

a. Pengangkatan pola 1 (pada waktu pengangkatan)

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



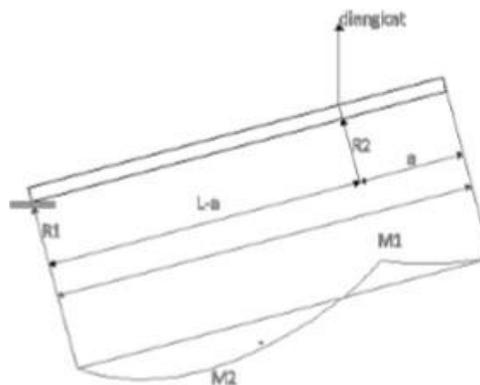
Gambar 2.21 Gambar Pengangkatan Pola 1

$$M_1 = M_2$$

$$1/2qa^2 = 1/8q(L-2a)^2 - 1/2qa^2$$

b. Pengangkatan pola 2 (pada waktu pengangkatan)

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



Gambar 2.22 Pengangkatan Pola 2

$$M_1 = M_2$$

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

7. Perhitungan tulangan tiang pancang

- a. Menentukan $d_{eff} = h - p - \emptyset$ sengkang $- \frac{1}{2} \emptyset$ tulangan utama
- b. Berdasarkan nilai P yang paling besar

Hitung arah absis x dan absis y

$$\text{absis X} = \frac{Pu}{\emptyset \cdot Ag \cdot 0,85 \cdot f'c} \cdot \left(\frac{e}{h} \right)$$

$$\text{absis Y} = \frac{Pu}{\emptyset \cdot Ag \cdot 0,85 \cdot f'c}$$

Nilai $\rho_g = 0,001 < \rho_{min} = 0,01$, maka di pakai ρ_{min}

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

Sehingga $A_{stot} = b \cdot h$

- c. Berdasarkan nilai momen pada saat pengangkatan

Menghitung nilai ρ_{hitung}

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

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

Menghitung luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_{stot} = b \cdot h$$

8. Perhitungan tulangan geser tiang pancang

- a. Menghitung nilai V_u

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

- b. $\phi V_c = \phi \frac{1}{6} \sqrt{f'c} b w d$

Tulangan geser diperlukan apabila $V_u > \frac{1}{2} \emptyset V_c$. Tulangan geser minimum dipakai apabila nilai V_u melebihi $\frac{1}{2} \emptyset V_c$ tapi kurang dari $\emptyset V_c$. Biasanya dapat digunakan tulangan berdiameter 10 mm yang diletakkan dengan jarak maksimum. Apabila nilai $V_u > \emptyset V_c$ maka kebutuhan tulangan geser harus dihitung.

- c. Gaya geser V_u yang dihasilkan oleh beban terfaktor harus kurang atau sama dengan kuat geser nominal dikalikan dengan faktor reduksi \emptyset , atau

$$V_u < \phi V_n$$

Dimana $V_n = V_c + V_s$

(SNI 2847-2019 halaman 482)

Sehingga

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

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

d. Luas minimum tulangan geser

$$A_{v \min} = 0,0062 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \left(\frac{b_w \cdot S}{F_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot b_w \cdot S}{F_{yt}}$$

(SNI 2847-2019 hal 216)

e. Jarak maksimum tulangan geser

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

Jika $V_s > 0,33 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$, maka $S = \frac{d}{4}$ atau 300 mm

(SNI 2847-2019 halaman 202)

Dengan batasan kebutuhan luas tulangan geser :

$$S_{\max} = \frac{A_v \cdot F_{yt}}{0,0062 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w}, \text{ untuk } f'_c > 30 \text{ Mpa}$$

$$S_{\max} = \frac{A_v \cdot F_{yt}}{0,035 \cdot b_w}, \text{ untuk } f'_c \leq 30 \text{ Mpa}$$

Sehingga untuk sengkang vertikal dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

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

Keterangan :

V_c = Kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = Kuat geser terfaktor pada penampang

V_n = Kuat geser nominal

V_s = Kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = Luas tulangan geser pada daerah sejarak s

A_v = 2 A_s , dimana A_s = Luas penampang batang tulangan sengkang

d = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

f_y = mutu baja

9. Perhitungan tulangan geser *pile cap*

a. Kontrol kekuatan geser secara kelompok

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

1) Untuk aksi dua arah

- Tegangan tanah ultimit akibat beban terfaktor

$$P_{ult} = P_u / A$$

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

- Gaya geser nominal

$$\phi V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\phi V_c = 0,33 \lambda \cdot b_o \cdot d \cdot \sqrt{f_c'} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\phi V_c = 0,83 \left(\frac{a_s \cdot d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \quad \dots\dots\dots (3)$$

(SNI 2847-2019 halaman 499)

Dari ketiga persamaan diambil yang terkecil. Jika $\phi V_c > V_u$ maka tidak diperlukan tulangan geser. Jika $\phi V_c < V_u$ maka diperlukan tulangan geser.

2) Untuk aksi satu arah

- Gaya geser terfaktor

$$P_{ult} = P_u / A$$

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

- Gaya geser nominal

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

Jika $\phi V_c > V_u$ maka tidak diperlukan tulangan geser. Jika $\phi V_c < V_u$ maka diperlukan tulangan geser. (Lesmana, 2020)

b. Kontrol kekuatan geser secara kelompok

1) Gaya geser terfaktor (V_u)

2) Gaya geser nominal

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

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

10. Perhitungan tulangan pokok *pile cap*

- a. Menghitung nilai ρ

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

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

- b. Menghitung tulangan yang dibutuhkan

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

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

11. Perhitungan kekuatan tulangan pokok pasak

- a. Kuat tekan rencana kolom

$$\phi P_n = \phi \cdot 0,85 \cdot f'c' \cdot A_g$$

Jika $\phi P_n > P_u$, berarti beban pada kolom dapat dipindahkan dengan dukungan saja. Tetapi disyaratkan untuk menggunakan tulangan pasak minimum sebesar : $A_{s\min} = 0,0020 A_g$ (SNI 2847-2019 halaman 123)

- b. Kontrol panjang penyaluran pasak

$$L_{db} = \frac{0,25 \cdot f_y \cdot d_b}{\sqrt{f'c'}}$$

2.4 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.

2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS)

Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS) merupakan segala ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh kontraktor pada saat akan mengikuti pelelangan maupun pada saat 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

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.

2.4.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rancangan anggaran biaya (RAB) adalah suatu acuan atau metode penyajian rencana biaya yang harus dikeluarkan dari awal pekerjaan dimulai hingga pekerjaan tersebut selesai dikerjakan. Rencana biaya harus mencakup dari keseluruhan kebutuhan pekerjaan tersebut, baik itu biaya material atau bahan yang diperlukan. Secara garis besar RAB terdiri dari 2 komponen utama yaitu sebagai berikut :

1. Volume pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada pada suatu proyek pembangunan. Volume pekerjaan dihitung dalam setiap jenis pekerjaan. Volume pekerjaan ini berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan bisa dalam satuan panjang, luasan, maupun isi/volume terhadap bahan yang digunakan.

2. Analisa harga satuan

Analisa harga satuan pekerjaan merupakan perhitungan biaya-biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang terdapat dalam suatu proyek pembangunan. Harga satuan ini berguna agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan setiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat dalam analisa harga satuan ini nantinya akan diperoleh total biaya keseluruhan dari hasil perkalian dengan volume pekerjaan. Analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Analisa harga satuan terdiri dari harga bahan yang didapat di pasaran lalu dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan dan upah tenaga kerja yang didapatkan dilokasi, dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar dinamakan daftar harga satuan upah. Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda-beda. Jadi, dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu bangunan/proyek, harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di pasaran dan lokasi pekerjaan.

2.4.3 Rencana Kerja (*Time Schedule*)

Rencana kerja merupakan serangkaian tujuan dan proses yang bisa membantu untuk mencapai tujuan pembangunan. Rencana kerja pada suatu proyek konstruksi dapat dibuat dalam bentuk berikut ini :

1. *Network Planning* (NWP)

Network planning merupakan suatu hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (*variables*) yang digambarkan/divisualisasikan dalam diagram *network*. Adanya *network* ini menjadikan sistem manajemen dapat menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan waktu dan biaya yang paling efisien. Berikut ini merupakan manfaat NWP adalah sebagai berikut :

- a. Mengkoordinasikan antar kegiatan
- b. Mengetahui apakah suatu kegiatan tergantung atau tidak dengan kegiatan yang lainnya.
- c. Mengetahui pekerjaan apa yang harus lebih dahulu diselesaikan
- d. Mengetahui berapa hari suatu proyek dapat diselesaikan.

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah :

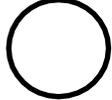
- a. Urutan pekerjaan yang logis
Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan dimulai, dan pekerjaan apa saja yang kemudian mengikutinya.
- b. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan
Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek tersebut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

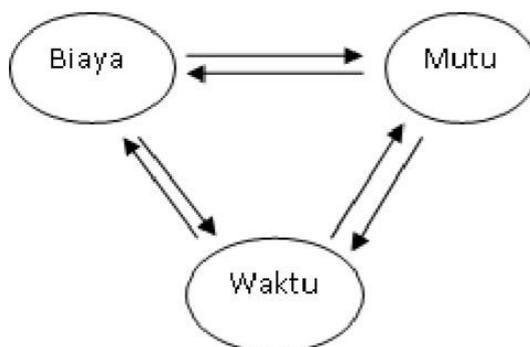
- a. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak memiliki arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya durasi dan *resources* yang dibutuhkan.
- b. Aktivitas-aktivitas apa yang mendahului dan aktivitas apa yang mengikutinya.
- c. Aktivitas-aktivitas apa yang dapat dikerjakan bersamaan.
- 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.

Tabel 2.10 Simbol-Simbol *Network Planning*

| No. | Simbol | Keterangan |
|-----|---|--|
| 1 |  | <i>Arrow</i> , bentuknya merupakan anak panah yang artinya aktivitas/kegiatan merupakan suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan “ <i>duration</i> ” (jangka waktu tertentu) dan “ <i>resources</i> ” (tenaga, equipment, material dan biaya) tertentu. |
| 2 |  | <i>Node/event</i> , bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian : adalah permulaan atau akhir dari satu atau lebih kegiatan-kegiatan. |
| 3 |  | <i>Double arrow</i> , anak panah sejajar, merupakan kegiatan di lintasan kritis (<i>critical path</i>). |
| 4 |  | <i>Dummy</i> , 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. |

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. Adapun ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 2.22 dibawah ini.



Gambar 2.13 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.

2. *Barchart*

Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertical sedangkan dalam kolom horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat dilihat secara jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang. Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

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

- c. Waktu pelaksanaan pekerjaan, adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan.

3. Kurva S

Kurva s adalah kurva yang menggambarkan kumulatif *progress* pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Kurva tersebut dibuat berdasarkan rencana atau pelaksanaan *progress* kegiatan dari setiap pekerjaan atau berdasarkan bobot setiap pekerjaan dari awal sampai berakhirnya pekerjaan. Bobot pekerjaan merupakan presentase yang didapat dari perbandingan harga pekerjaan dan harga total keseluruhan dari jumlah penawaran (anggaran biaya).

Penyebab membentuk huruf S di dalam kurva S dikarenakan kegiatan proyek berlangsung sebagai berikut:

- a. Kemajuan pada awalnya bergerak lambat.
- b. Diikuti oleh kegiatan yang bergerak cepat dalam kurun waktu yang lebih lama.
- c. Akhirnya kecepatan kemajuan menurun dan berhenti pada titik akhir.

Manfaat dan kegunaan kurva 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 presentase pekerjaan lebih cepat atau lebih lambat dari waktu yang sudah ditentukan untuk menyelesaikan proyek.
- c. Sebagai informasi kapan waktu yang tepat untuk melakukan owner ataupun melakukan pembayaran kepada supplier.