

BAB II STUDI PUSTAKA

2.1 Uraian Umum

Perancangan merupakan tahapan yang terpenting dari pembangunan suatu gedung atau bangunan yang lainnya. Tahap perancangan ini bertujuan melengkapi penjelasan proyek dan menentukan tata letak, rancangan, metode konstruksi, dan taksiran biaya (Ervianto, 2005). 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.

Menurut Ervianto (2005), kegiatan yang dilaksanakan pada tahap perencanaan ini:

- a. Mengembangkan ikhtisar proyek menjadi penyelesaian akhir
- b. Memeriksa masalah teknis
- c. Meminta persetujuan akhir ikhtisar dari pemilik proyek
- d. Mempersiapkan:
 - 1) Rancangan skema (pra-rancangan) termasuk taksiran biaya
 - 2) Rancangan terinci
 - 3) Gambar kerja, spesifikasi dan jadwal
 - 4) Daftar kuantitas
 - 5) Taksiran biaya akhir
 - 6) Program pelaksanaan pendahuluan, termasuk jadwal waktu

2.2 Ruang Lingkup Perencanaan Struktur

Langkah awal dalam suatu perencanaan bangunan adalah perencanaan denah bangunan oleh seorang arsitek. Arsitek membuat denah tiap lantai berikut rencana pengembangannya secara mendetail guna memenuhi tuntutan yang diinginkan oleh pemilik (*owner*). Apabila semua denah bangunan telah mendapat persetujuan dari pemilik maka selanjutnya

perencana struktur menentukan sistem struktur yang mampu menjamin keamanan dan stabilitas struktur selama masa layan. Beberapa jenis tipe sistem struktur dapat diajukan guna mendapatkan solusi yang paling ekonomis berdasarkan ketersediaan material serta kondisi lingkungan. Guna mendapatkan solusi tersebut, umumnya dilakukan tahapan sebagai berikut :

- a. Membuat model struktur pemikul beban, berikut elemen-elemen strukturnya.
- b. Melakukan perhitungan beban-beban yang mungkin bekerja pada struktur tersebut.
- c. Melakukan analisa struktur menggunakan program komputer ataupun dengan perhitungan manual untuk menentukan gaya-gaya maksimum yang terjadi seperti momen lentur, geser, torsi, gaya aksial ataupun gaya-gaya yang lain.
- d. Menentukan dimensi elemen struktur serta menghitung pembesian yang diperlukan.
- e. Membuat Gambar struktur berikut spesifikasi material yang diperlukan serta Gambar-Gambar detail yang dibutuhkan sehingga memungkinkan kontraktor melakukan pekerjaan dengan tepat dan baik.

Dalam suatu konstruksi bangunan terdapat dua struktur pendukung bangunan, yaitu :

- a. Struktur Bangunan Atas (*Upper Structure*)

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

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

b. Struktur bangunan bawah (*Sub Structure*)

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

- 1) Perhitungan *tie beam*
- 2) Perhitungan pondasi

2.3 Dasar-Dasar Perencanaan

Dalam penyelesaian perhitungan untuk Perancangan Gedung Graha Serasan Seandanan, penulis berpedoman pada peraturan yang dibuat badan standarisasi yang berlaku di Indonesia dan berbagai jenis buku, diantaranya:

- a. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung Berdasarkan SNI 2847:2013. Pada pedoman ini berisikan persyaratan-persyaratan umum serta ketentuan-ketentuan teknis perencanaan dan pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung.
- b. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain SNI 1727:2013. Pada pedoman ini menentukan beban yang diizinkan untuk merencanakan bangunan serta memuat beban-beban yang harus diperhitungkan dalam perencanaan bangunan.
- c. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983)
- d. Perancangan Struktur Beton Bertulang oleh Agus Setiawan. Buku ini berisi dasar-dasar pengertian sistem struktur beton bertulang dan perilaku serta kekuatan komponen struktur beton bertulang.
- e. Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI oleh Istimawan Dipohusodo.1996.
- f. Dasar-dasar Perancangan Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 oleh W.C.Vis dan Gideon Kusuma.
- g. Analisis dan Perancangan Fondasi II oleh Hary Christady Hardiyatmo.
- h. Analisa dan Desain Pondasi oleh Joseph E.Bowles. Buku ini membahas pengertian-pengertian umum dan cara perhitungan pondasi.
- i. Manual Pondasi Tiang oleh Universitas Katolik Parahyangan

2.4 Klasifikasi Pembebanan

Beban adalah gaya luar yang bekerja pada suatu struktur. Penentuan secara pasti besarnya beban yang bekerja pada suatu struktur selama umur layannya merupakan salah satu pekerjaan yang cukup sulit. Selain itu, pada umumnya penentuan besarnya beban merupakan suatu estimasi saja. Meskipun beban yang bekerja pada suatu lokasi dari struktur dapat diketahui secara pasti, distribusi beban dari elemen ke elemen dalam suatu struktur pada umumnya memerlukan asumsi dan pendekatan. Jika beban-beban yang bekerja pada suatu struktur telah diestimasi, maka masalah berikutnya adalah menentukan kombinasi-kombinasi beban yang paling dominan yang mungkin bekerja pada struktur tersebut. Besar beban yang bekerja pada suatu struktur diatur oleh pembebanan yang berlaku. Beberapa jenis beban yang sering dijumpai antara lain:

a. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, *klading* gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran (SNI 1727 2013).

Dalam menentukan beban mati untuk perancangan, harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya serta harus diperhitungkan berat peralatan layan yang digunakan dalam bangunan gedung. Berat sendiri dari bahan-bahan bangunan penting dan dari beberapa komponen gedung yang harus ditinjau di dalam menentukan beban mati dari suatu gedung, harus diambil menurut **Tabel 2.1** berikut:

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

| Bahan Bangunan | | | |
|------------------------|---|---------------------------------|--|
| No | Material | Berat (kg/m³) | Keterangan |
| 1 | Baja | 7,85 | |
| 2 | Beton | 2,20 | |
| 3 | Beton Bertulang | 2,40 | |
| 4 | Batu alam | 2,60 | |
| 5 | Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk) | 1,50 | |
| 6 | Batu karang (berat tumpuk) | 700 | |
| 7 | Batu pecah | 1,45 | |
| 8 | Besi tuang | 7,25 | |
| 9 | Kayu | 1,00 | Kelas I |
| 10 | Kerikil, koral | 1,65 | Kering udara sampai lembab, tanpa diayak |
| 11 | Pasangan bata merah | 1,70 | |
| 12 | Pasangan batu belah, batu gunung | 2,20 | |
| 13 | Pasangan batu cetak | 2,20 | |
| 14 | Pasangan batu karang | 1,45 | |
| 15 | Pasir | 1,60 | Kering udara sampai lembab |
| 16 | Pasir | 1,80 | Jenuh air |
| 17 | Pasir kerikil, koral | 1,85 | Kering udara sampai lembab |
| 18 | Tanah, lempung dan lanau | 1,70 | Kering udara sampai lembab |
| 19 | Tanah, lempung dan lanau | 2,00 | Basah |
| 20 | Tanah Hitam | 11,40 | |
| Komponen Gedung | | | |
| No | Material | Berat (kg/m²) | Keterangan |
| 1 | Adukan, per cm tebal : – Dari semen – Dari kapur, Semen merah atau tras | 21 17 | |

| | | | |
|---|--|--------------------------|---|
| 2 | Dinding pasangan bata merah : – Satu batu – Setengah batu | 450 250 | |
| 3 | Dinding pasangan batako : Berlubang – Tebal dinding 20 cm (HB 20) – Tebal dinding 10 cm (HB 10) Tanpa Lubang – Tebal dinding 15 cm – Tebal dinding 10 cm | 200 120 300 200 | |
| 4 | Langit-langit dan dinding, terdiri dari : – Semen asbes (etenit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm – Kaca, dengan tebal 3-4 mm | 11 10 | Termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku |
| 5 | Penggantung langit-langit (dari kayu) | 7 | Dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80 m |
| 6 | Penutup atap genting dan usuk/kaso | 50 | Per m ² bidang atap |
| 7 | Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso | 40 | Per m ² bidang atap |
| 8 | Penutup lantai tanpa adukan, per cm tebal | 24 | Dari semen portland, teraso dan beton |

(Sumber : PPIUG 1983)

b. Beban Hidup

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

Beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lain harus beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghuni dan penggunaan bangunan gedung. Beban hidup terdistribusi merata minimum dapat dilihat pada **Tabel 2.2** berikut:

Tabel 2.2 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum

| No. | Hunian atau penggunaan | Berat (kN/m ²) |
|--|---|----------------------------|
| 1 | Ruang pertemuan | |
| | Kursi tetap (terikat di lantai) | 4,79 |
| | Lobi | 4,79 |
| | Kursi dapat dipindahkan | 4,79 |
| | Panggung pertemuan | 4,79 |
| | Lantai podium | 7,18 |
| 2 | Balkon dan dek | 4,79 |
| 3 | Koridor | 4,79 |
| 4 | Hotel (lihat rumah tinggal) | |
| 5 | Rumah tinggal | |
| | Hunian (satu keluarga dan dua keluarga) | |
| | Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang | 0,48 |
| | Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang | 0,96 |
| | Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur | 1,44 |
| | Semua ruang kecuali tangga dan balkon | 1,92 |
| Semua hunian rumah tinggal lainnya | | |
| Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka | 1,92 | |
| Ruang publik dan koridor yang melayani mereka | 4,79 | |
| 6 | Atap | |
| | Atap datar, berbubung, dan lengkung | 0,96 |
| | Atap digunakan untuk taman atap | 4,79 |
| | Atap yang digunakan untuk tujuan lain | 4,79 |
| | Atap yang digunakan untuk hunian lainnya | 0,24 |
| | Semua konstruksi lainnya | 0,96 |
| | Semua permukaan atap dengan beban pekerja | 0,96 |
| Pemeliharaan | 0,96 | |
| 7 | Tangga dan jalan keluar | 4,79 |
| | Rumah tinggal untuk satu atau dua keluarga saja | 1,92 |

(Sumber :SNI-1727-2013)

c. Beban Angin

Beban angin ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif ini dinyatakan dalam kg/m^2 .

Beban angin yang digunakan dalam desain SPBAU untuk bangunan gedung tertutup atau tertutup sebagian tidak boleh kecil dari 16 lb/ft^2 ($0,77 \text{ kN/m}^2$) dikalikan dengan luas dinding bangunan dan 8 lb/ft^2 ($0,38 \text{ kN/m}^2$) dikalikan dengan luas atap bangunan gedung yang terproyeksi pada bidang vertikal tegak lurus terhadap arah angin yang diasumsikan. Beban angin dan atap harus ditetapkan secara stimulan. Gaya angin desain untuk bangunan gedung terbuka harus tidak kurang dari 16 lb/ft^2 ($0,77 \text{ kN/m}^2$) dikalikan dengan luas A_f (SNI 1727:2013).

2.5 Metode Perhitungan Struktur

2.5.1. Perhitungan Pelat

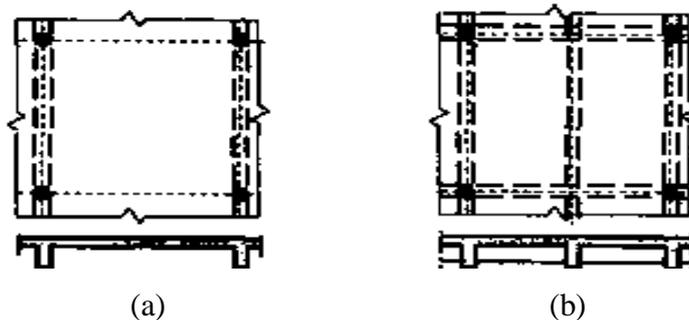
Pelat adalah suatu elemen horizontal utama yang berfungsi untuk menyalurkan beban hidup, baik yang bergerak maupun statis ke elemen pemikul beban vertikal, yaitu balok, kolom, maupun dinding (Setiawan, 2016). Pada umumnya struktur pelat beton dalam suatu bangunan gedung dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok:

a. Pelat Satu Arah

Pelat satu arah adalah suatu lantai beton bertulang struktural yang angka perbandingannya antara bentang yang panjang dengan bentang yang pendek sama atau lebih besar dari 2,0. Pelat satu arah ditumpu pada tepi yang berhadapan. Pada pelat satu arah memperhitungkan tulangan pada arah terpendek tulangan, sedangkan pada arah terpanjang sebagai tulangan bagi. Rasio baja tulangan yang ada pada pelat dapat ditentukan

dengan membagi luas tulangan yang terpasang pada lebar satuan pelat dengan luas beton dari lajur pelat. Luas beton merupakan hasil kali antara tebal pelat dengan lebar satu satuan lajur pelat yang ditinjau.

Jika sistem pelat hanya ditumpu di kedua sisinya, maka pelat tersebut akan melentur atau mengalami lendutan dalam arah tegak lurus dari sisi tumpuan. Beban akan didistribusikan oleh pelat dalam satu arah saja yaitu kearah tumpuan. Pelat jenis ini disebut juga dengan jenis pelat satu arah. Apabila pelat tertumpu di keempat sisinya, dan rasio bentang panjang terhadap bentang pendek ≥ 2 , maka hampir 95% beban akan dilimpahkan dalam arah bentang pendek, dan pelat akan menjadi sistem pelat satu arah. Sistem pelat satu arah cocok digunakan pada bentangan 3 m - 6 m, dengan beban hidup sebesar $2,5 \text{ kN/m}^2$ - 5 kN/m^2 . Gambar pelat satu arah dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.

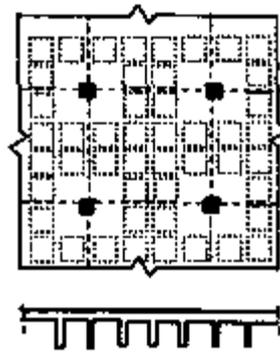


Gambar 2.1 Jenis-Jenis Pelat Satu Arah

b. Sistem Pelat Rusuk (*Joist Construction*)

Sistem pelat rusuk terdiri dari pelat beton dengan ketebalan 50 mm hingga 100 mm, yang ditopang oleh sejumlah rusuk dengan jarak beraturan. Rusuk mempunyai lebar minimum 100 mm dan mempunyai tinggi tidak lebih dari 3,5 kali lebar minimumnya. Rusuk biasanya berisi miring dan disusun dalam jarak tertentu yang tidak melebihi 750 mm. Rusuk ditopang oleh balok induk utama yang langsung menumpu pada kolom. Jarak antar rusuk dapat dibentuk dengan bekisting kayu atau baja yang dapat dilepas, atau dapat juga digunakan pengisi permanen berupa lempung bakar atau ubin beton yang memiliki kuat tekan minimal sama

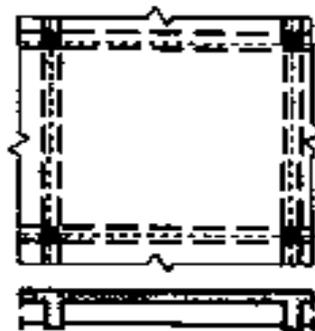
dengan kuat tekan beton yang digunakan pada pelat rusuk. Sistem pelat rusuk cocok digunakan untuk struktur pelat dengan bentangan 6 m - 9 m serta memikul beban hidup sebesar $3,5 \text{ kN/m}^2$ - $5,5 \text{ kN/m}^2$. Gambar sistem pelat rusuk dapat dilihat pada **Gambar 2.2** berikut:



Gambar 2.2 Pelat Rusuk Dua Arah (*Waffle*)

c. Pelat Dua Arah

Apabila struktur pelat beton ditopang di keempat sisinya, dan rasio antara bentang panjang terhadap bentang pendeknya < 2 , maka pelat tersebut dapat dikategorikan sebagai pelat dua arah. Pelat dua arah dapat dilihat pada **Gambar 2.3** berikut:



Gambar 2.3 Pelat Dua Arah

Sistem pelat dua arah dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, antara lain sebagai berikut:

1. Sistem Balok-Pelat Dua Arah

Pada sistem struktur ini pelat beton ditumpu oleh balok di keempat sisinya. Beban dari pelat ditransfer ke keempat balok penumpu yang

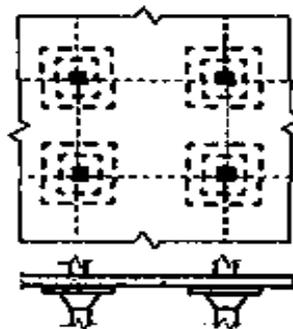
selanjutnya mentransfer bebannya ke kolom. Sistem pelat dua arah dengan balok ini dapat digunakan untuk bentangan 6 m - 9 m, dengan beban hidup sebesar $2,5 \text{ kN/m}^2$ - $5,5 \text{ kN/m}^2$. Balok akan meningkatkan kekakuan pelat, sehingga lendutan yang terjadi akan relatif kecil.

2. Sistem Slab Datar (*Flat Slab*)

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

- a) Memberikan penebalan setempat pada pelat (*drop panel*) serta menyediakan kepala kolom (*column capital*).
- b) Menyediakan penebalan panel namun tanpa kepala kolom, panel di sekitar kolom harus cukup tebal untuk memikul terjadinya tegangan tarik diagonal yang muncul akibat geser pons.
- c) Menggunakan kepala kolom tanpa ada penebalan panel, namun hal ini jarang diaplikasikan system slab datar dapat digunakan untuk bentangan 6 m - 9 m, dengan beban hidup sebesar $4 - 7 \text{ kN/m}^2$.

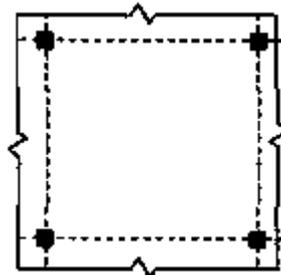
Sistem slab datar (*flat slab*) dapat dilihat pada **Gambar 2.4** dibawah ini:



Gambar 2.4 Slab Datar (*Flat Slab*)

3. Sistem Pelat Datar (*Flat Plate*)

Sistem ini terdiri dari pelat yang tertumpu langsung ke kolom tanpa adanya penebalan panel dan kepala kolom. Potensi kegagalan struktur terbesar akan timbul akibat geser pons, yang akan menghasilkan teangan tarik diagonal. Sebagai akibat tidak adanya penebalan panel dan kepala kolom, maka dibutuhkan ketebalan pelat yang lebih besar atau dengan memberikan penulangan ekstra di area sekitar kolom. Sistem slab datar dapat digunakan untuk struktur pelat dengan bentangan 6 m-7,5 m dan beban hidup sebesar $2,5 \text{ kN/m}^2$ - $4,5 \text{ kN/m}^2$. Sistem pelat datar dapat dilihat pada **Gambar 2.5** berikut:



Gambar 2.5 Pelat Datar (*Flat Plate*)

Dalam mendesain pelat perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

a. Pelat Satu Arah

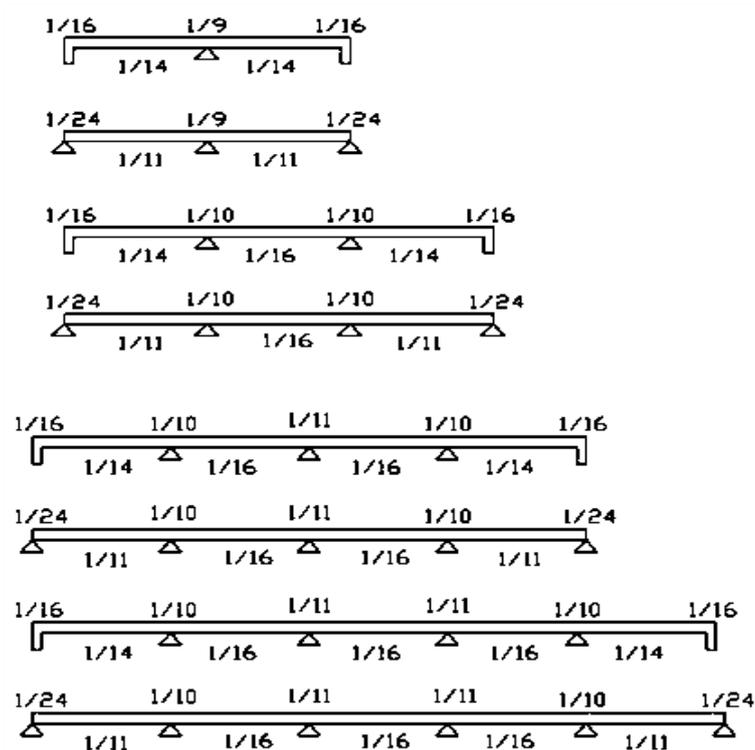
Pelat beton yang memiliki perbandingan antara bentang panjang terhadap bentang pendek lebih atau sama dengan 2 dikategorikan sebagai pelat satu arah. Pada sistem pelat satu arah, hampir seluruh beban dilimpahkan dalam arah pendek. Desain pelat satu arah pada umumnya dapat dilakukan seperti halnya struktur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

Jika pelat hanya terdiri dari satu bentang saja, dengan anggapan tertumpu sederhana di kedua sisinya, maka momen lentur yang timbul akibat beban q yang terdistribusi merata adalah $M = qL^2/8$, dengan L adalah panjang bentang antara kedua tumpuan. Bila pelat yang sama tertumpu pada beberapa tumpuan, maka akan timbul positif dan momen negatif pada pelat yang dapat dihitung melalui prosedur analisis struktur,

atau dapat juga menggunakan koefisien momen yang diberikan dalam SNI 2847:2013, Pasal 8.3.3. Nilai koefisien momen tersebut dapat digunakan jika:

1. Beda panjang bentang tidak terlalu jauh, dengan batasan panjang bentang tidak boleh melebihi 20% dari bentang terpendek.
2. Beban yang bekerja adalah beban merata.
3. Beban hidup tidak melebihi 3 kali beban mati

Bila kondisi diatas tidak terpenuhi, maka harus dilakukan analisis struktur untuk menentukan momen-momen yang timbul pada struktur pada pelat menerus tersebut. Nilai koefisien momen seperti disyaratkan dalam SNI 2847:2013, Pasal 8.3.3 diperlihatkan dalam **Gambar 2.6** dibawah ini:



Gambar 2.6 Terminologi Sistem Pelat/Balok Menerus

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

1. Desain dilakukan dengan menggunakan asumsi lebar 1 meter

2. Ketebalan minimum pelat satu arah menggunakan $f_y = 400$ Mpa sesuai SNI 2847:2013 Tabel 9.5.a harus ditentukan sebagaimana terlihat pada **Tabel 2.3** berikut:

Tabel 2.3 Tebal Minimum Balok Non-Prategang atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung

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

Sumber: (Badan Standarisasi Nasional, 2013)

3. Lendutan harus diperiksa apabila pelat memikul konstruksi yang akan mengalami kerusakan akibat lendutan yang besar. Batasan lendutan ditentukan sesuai dengan **Tabel 2.4** berikut:

Tabel 2.4 Batasan Lendutan Pelat Satu Arah

| Jenis Struktur Pelat | Lendutan yang Diperhitungkan | Batas Lendutan |
|--|---|-----------------|
| Atap datar yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar | Lendutan sesaat akibat beban hidup (L) | $\frac{L}{180}$ |
| Lantai yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar | Lendutan sesaat akibat beban hidup (L) | $\frac{L}{380}$ |
| Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar | Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dari lendutan jangka panjang, akibat semua beban tetap yang bekerja, dan lendutan sesaat akibat penambahan beban hidup) | $\frac{L}{480}$ |
| Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin tidak akan rusak oleh lendutan yang besar | | $\frac{L}{240}$ |

4. Selimut beton untuk struktur pelat tidak boleh kurang dari 20 mm, untuk pelat yang tidak berhubungan langsung dengan cuaca atau tanah
5. Struktur pelat satu arah, harus disediakan tulangan susut dan suhu yang memiliki arah tegak lurus terhadap tulangan lentur. Persyaratan ini diatur dalam SNI 2847:2013 Pasal 7.12. Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton seperti ditunjukkan dalam **Tabel 2.5** berikut, namun tidak kurang dari 0,0014:

Tabel 2.5 Luasan Tulangan Susut dan Suhu

| | |
|--|-----------------------|
| Pelat yang menggunakan tulangan ulir dengan mutu $f_y = 280$ atau 350 Mpa | 0,0020 |
| Pelat yang menggunakan tulangan ulir atau jaring kawat las dengan mutu $f_y = 240$ Mpa | 0,0018 |
| Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan luluh melebihi 420 Mpa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0.35% | $0,0018 \times L/240$ |

6. Kecuali untuk pelat rusuk, maka jarak antar tulangan utama pada pelat tidak boleh lebih dari 3 kali ketebalan pelat atau tidak lebih dari 450 mm (SNI 2847:2013, Pasal 7.6.5)

b. Sistem Balok-Pelat Dua Arah

Analisis yang eksak dari suatu sistem pelat dua arah biasanya cukup kompleks. Maka dalam SNI 2847:2013 diberikan metode penyederhanaan analisis sistem pelat dua arah. Dalam hal analisis, maka boleh diasumsikan bahwa pelat adalah merupakan balok lebar dan pendek, yang bersama-sama dengan kolom di atas dan bawahnya membentuk portal yang kaku.

Metode ini dibatasi untuk sistem pelat yang dibebani oleh beban terdistribusi merata, serta tertumpu oleh kolom-kolom dalam jarak yang sama atau hampir sama. Metode ini menggunakan koefisien momen untuk menghitung momen positif dan negatif pelat untuk menentukan besarnya momen rencana. Berikut langkah perencanaan pelat dua arah:

1. Analisa Dimensi Balok

Tabel 2.6 Tebal Minimum Balok

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

(Sumber: SNI 2847:2013)

2. Menentukan tebal minimum pelat dua arah, SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3 menentukan ketebalan minimum pelat dua arah untuk mencegah terjadinya lendutan berlebih. Ketebalan pelat dapat ditentukan menggunakan rumus empiris sebagai berikut :

– Untuk $0,2 < \alpha f_m < 2,0$, h tidak boleh kurang dari :

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

dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

– Untuk $\alpha f_m > 2,0$, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari:

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

dan tidak kurang dari 90 mm.

– Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan (αf_m) tidak kurang dari 0,8

– Untuk $\alpha f_m \leq 2$ harus menggunakan **Tabel 2.7** berikut:

Tabel 2.7 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior

| Tegangan leleh, f_y MPa [†] | Tanpa penebalan [‡] | | | Dengan penebalan [‡] | | |
|---|------------------------------|-----------------------------------|----------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| | Panel eksterior | | Panel interior | Panel eksterior | | Panel interior |
| | Tanpa balok pinggir | Dengan balok pinggir [§] | | Tanpa balok pinggir | Dengan balok pinggir [§] | |
| 280 | $\ell_n / 33$ | $\ell_n / 36$ | $\ell_n / 36$ | $\ell_n / 36$ | $\ell_n / 40$ | $\ell_n / 40$ |
| 420 | $\ell_n / 30$ | $\ell_n / 33$ | $\ell_n / 33$ | $\ell_n / 33$ | $\ell_n / 36$ | $\ell_n / 36$ |
| 520 | $\ell_n / 28$ | $\ell_n / 31$ | $\ell_n / 31$ | $\ell_n / 31$ | $\ell_n / 34$ | $\ell_n / 34$ |

(Sumber: (Badan Standarisasi Nasional, 2013))

Dimana :

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

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

αf_m = nilai rata-rata αf untuk semua balok tepi – tepi dari suatu pelat.

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

$$\alpha_f = \frac{E_{cb}I_b}{E_{cs}I_s}$$

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

I_s = momen inersia bruto dari penampang pelat.

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

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

Dimana :

W_U = Momen rencana

W_D = Jumlah beban mati pelat (kN/m)

W_L = Jumlah beban hidup pelat (kN/m)

4. Mencari momen ditentukan sesuai dengan tabel 14 dari buku Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang jilid I karangan *W.C. Vis dan Gideon H. Kusuma* dapat dilihat pada **Tabel 2.8** berikut:

Tabel 2.8 Momen Yang Menentukan Per Meter Lebar Dalam Jalur Tengah Pada Pelat Dua Arah Akibat Beban Terbagi Rata

| Skema | Penyaluran beban berdasarkan 'metode amplop' kali w_u lajur l_x | Momen per meter lebar | $\frac{l_y}{l_x}$ | | | | | | | |
|-------|---|--|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,5 | 3,0 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = \frac{1}{2} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{lx}$ | 41 | 54 | 67 | 79 | 87 | 97 | 110 | 117 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 41 | 35 | 31 | 28 | 26 | 25 | 24 | 23 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 25 | 34 | 42 | 49 | 53 | 58 | 62 | 65 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 25 | 22 | 18 | 15 | 15 | 15 | 14 | 14 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 51 | 63 | 72 | 78 | 81 | 82 | 83 | 83 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 51 | 54 | 55 | 54 | 54 | 53 | 51 | 49 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 30 | 41 | 52 | 61 | 67 | 72 | 80 | 83 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 30 | 27 | 23 | 22 | 20 | 19 | 19 | 19 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 68 | 84 | 97 | 106 | 113 | 117 | 122 | 124 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 68 | 74 | 77 | 77 | 77 | 76 | 73 | 71 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 24 | 36 | 49 | 63 | 74 | 85 | 103 | 113 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 33 | 33 | 32 | 29 | 27 | 24 | 21 | 20 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 69 | 85 | 97 | 105 | 110 | 112 | 112 | 112 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 33 | 40 | 47 | 52 | 55 | 58 | 62 | 65 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 24 | 20 | 18 | 17 | 17 | 17 | 16 | 16 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 69 | 76 | 80 | 82 | 83 | 83 | 83 | 83 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 31 | 45 | 58 | 71 | 81 | 91 | 106 | 115 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 39 | 37 | 34 | 30 | 27 | 25 | 24 | 23 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 91 | 102 | 108 | 111 | 113 | 114 | 114 | 114 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 39 | 47 | 57 | 64 | 70 | 75 | 81 | 84 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 31 | 25 | 23 | 21 | 20 | 19 | 19 | 19 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 91 | 98 | 107 | 113 | 118 | 120 | 124 | 124 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 25 | 36 | 47 | 57 | 64 | 70 | 79 | 83 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 28 | 27 | 23 | 20 | 18 | 17 | 16 | 16 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 54 | 72 | 88 | 100 | 108 | 114 | 121 | 124 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 60 | 69 | 74 | 76 | 76 | 76 | 73 | 71 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 28 | 37 | 45 | 50 | 54 | 58 | 62 | 65 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 25 | 21 | 19 | 18 | 17 | 17 | 16 | 16 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 60 | 70 | 76 | 80 | 82 | 83 | 83 | 83 |
| | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 54 | 55 | 55 | 54 | 53 | 53 | 51 | 49 |

(sumber: Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang Seri I, 1993)

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

Untuk tulangan tumpuan:

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

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

Untuk tulangan lapangan :

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

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

6. Tentukan Nilai $k = \frac{M_u}{bd^2}$ untuk mendapatkan nilai ρ (rasio tulangan)

Dimana:

K : Faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

M_u : Momen terfaktor pada penampang (kN/m)

b : Lebar penampang (mm) diambil 1 m

d_{eff} : Tinggi efektif pelat (mm)

\varnothing : Faktor kuat rencana (0,9)

7. Menentukan rasio penulangan (ρ) ditentukan dengan melihat tabel.

Jika $\rho > \rho_{\text{max}}$, maka ditambahkan balok anak untuk memperkecil momen.

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

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

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \times \beta_1 \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75\rho_b = \frac{382,5\beta_1 f_c}{(600 + f_y) f_y}$$

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

Jika $\rho_{\text{maks}} < \rho$ maka dipakai ρ_{maks}

8. Menghitung luas tulangan (A_s) digunakan rumus:

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

Dimana:

A_s : Luas tulangan (mm^2)

ρ : Rasio penulangan

d_{eff} : Tinggi efektif (mm)

9. Mencari jumlah tulangan (n)

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

10. Mencari jarak antar tulangan

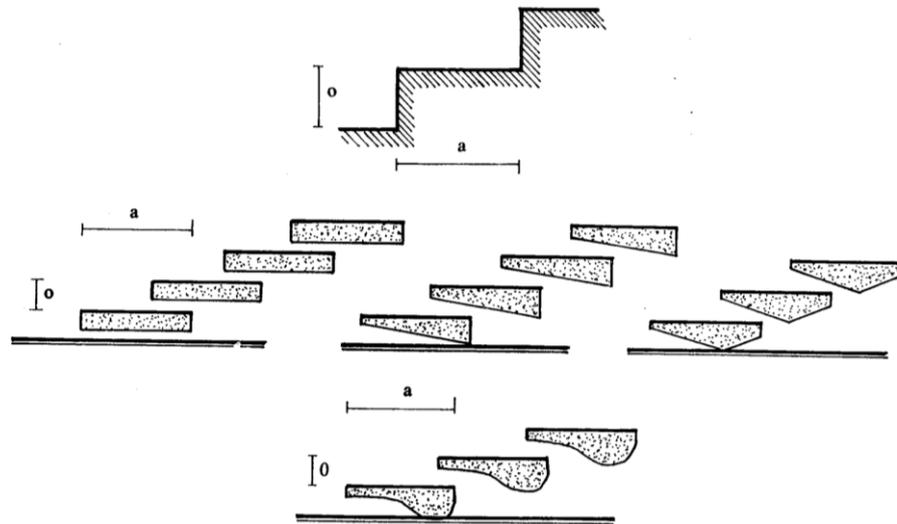
$$s = \frac{A_{sd}}{A_{stx}} \times 1000$$

2.5.2. Perhitungan Tangga

Tangga merupakan salah satu bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai alat penghubung lantai bawah dan lantai yang ada di atasnya pada bangunan bertingkat dalam kegiatan tertentu. Tangga terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut:

a. Anak Tangga (*Trade*)

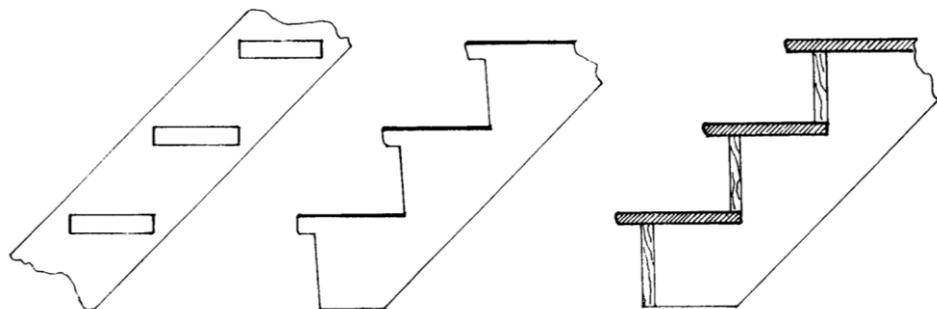
Anak tangga adalah bagian dari tangga yang berfungsi untuk menemijakkan/melangkahakan kaki ke arah vertikal maupun horisontal (datar). Dalam perencanaan, anak tangga harus dibuat sedemikian agar pada saat naik tidak terasa lelah dan pada saat turun tidak meluncur akibat terpeleset. Ukuran standar atau normal anak tangga untuk rumah tinggal adalah tinggi injakan (*optrade*) 20 cm dan lebar injakan (*antrade*) 30 cm. Sementara ukuran ideal yang nyaman bagi pengguna anak tangga adalah tinggi injakan 15 cm dan lebar injakan 30 cm. Tangga digunakan pada rumah yang luasannya besar. Berikut contoh Gambar anak tangga dapat dilihat pada **Gambar 2.7** berikut ini:



Gambar 2.7 Anak Tangga (*Trade*)

b. Ibu Tangga (*Boom*)

Ibu Tangga adalah bagian tangga berupa dua batang atau papan miring yang berfungsi menahan kedua ujung anak tangga (*trade*). Salah satu batang boom yang menempel pada tembok dinamakan *Boom* Tembok atau *Boom* Luar, sedangkan batang yang lain berdiri miring bebas dinamakan *Boom* Bebas atau *Boom* Dalam. Kemiringan boom sesuai dengan besarnya kelandaian tangga (α). Bagian ujung dari anak tangga, wellat dan stootbord dihubungkan dengan alur pada sisi dalam boom, dengan dalam takikan 1 cm. Sedangkan lebar boom yang diizinkan pada tangga kayu adalah minimal 3 cm - 4 cm. Berikut contoh Gambar Ibu Tangga dapat dilihat pada **Gambar 2.8** di bawah ini :



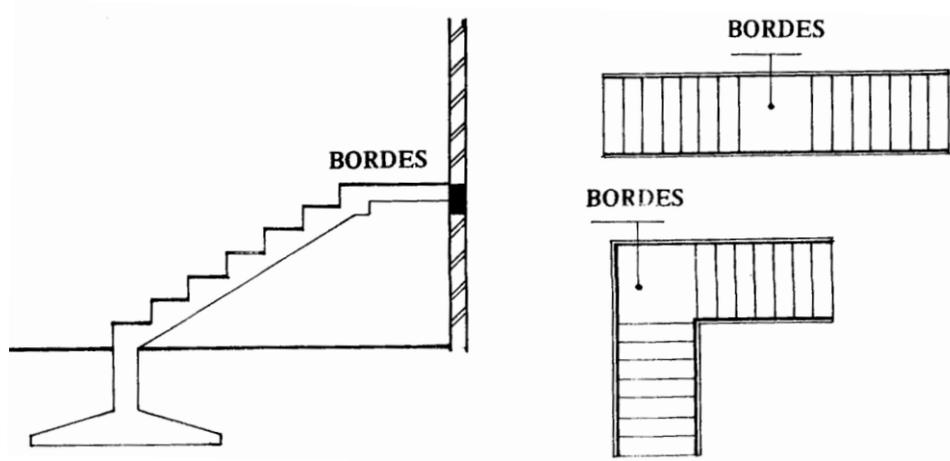
Gambar 2.8 Ibu Tangga (*Boom*)

c. Bordes

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

Bordes yang berada di sudut tembok dinamakan *bordes sudut* sedangkan *bordes* yang berada di tengah-tengah tinggi tangga (bukan di sudut) dinamakan *bordes tengah/antara*. Untuk menentukan panjang *bordes* (L) digunakan pedoman ukuran satu langkah normal datar pada hitungan (ln) ditambah dengan satu atau dua langkah panjat datar ($Aantrede = a$). Biasanya panjang *bordes* diambil antara 80-150 cm.

Gambar *bordes* dapat dilihat pada **Gambar 2.9** berikut ini:



Gambar 2.9 Tempat Istirahat (*Bordes*)

d. Sandaran (Pelengkap)

Sandaran berfungsi sebagai pegangan saat menaiki atau menuruni tangga dan sebagai pengaman/pencegah terjatuhnya pengguna tangga. Tinggi sandaran sekitar 80 cm di atas anak tangga.

Adapun syarat-syarat perencanaan tangga, antara lain sebagai berikut:

a. Syarat Umum Tangga

1. Segi Penempatannya
 - a) Penempatan tangga diusahakan sehemat mungkin menggunakan ruangan.
 - b) Ditempatkan sedemikian rupa sehingga mudah ditemukan oleh banyak orang (bagi yang memerlukannya) dan mendapat sinar pada waktu siang hari.
 - c) Diusahakan penempatannya tidak mengganggu/menghalangi lalu lintas orang banyak.
2. Segi Kekuatannya
 - a) Bila menggunakan bahan kayu hendaknya memakai kelas I atau II, agar nantinya tidak terjadi pelenturan/goyang.
 - b) Kokoh dan stabil bila dilalui oleh sejumlah orang dan barangnya.
3. Bentuknya
 - a) Bentuk konstruksi tangga diusahakan sederhana, layak, sehingga dengan mudah dan cepat dikerjakan serta murah biayanya.
 - b) Bentuknya rapi, indah dipandang dan serasi dengan keadaan di sekitar tangga.

b. Syarat-Syarat Khusus Tangga

1. Kemiringan maksimal 45° atau dengan mempergunakan perbandingan dibawah ini:

$$2 \text{ optrade} + 1 \text{ antrade} = 1 \text{ langkah}$$

$$1 \text{ langkah} = 61 \text{ cm} - 65 \text{ cm (panjang satu langkah)}$$
2. Tinggi optrade

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

$$\text{Untuk bangunan umum} = 17 \text{ cm}$$
3. Antrade minimum 25 cm
4. Lebar tangga

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

Untuk bangunan umum = 120 cm (minimum)

Untuk ukuran lebar tangga ideal dapat dilihat pada **Tabel 2.9** berikut:

Tabel 2.9 Daftar Ukuran Lebar Tangga Ideal

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

(sumber : Ilmu Bangunan Gedung, 1993)

5. Panjang bordes digunakan pedoman ukuran satu langkah normal datar pada hitungan (l_n) ditambah dengan satu atau dua langkah panjat datar ($Antrade = a$). Pada kebanyakan panjang bordes diambil antara 80 cm – 150 cm. Untuk menentukan panjang bordes (L) :

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

Dimana : L = panjang bordes

l_n = ukuran satu langkah normal datar

a = *Antrade*

Berikut ini adalah langkah-langkah perhitungan dalam perancangan tangga antara lain:

a. Merencanakan tangga

1. Rencanakan tinggi oprtrade dengan tinggi oprtrade 15 cm – 20 cm
2. Hitung jumlah oprtrade

$$\text{Jumlah oprtrade} = \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{ukuran oprtrade}}$$

3. Hitung tinggi oprtrade sebenarnya

$$\text{Tinggi oprtrade sebenarnya} = \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{jumlah oprtrade}}$$

4. Hitung ukuran antrade

$$1 \text{ antrade} + 2 \text{ oprade} = 1 \text{ langkah (61 cm - 65cm)}$$

5. Hitung sudut kemiringan tangga

$$\text{Arc tan } \theta = \frac{\text{Oprade}}{\text{Antrade}}$$

6. Tentukan tebal pelat

$$\text{Tebal Pelat} = \frac{\left(\frac{1}{2} \times \text{Tinggi Tangga}\right) / \text{Sin } \alpha}{28}$$

b. Menentukan pembebanan

1. Pembebanan pelat anak tangga

a) Beban mati

Berat sendiri pelat + anak tangga

Berat penutup lantai

Berat spesi

Berat sandaran

b) Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga 3 kN/m² (PPURG:1987)

2. Pembebanan bordes

a) Beban mati

Berat sendiri pelat

Berat penutup lantai

Berat spesi

Berat sandaran

b) Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga 3 kN/m² (PPURG:1987)

c. Menghitung gaya-gaya yang bekerja pada tangga dengan menggunakan Program SAP 2000 V20

d. Perhitungan tulangan tangga

a) Penentuan momen yang bekerja berdasarkan analisa program SAP 2000 V20.

b) Penentuan tulangan pokok dan tulangan susut dan suhu yang diperlukan.

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

d) Menentukan tinggi efektif (d_{eff})

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

e) Menentukan rasio penulangan (ρ)

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

f) Menghitung luas tulangan (A_s)

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

Dimana:

A_s : Luas tulangan (mm^2)

ρ : Rasio penulangan

d_{eff} : Tinggi efektif (mm)

g) Mencari jumlah tulangan (n)

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

h) Mencari jarak antar tulangan

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

i) Menghitung Tulangan Geser Rencana

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

2) Hitung nilai ϕV_c dari persamaan:

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

atau

$$\phi V_c = \phi \left(0,17\lambda \sqrt{f'_c} + 17\rho_w \frac{V_u d}{M_u} \right) b_w d \quad \phi (0,29\lambda \sqrt{f'_c}) b_w d$$

Dengan $\phi = 0,75$

3) Periksa nilai V_u

- Jika $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$, tidak dibutuhkan tulangan geser.
 - Jika $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$, dibutuhkan tulangan geser minimum.
 - Jika $V_u > \phi V_c$, tulangan geser harus disediakan langkah berikutnya.
- 4) Jika $V_u > \phi V_c$, hitung gaya geser yang harus dipikul oleh tulangan geser menggunakan persamaan berikut :

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

atau

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

5) Hitung nilai V_{c1} dan V_{c2} dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$V_{c1} = 0,33\sqrt{f'_c} b_w d$$

$$V_{c2} = 0,66\sqrt{f'_c} b_w d$$

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

6) Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan berikut :

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

7) Tentukan jarak maksimum tulangan sengkang sesuai dengan persyaratan dalam SNI 2847:2013. Jarak maksimum tersebut diambil dari nilai terkecil antara s_1 dan s_2 berikut ini:

$$- s_2 = d/2 \leq 600 \text{ mm, jika } V_s \leq V_{c1} = 0,33 \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$- s_2 = d/2 \leq 300 \text{ mm, jika } V_{c1} < V_s \leq V_{c2} = 0,66 \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$- s_3 = A_v f_{yt} / 0,35 b_w \geq A_v f_{yt} / 0,62 b_w$$

s_{maks} dipilih dari nilai terkecil antara s_2 dan s_3 .

Apabila nilai s_1 yang dihitung lebih kecil dari s_{maks} , maka gunakan s_1 sebagai jarak tulangan sengkang dan jika s_1 yang dihitung lebih besar dari s_{maks} , maka gunakan s_{maks} sebagai jarak tulangan sengkang.

2.5.3. Perhitungan Balok Anak

Balok merupakan batang horizontal dari rangka struktural yang memikul beban tegak lurus sepanjang beban tersebut (biasanya berasal dari dinding, pelat, atau atap bangunan) dan menyalurkan beban pada kolom atau struktur yang ada dibawahnya. Selain itu balok juga berfungsi sebagai pengekang dari struktur kolom satu dengan yang lain. Dalam perencanaannya, balok mempunyai bermacam-macam ukuran atau dimensi sesuai dengan jenis dan besar beban yang akan dipikul oleh balok itu sendiri.

Secara umum balok terdiri dari dua jenis yaitu balok induk dan balok anak. Balok anak adalah balok yang berfungsi sebagai pembagi atau pendistribusi beban. Pada bangunan bertingkat biasanya terlihat bahwa ujung-ujung balok anak terhubung pada balok induk. Meskipun berukuran lebih kecil daripada balok induk, penggunaan komponen ini sangat vital khususnya untuk mendukung bentang kerja optimal dari pelat lantai. Berikut ini langkah perhitungan balok anak:

- a. Menentukan dimensi balok, mutu beton dan mutu baja yang akan digunakan.
- b. Menghitung pembebanan pada balok anak untuk kemudian di proses menggunakan program SAP 2000 V20 untuk mendapatkan gaya dalamnya.
- c. Menentukan momen dan gaya geser maksimum berdasarkan hasil analisa menggunakan program SAP 2000 V20.
- d. Melakukan perhitungan tulangan lentur lapangan dan tumpuan.

1. Hitung rasio penulangan seimbang (ρ_b), dan rasio tulangan maksimum (ρ_{maks}) dengan menggunakan persamaan berikut ini:

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

$$\rho_{maks} = \left(\frac{0,003 + \frac{f_y}{E_s}}{0,008} \right) \rho_b = 0,625 \rho_b$$

2. Hitung luas tulangan tunggal maksimum dengan persamaan berikut :

$$A_{s \text{ maks}} = A_{s1} = \rho_{maks} bd$$

3. Hitung $R_{u \text{ maks}}$ dengan menggunakan persamaan berikut :

$$R_{u \text{ maks}} = \phi \rho_{maks} f_y \left(1 - \frac{\rho_{maks} \times f_y}{1,7 f'_c} \right)$$

4. Hitung kuat momen rencana balok bertulang tunggal (M_{u1}), menggunakan ρ_{maks} dan $R_{u \text{ maks}}$ sebagai berikut :

$$M_{u1} = R_{u \text{ maks}} bd^2$$

- a) Jika $M_{u1} < M_u$, maka diperlukan tulangan tekan, lanjut ke perhitungan berikutnya berikutnya.
 - b) Jika $M_{u1} > M_u$, maka tidak perlu tulangan tekan, hitung ρ dan A_s .
5. Hitung $M_{u2} = M_u - M_{u1}$ = kuat momen rencana yang dipikul oleh tulangan tekan.
 6. Hitung A_{s2} dari hubungan $M_{u2} = \phi A_{s2} f_y (d - d')$, dan selanjutnya hitung luas tulangan total $A_s = A_{s1} + A_{s2}$

7. Hitung tegangan tulangan tekan sebagai berikut:

a) Hitung:

$$f'_s = 600 \frac{c - d'}{c} \leq f_y$$

b) Nilai ϵ'_s dapat dihitung dari diagram regangan, dan $f'_s = \epsilon'_s E_s$

Jika $\epsilon'_s \geq \epsilon_y$, maka tulangan tekan sudah leleh dan $f'_s = f_y$

c) Hitung A'_s dari $M_{u2} = \phi A'_s f'_s (d - d')$

Jika $f'_s = f_y$ maka $A'_s = A_{s2}$

Jika $f'_s < f_y$, maka $A'_s > A_{s2}$ dan $A'_s = A_{s2}(f_y/f'_s)$

8. Pilih tulangan yang akan digunakan sebagai A_s dan A'_s , yang mencukupi untuk lebar balok (b). pada beberapa kasus A_s dapat disusun dalam dua baris atau lebih.

9. Hitung tinggi balok (h) dan periksa bahwa $\rho - \rho'(f'_s/f_y) < \rho_{maks}$

10. Lakukan pemeriksaan akhir, $\phi M_n > M_u$

11. Regangan pada tulangan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\epsilon_t = \frac{d_t - c}{c} 0,003 \geq 0,005$$

e. Menghitung tulangan geser rencana

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

2. Hitung nilai ϕV_c dari persamaan :

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

atau

$$\phi V_c = \phi \left(0,17\lambda\sqrt{f'_c} + 17\rho_w \frac{V_u d}{M_u} \right) b_w d \quad \phi(0,29\lambda\sqrt{f'_c})b_w d$$

Dengan $\phi = 0,75$

3. Periksa nilai V_u

- a) Jika $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$, tidak dibutuhkan tulangan geser.
- b) Jika $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$, dibutuhkan tulangan geser minimum.
- c) Jika $V_u > \phi V_c$, tulangan geser harus disediakan langkah berikutnya.

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

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

atau

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

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

$$V_{c1} = 0,33\sqrt{f_c} b_w d$$

$$V_{c2} = 0,66\sqrt{f_c} b_w d$$

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

6. Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan berikut :

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

7. Tentukan jarak maksimum tulangan sengkang sesuai dengan persyaratan dalam SNI 2847:2013. Jarak maksimum tersebut diambil dari nilai terkecil antara s_1 dan s_2 berikut ini:

- a) $s_2 = d/2 \leq 600 \text{ mm}$, jika $V_s \leq V_{c1} = 0,33\sqrt{f_c} b_w d$

$$b) s_2 = d/2 \leq 300 \text{ mm, jika } V_{c1} < V_s \leq V_{c2} = 0,66 \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$c) s_3 = A_v f_{yt} / 0,35 b_w \geq A_v f_{yt} / 0,62 b_w$$

s_{maks} dipilih dari nilai terkecil antara s_2 dan s_3 .

Apabila nilai s_1 yang dihitung lebih kecil dari s_{maks} , maka gunakan s_1 sebagai jarak tulangan sengkang dan jika s_1 yang dihitung lebih besar dari s_{maks} , maka gunakan s_{maks} sebagai jarak tulangan sengkang.

2.5.4. Perhitungan Portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan fungsinya menahan beban sebagai satu kesatuan yang lengkap. Portal yang dihitung adalah portal akibat beban mati, beban hidup dan beban angin. Portal dihitung dengan menggunakan program SAP 2000 V20.

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

a. Portal akibat beban mati

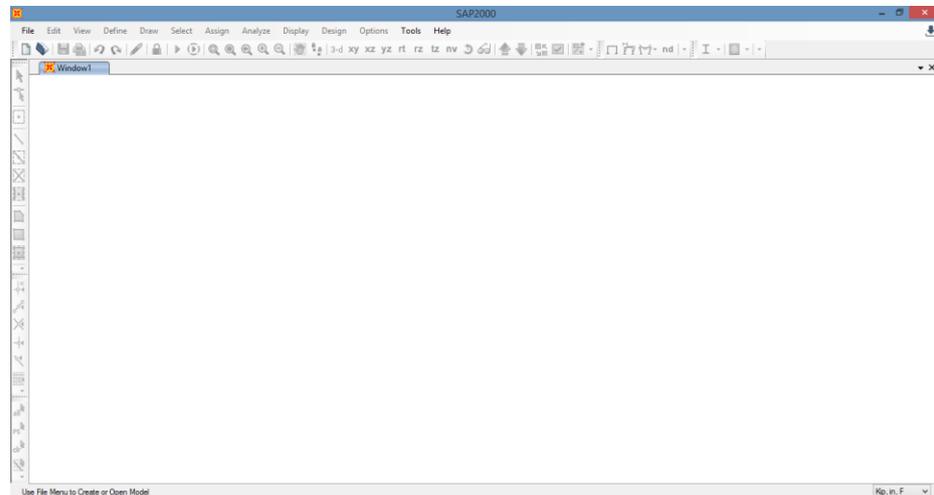
Portal ini ditinjau pada arah memanjang dan melintang. Pembebanan pada portal ini yaitu berat beban mati sumbangan beban dari pelat.

b. Portal akibat beban hidup

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

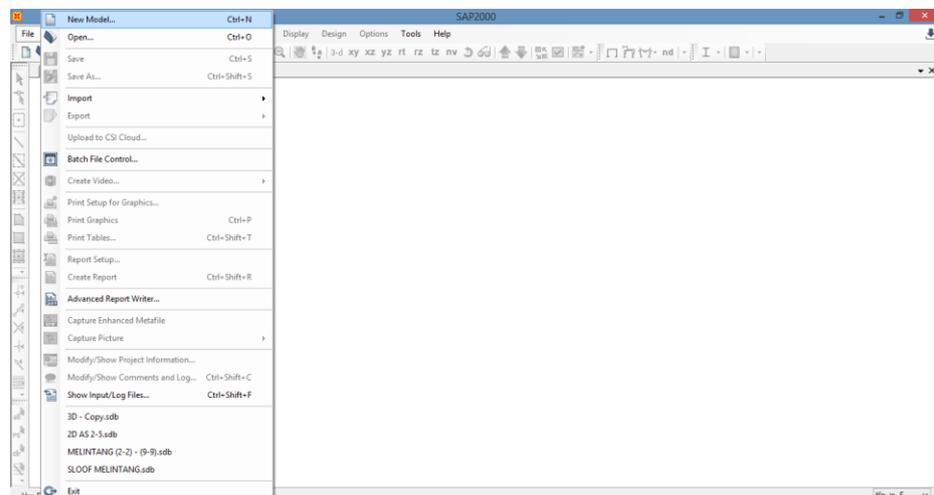
Adapun langkah-langkah menghitung portal dengan menggunakan program SAP 2000 V20 adalah sebagai berikut:

1. Membuka aplikasi SAP 2000 V20, maka akan keluar tampilan awal seperti **Gambar 2.10** berikut ini:



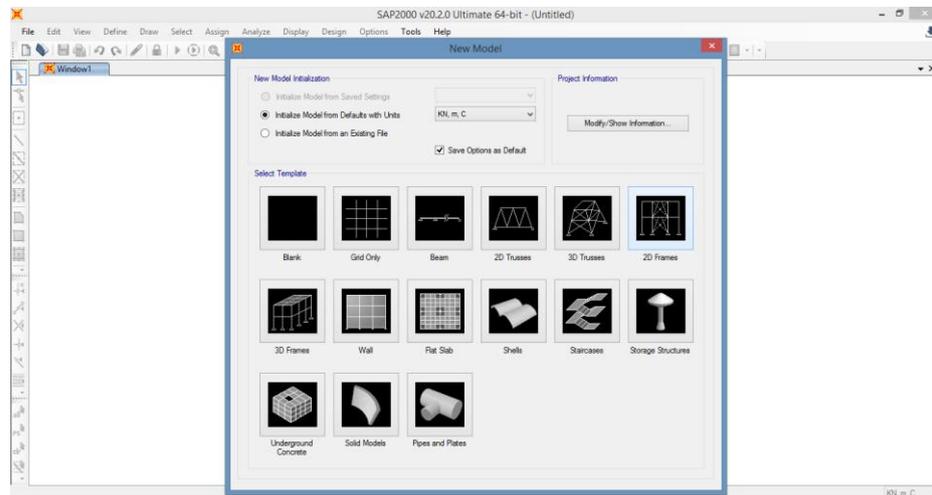
Gambar 2.10 Tampilan Awal dari SAP

2. Dari main menu, klik *File > New Model* atau klik icon *New Model* seperti pada **Gambar 2.11**:



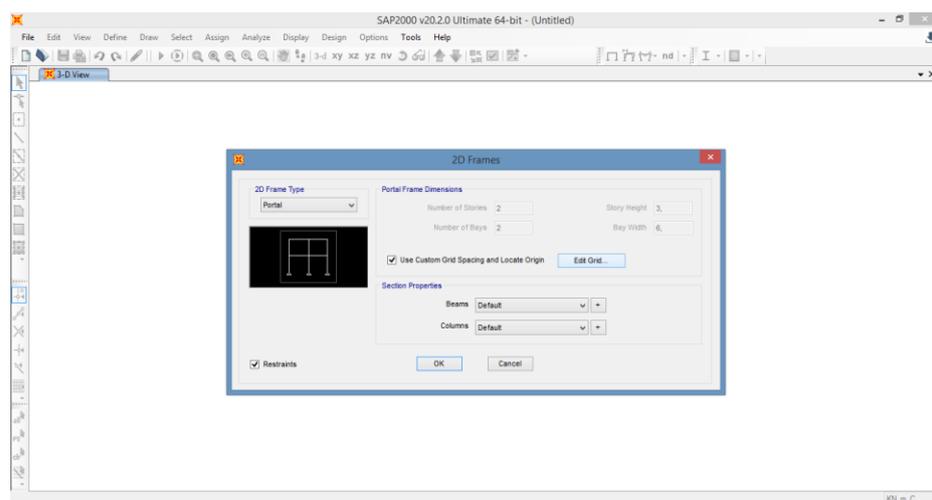
Gambar 2.11 Tampilan Awal Membuat Model Struktur

3. Setelah memilih *New Model*, akan muncul pop up *New Model*. Pilih satuan dalam KN, m, C dan klik model grid *2D Frame* seperti **Gambar 2.12** berikut:



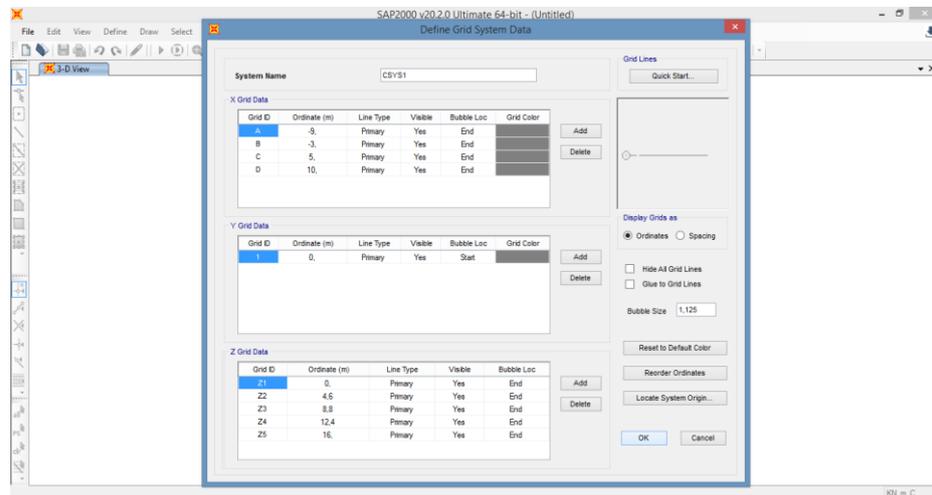
Gambar 2.12 Model Struktur Konstruksi

4. Setelah memilih *2D Frame*, akan muncul kotak isian untuk memilih frame dan dimensi portal. Berikan centang pada *Use Custom Grid Spacing and Locate Origin* lalu klik *Edit Grid* seperti **Gambar 2.13** berikut ini:



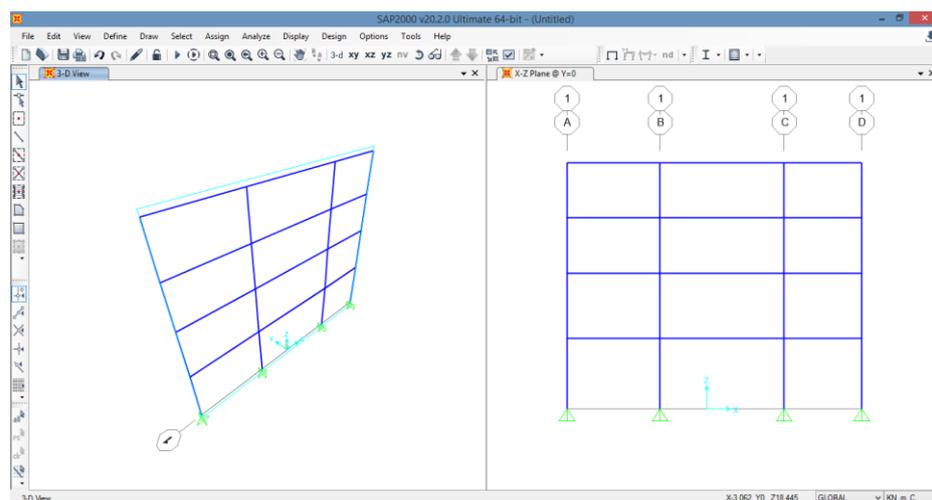
Gambar 2.13 Kotak Isian untuk Memilih Frame dan Dimensi Portal

5. Setelah itu akan muncul kotak dialog *Define Grid System Data*, isi Grid Data yang dibutuhkan untuk membuat portal, lalu klik “OK” seperti pada **Gambar 2.14** berikut:



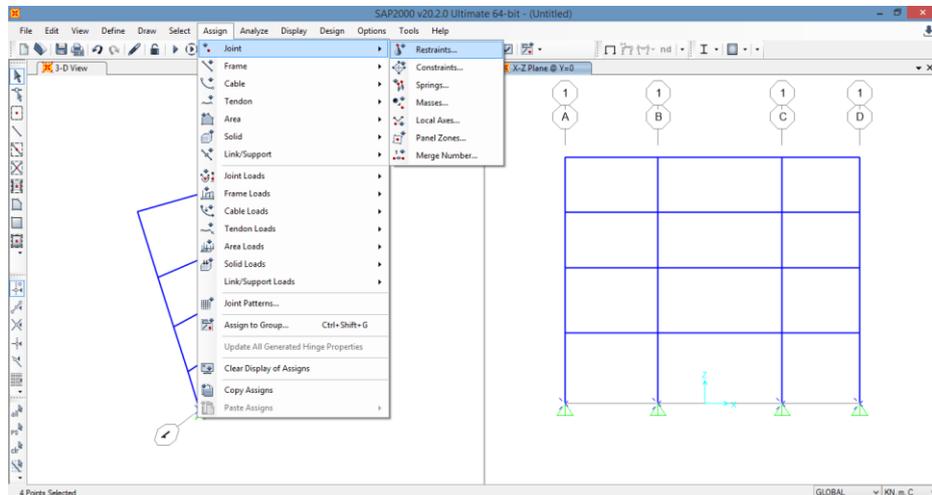
Gambar 2.14 Define Grid System Data

6. Tampilan akan kembali pada kotak isian untuk memilih frame dan dimensi portal, klik “OK” maka program akan secara otomatis menggambar frame-frame portal berdasarkan data yang telah dimasukkan seperti **Gambar 2.15** berikut ini:



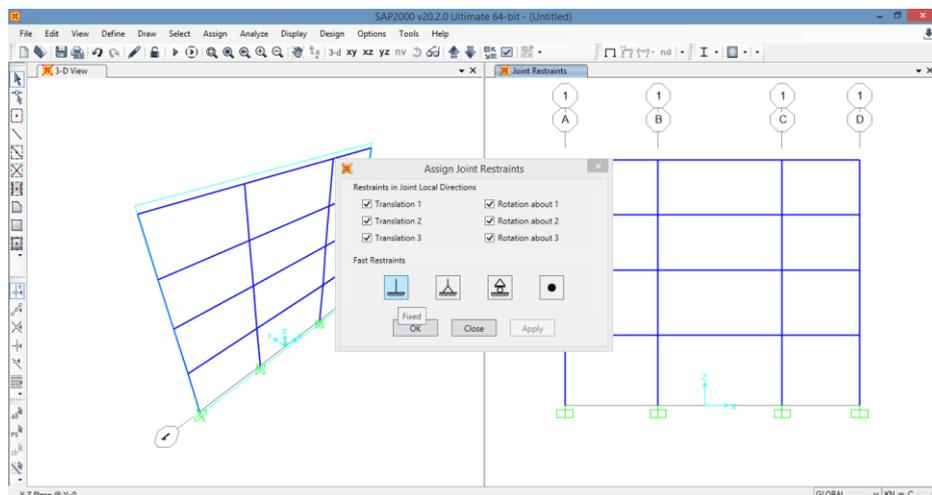
Gambar 2.15 Frame-Frame Portal

7. Untuk mengubah tumpuan pada portal, blok tumpuan pada portal lalu klik *Assign > Joint > Restraints* seperti **Gambar 2.16** berikut:



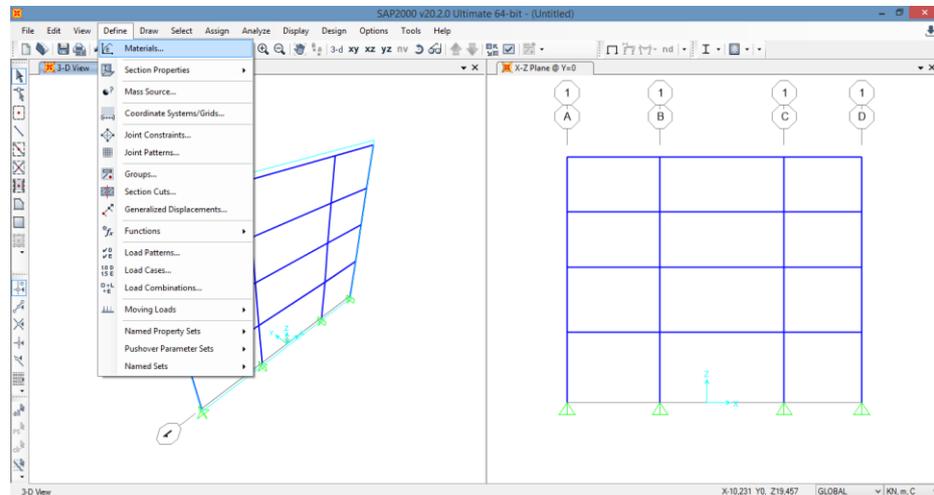
Gambar 2.16 Tampilan untuk Mengubah Tumpuan Portal

8. Selanjutnya akan tampil kotak dialog *Assign Joint Restraints*, pilih *Fixed*, *Apply* lalu klik “OK” seperti **Gambar 2.17** dibawah ini:



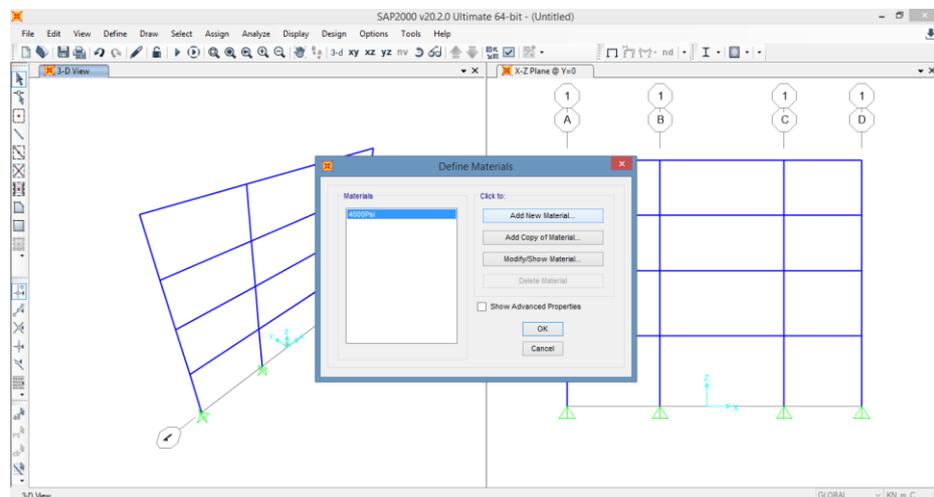
Gambar 2.17 Assign Joint Restraints

9. Untuk menambahkan material, klik *Define > Materials* seperti pada **Gambar 2.18** berikut ini:



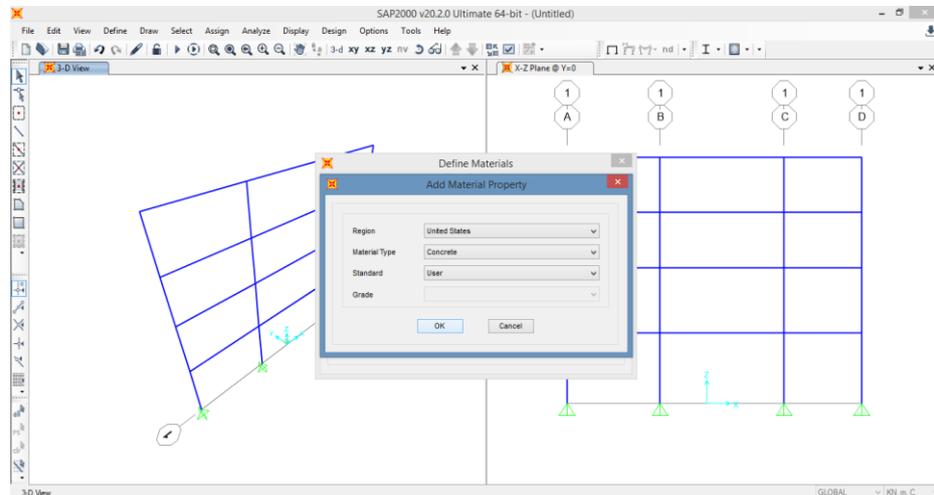
Gambar 2.18 Tampilan untuk Menambahkan *Material*

10. Pilih dan klik *Add New Material* untuk membuat bahan yang akan digunakan seperti **Gambar 2.19** dibawah ini:



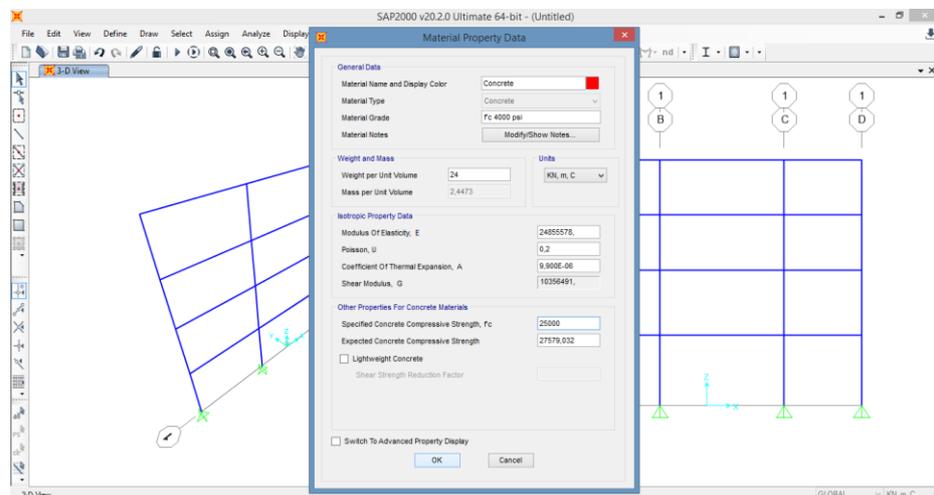
Gambar 2.19 *Define Materials*

11. Pilih *Region*, *Material Type*, dan *Standard*, lalu klik “OK” seperti **Gambar 2.20** berikut:



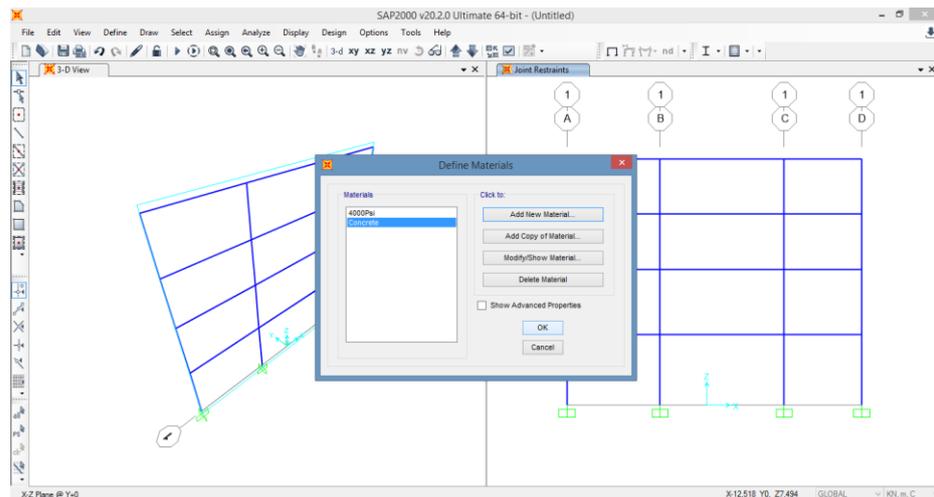
Gambar 2.20 Add Material Property

12. Selanjutnya akan tampil kotak dialog *Material Property Data*, isi data sesuai dengan yang dibutuhkan seperti **Gambar 2.21** dibawah ini:



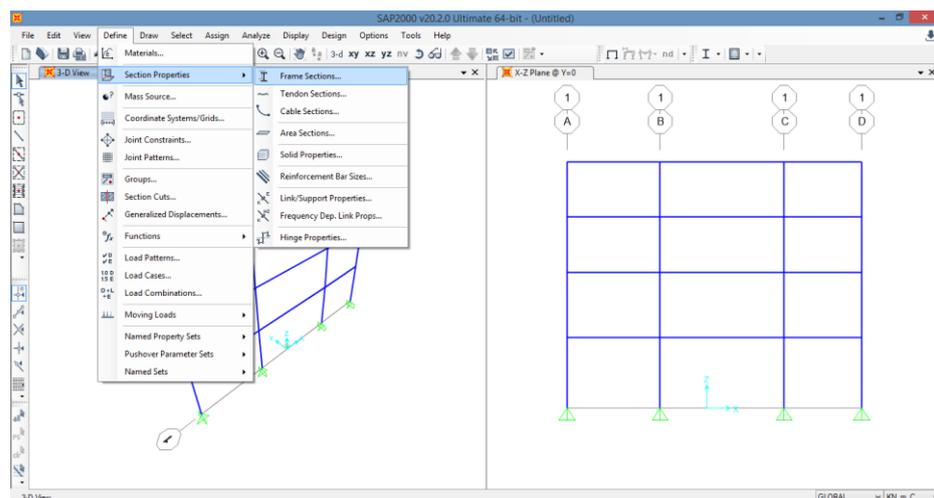
Gambar 2.21 Material Property Data

13. Setelah *Material Property Data* tertutup, tampilan akan kembali pada kotak dialog *Define Materials*. Jika masih ingin menambahkan material lagi klik *Add New Material*. Namun jika sudah selesai, klik “OK” seperti **Gambar 2.22** berikut ini:



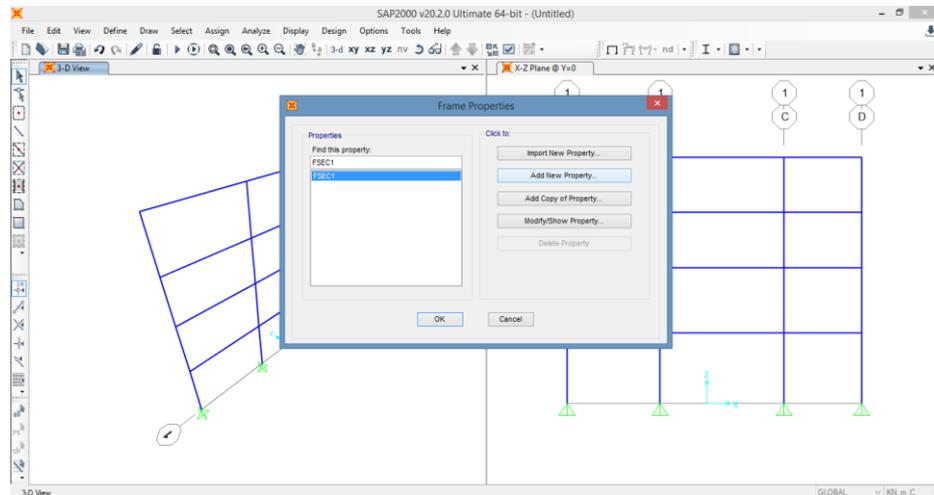
Gambar 2.22 Menyimpan Material yang Telah Ditambahkan

14. Untuk menambahkan balok dan kolom, klik *Define > Section Properties > Frame Section* seperti pada **Gambar 2.23** berikut:



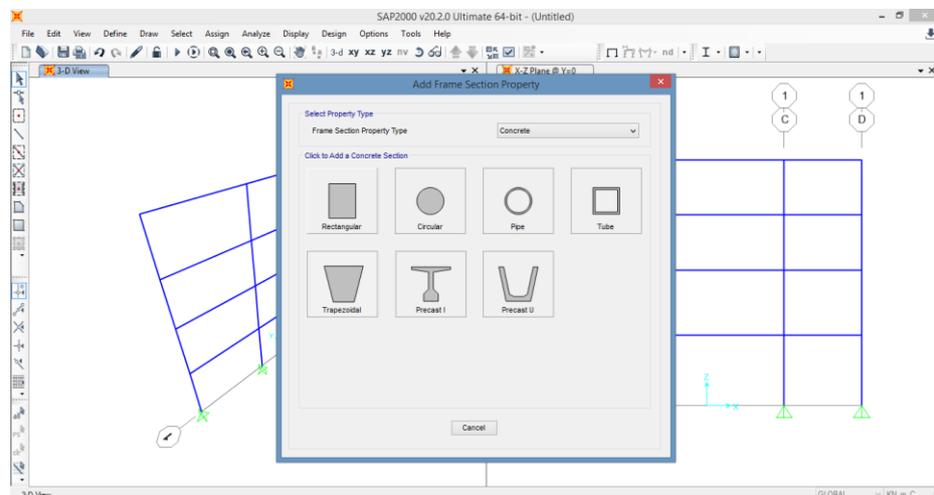
Gambar 2.23 Tampilan untuk Menambahkan *Frame Section*

15. Pilih dan klik *Add New Property* untuk membuat balok atau kolom seperti pada **Gambar 2.24**:



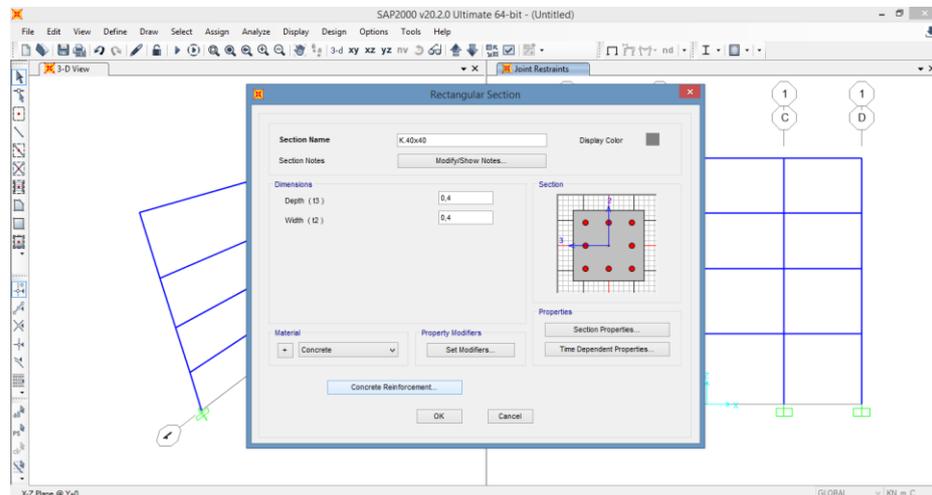
Gambar 2.24 *Frame Properties*

16. Memilih *Concrete* pada *Frame Section Property Type* dan klik *rectangular* seperti pada **Gambar 2.25** berikut:



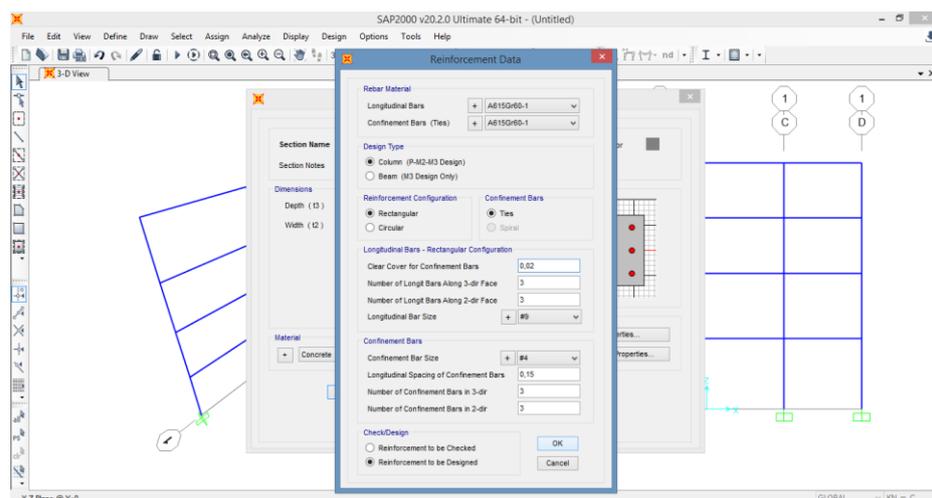
Gambar 2.25 *Add Frame Section Property*

17. Kemudian isi *Section Name*, *Dimensions* dan *Material* yang direncanakan lalu klik *Concrete Reinforcement* seperti pada **Gambar 2.26** dibawah ini:



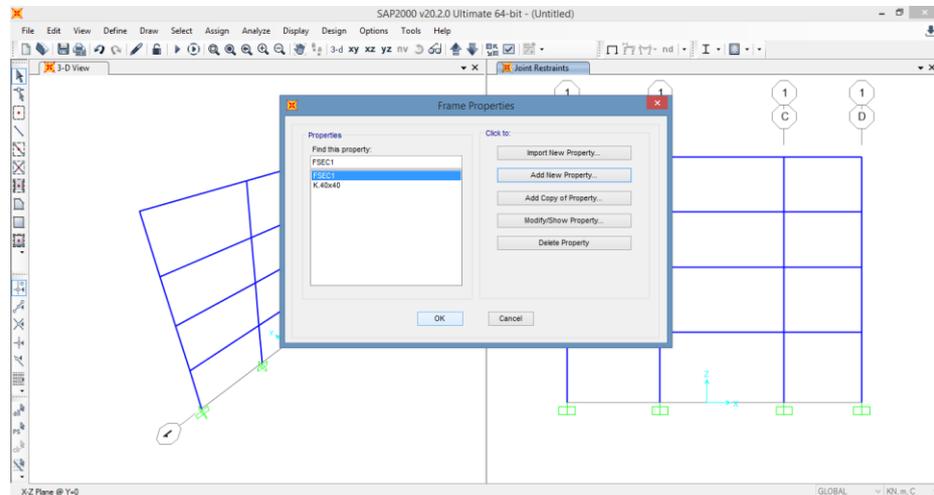
Gambar 2.26 *Rectangular Section*

18. Lalu akan muncul kotak dialog *Reinforcement Data*, klik *Beam* untuk membuat balok dan *Column* untuk membuat kolom pada *Design Type*, lalu klik “OK” seperti pada **Gambar 2.27** seperti berikut:



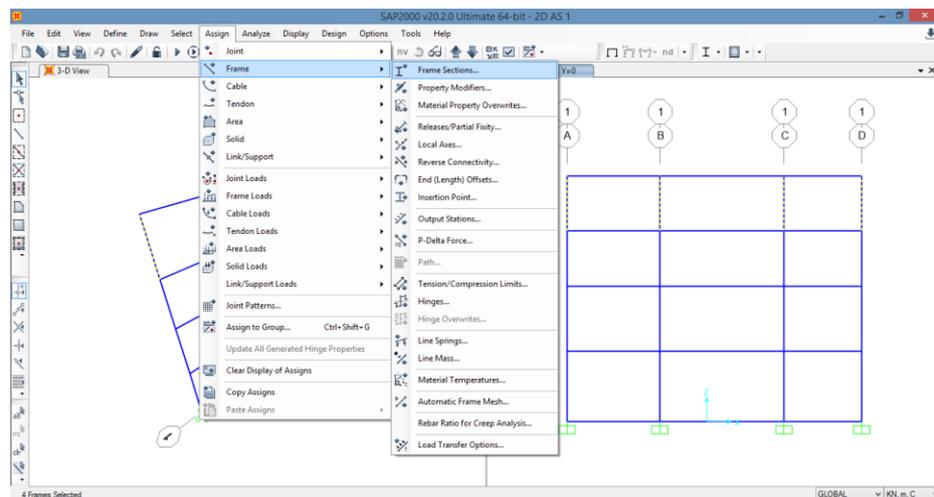
Gambar 2.27 *Reinforcement Data*

19. Setelah kotak dialog Klik “OK” untuk menyimpan *frame* property yang telah ditambahkan seperti pada **Gambar 2.28** berikut:



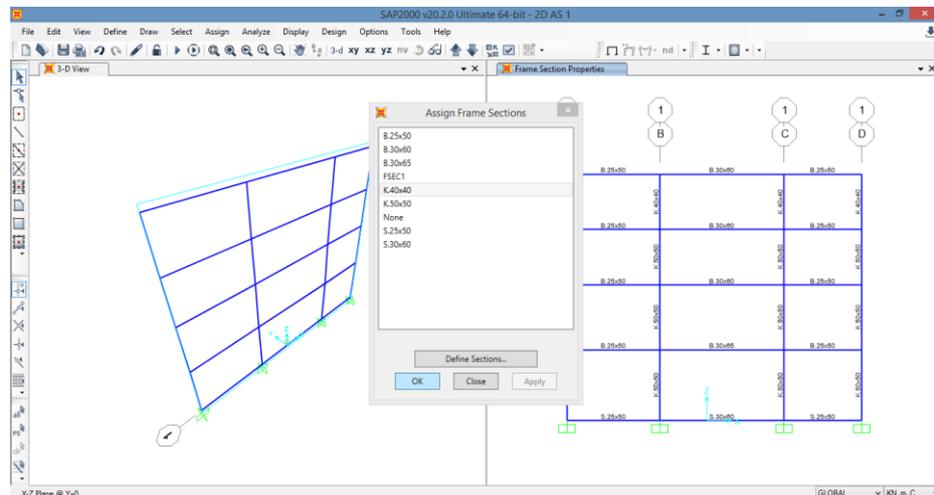
Gambar 2.28 Menyimpan *Frame Properties* yang Telah Ditambahkan

20. Ubah *Frame Properties* pada portal menjadi sesuai dengan yang direncanakan. Block balok atau kolom, lalu klik *Assign > Frame > Frame Sections* seperti **Gambar 2.29** berikut:



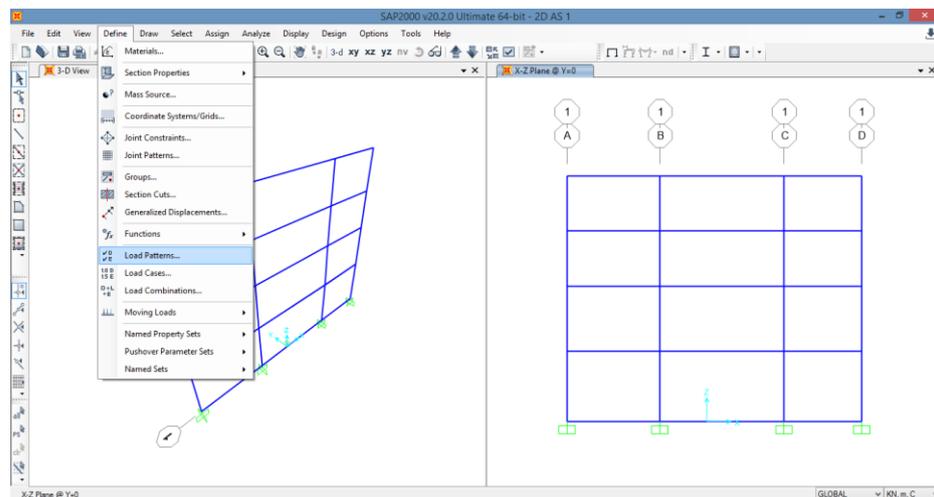
Gambar 2.29 Tampilan untuk Mengubah Balok dan Kolom

21. Selanjutnya akan tampil kotak dialog *Assign Frame Sections*, pilih balok atau kolom yang direncanakan, klik *Apply* lalu “OK” seperti **Gambar 2.30** di bawah ini:



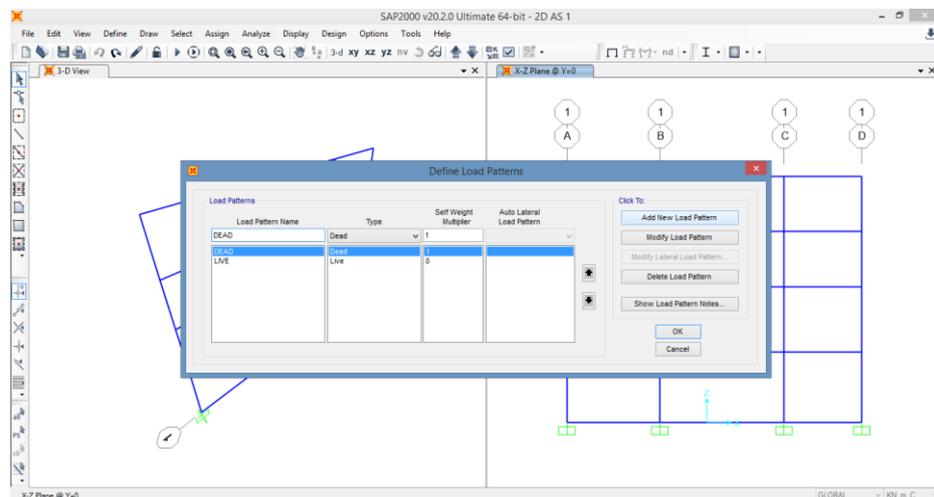
Gambar 2.30 Assign Frame Sections

22. Untuk menambahkan beban, klik *Define > Load Patterns* seperti **Gambar 2.31** berikut:



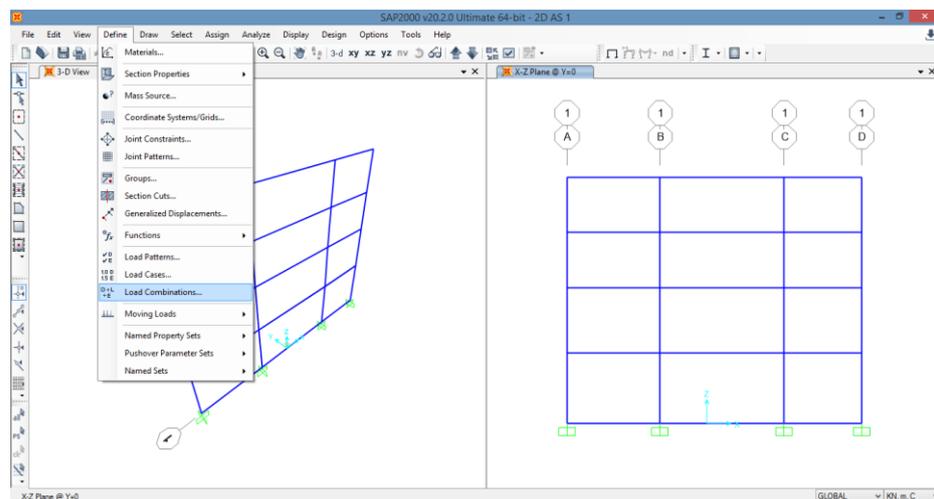
Gambar 2.31 Tampilan untuk Menambahkan Beban

23. Pada kotak dialog *Define Load Patterns*, tambahkan *Load Patterns Name*, *Type*, dan *Self Weight Multiplier*, pilih *Add New Load Patterns* lalu klik “OK” seperti **Gambar 2.32** dibawah ini:



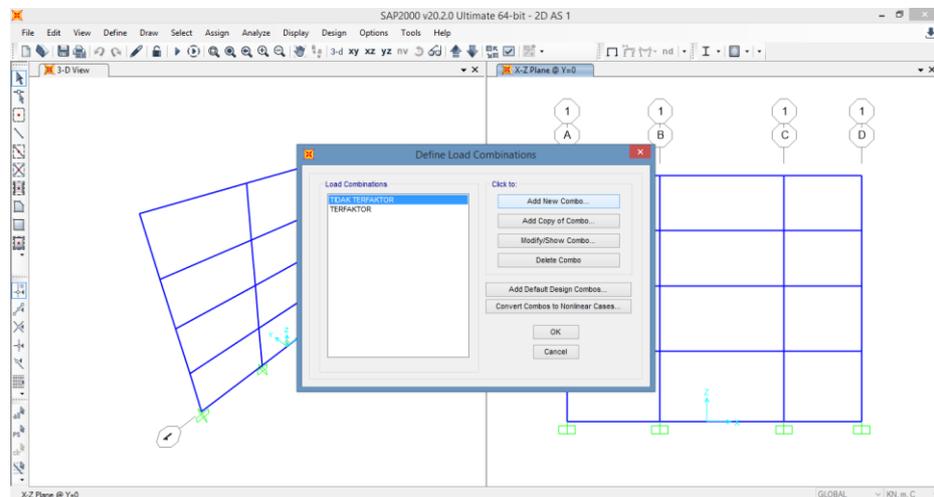
Gambar 2.32 *Define Load Patterns*

24. Untuk menambahkan beban kombinasi, klik *Define > Load Patterns* seperti **Gambar 2.33** berikut:



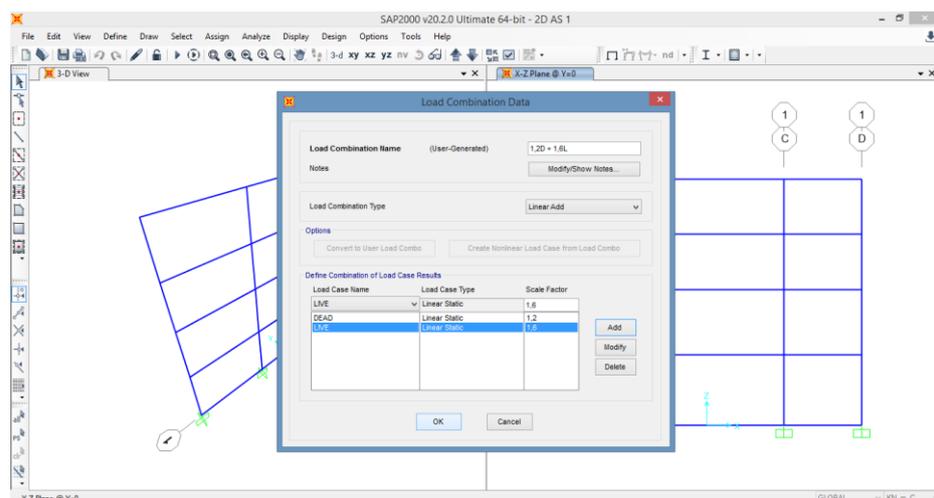
Gambar 2.33 Tampilan untuk Menambahkan Beban Kombinasi

25. Selanjutnya akan tampil kotak dialog *Define Load Combinations*, lalu pilih *Add New Combo* seperti **Gambar 2.34** berikut:



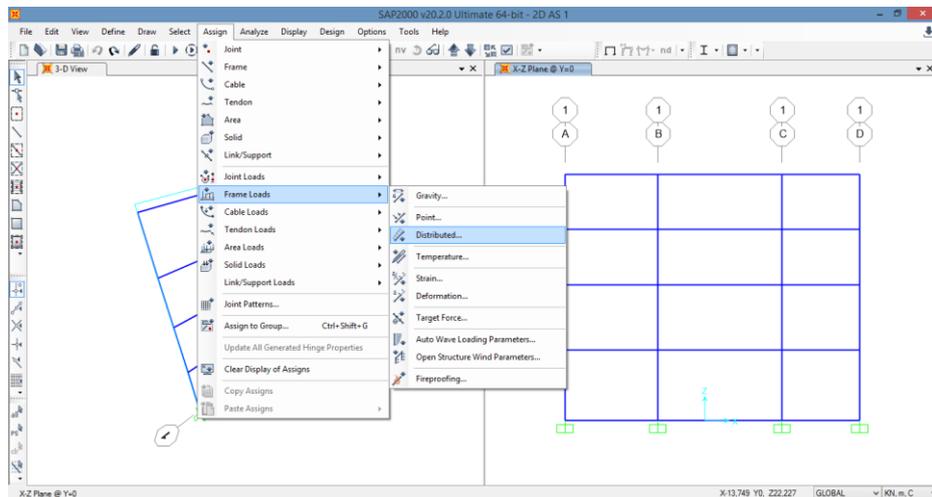
Gambar 2.34 *Define Load Combinations*

26. Pada kotak dialog *Load Combination Data*, isi *Load Combination Name*, *Define Combination of Load Case Results* sesuai beban kombinasi yang direncanakan, lalu klik “OK” seperti **Gambar 2.35** berikut:



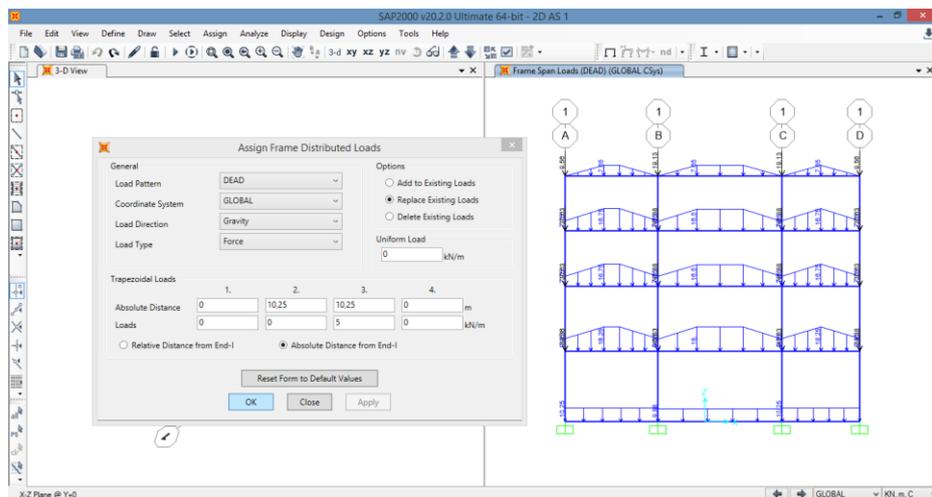
Gambar 2.35 *Load Combination Data*

27. Untuk memasukkan beban pada portal, klik *Assign > Frame Loads > Point* untuk beban terpusat, dan klik *Assign > Frame Loads > Distributed* untuk beban merata seperti pada **Gambar 2.36** berikut:



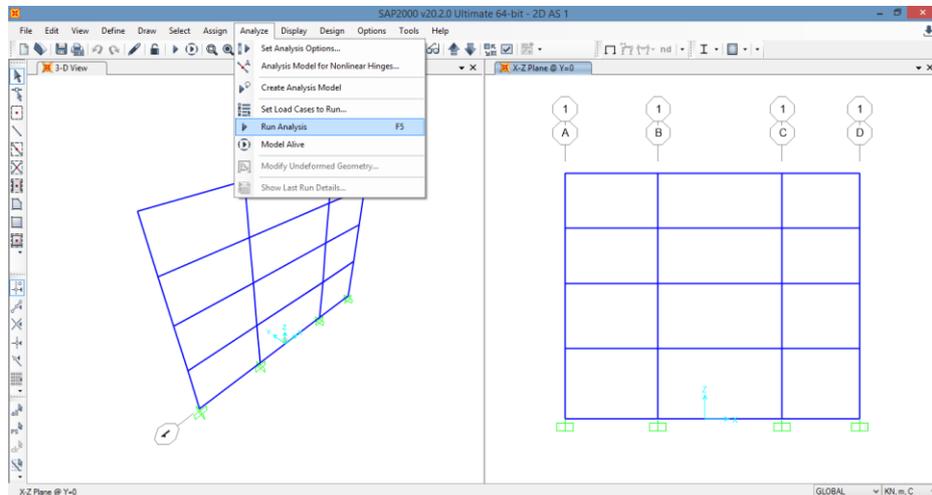
Gambar 2.36 Tampilan untuk Menambahkan Beban pada Portal

28. Memilih *Load Pattern Name* dan mengisi *Load* sesuai dengan pembebanan seperti tampilan **Gambar 2.37** berikut:



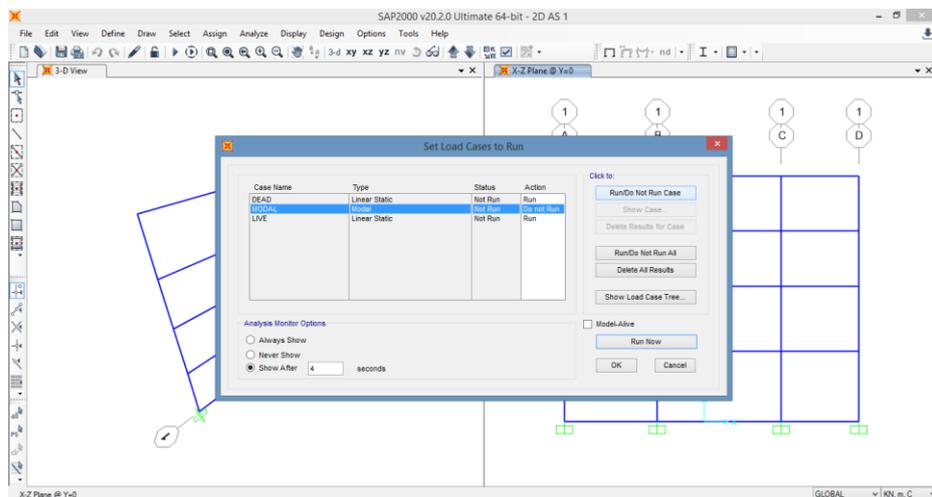
Gambar 2.37 Assign Frame Distributed Loads

29. Untuk menganalisis gaya yang bekerja pada portal, klik *Analyze > Run Analysis* seperti pada **Gambar 2.38** berikut:



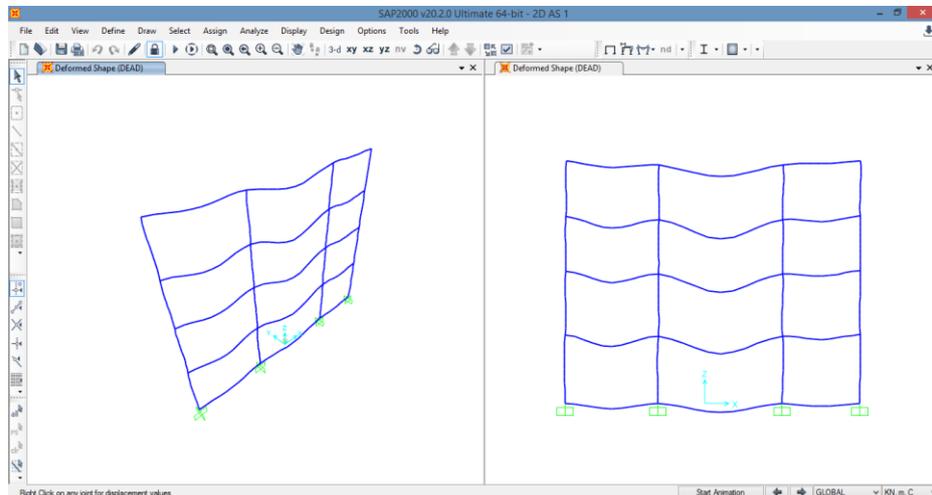
Gambar 2.38 Tampilan untuk Menjalankan Analisis Gaya

30. Pada kotak dialog *Set Load Case to Run*, pilih *case* yang akan dijalankan dengan mengklik *Run/Do Not Run Case* lalu klik “OK” seperti **Gambar 2.39** dibawah ini:



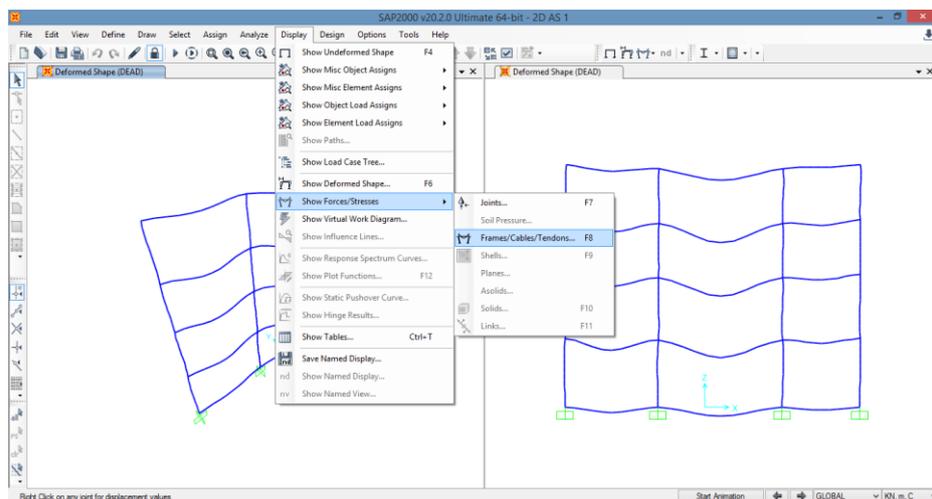
Gambar 2.39 *Set Load Case to Run*

31. Setelah *Run Now* di klik, maka program akan secara otomatis melakukan analisis. Portal akan terlihat seperti **Gambar 2.40** berikut:



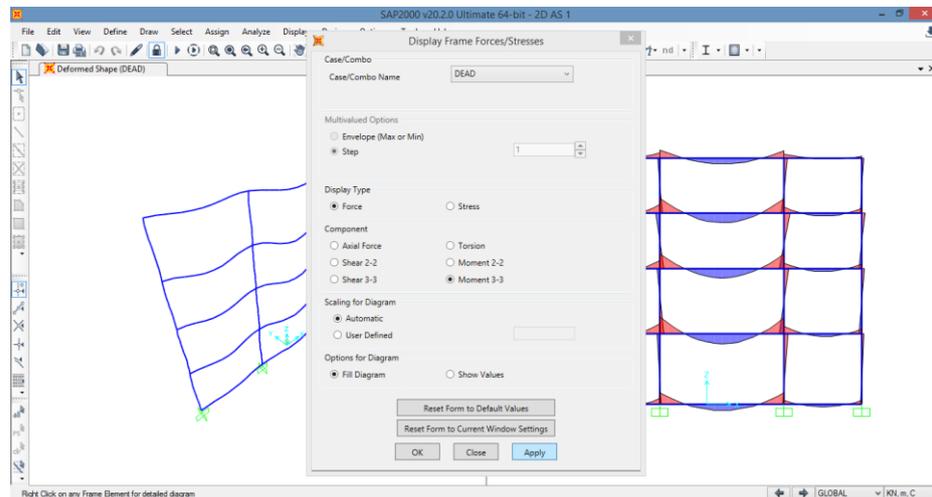
Gambar 3.40 Lendutan yang Terjadi pada Portal

32. Untuk mengetahui gaya hasil analisa akibat beban yang terjadi pada portal, klik *Display > Show Force/Stresses > Frames/Cables/Tendons* seperti **Gambar 3.41** di bawah ini:



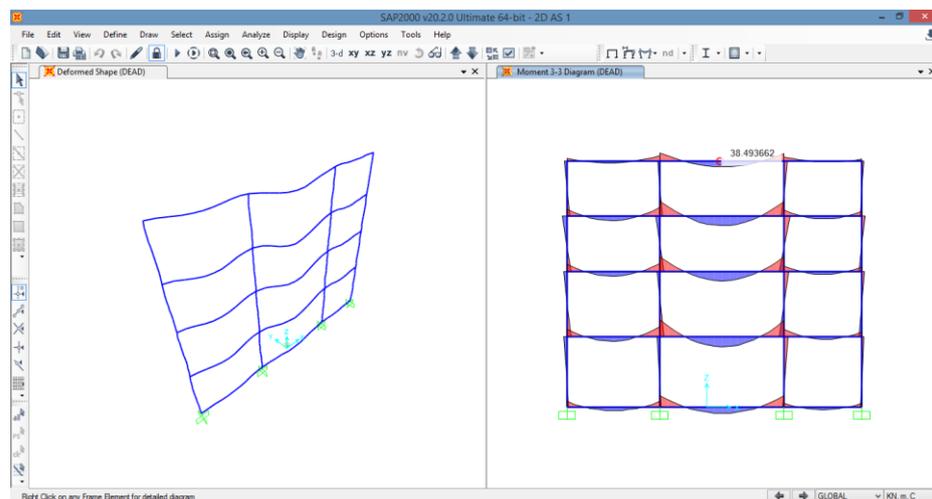
Gambar 3.41 Tampilan untuk Mengetahui Gaya-Gaya yang Bekerja pada Portal

33. Setelah itu akan tampil kotak dialog *Display Frame Force/Stresses*, pilih *Case/Combo Name* dan *Component* kemudian klik *Apply* lalu “OK” seperti **Gambar 3.42** berikut:



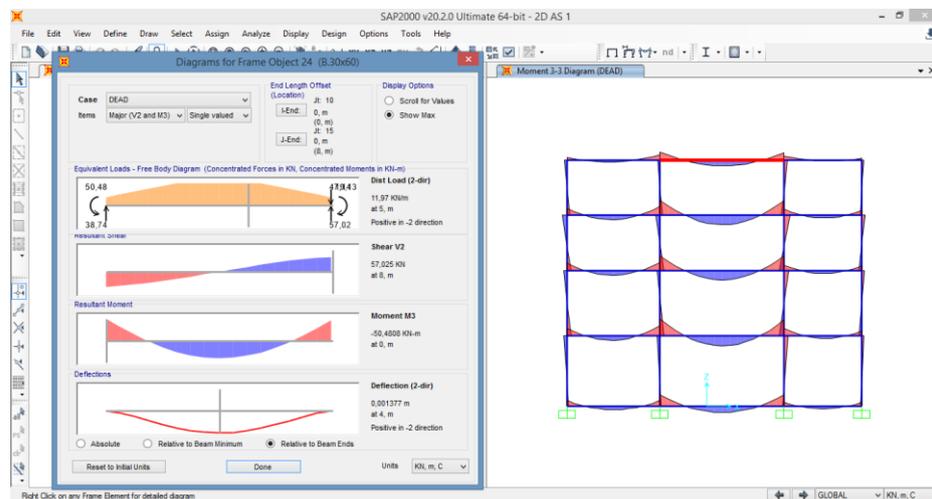
Gambar 2.42 *Display Frame Force/Stresses*

34. Klik kanan pada balok atau kolom yang hendak diketahui gaya-gaya yang bekerjanya seperti **Gambar 2.43** dibawah ini:



Gambar 2.43 Diagram Gaya yang Bekerja pada Portal

35. Setelah klik kanan pada salah satu objek, maka akan tampil *Diagrams for Frames Object*, lalu pilih case dan items seperti **Gambar 2.44** berikut ini:



Gambar 2.44 *Diagrams for Frame Object*

2.5.5. Perhitungan Balok Induk

Balok induk merupakan penyangga struktur utama pada bangunan yang secara fisik mengikat kolom-kolom utama bangunan secara rigid. Seluruh gaya-gaya yang bekerja pada balok akan didistribusikan ke pondasi melalui kolom bangunan. Langkah-langkah dalam perencanaan balok induk adalah sebagai berikut:

- Menentukan dimensi balok, mutu beton dan mutu baja yang akan digunakan.
- Menghitung pembebanan pada balok induk untuk kemudian di proses menggunakan program SAP 2000 V20 untuk mendapatkan gaya dalamnya.
- Menentukan momen dan gaya geser maksimum berdasarkan hasil analisa menggunakan program SAP 2000 V20.
- Melakukan perhitungan tulangan lentur lapangan dan tumpuan.

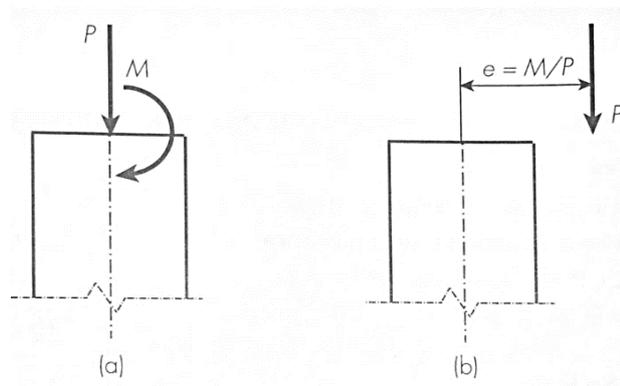
1. Hitung rasio penulangan seimbang (ρ_b), dan rasio tulangan maksimum (ρ_{maks})
 2. Hitung luas tulangan tunggal
 3. Hitung $R_{u\ maks}$
 4. Hitung kuat momen rencana balok bertulang tunggal (M_{u1})
 5. Hitung $M_{u2} = M_u - M_{u1}$ = kuat momen rencana yang dipikul oleh tulangan tekan.
 6. Hitung A_{s2}
 7. Hitung tegangan tulangan tekan
 8. Pilih tulangan yang akan digunakan sebagai A_s dan A'_s , yang mencukupi untuk lebar balok (b). pada beberapa kasus A_s dapat disusun dalam dua baris atau lebih.
 9. Hitung tinggi balok (h) dan periksa bahwa $\rho - \rho'((f_s/f_y) < \rho_{maks}$.
 10. Lakukan pemeriksaan akhir, $\phi M_n > M_u$.
 11. Regangan pada tulangan dapat dihitung
- e. Menghitung tulangan geser rencana
1. Hitung gaya geser ultimit (V_u) dari beban terfaktor yang bekerja pada struktur.
 2. Hitung nilai ϕV_c
 3. Periksa nilai V_u
 4. Jika $V_u > \phi V_c$, hitung gaya geser yang harus dipikul oleh tulangan geser
 5. Hitung nilai V_{c1} dan V_{c2}
 6. Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan berikut:

$$S_{perlu} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$
 7. Tentukan jarak maksimum tulangan sengkang sesuai dengan persyaratan dalam SNI 2847:2013.

2.5.6. Perhitungan Kolom

Menurut Agus Setiawan (2016), Kolom adalah salah satu komponen struktur vertikal yang secara khusus di fungsikan untuk memikul beban aksial tekan (dengan atau tanpa adanya momen lentur) dan memiliki rasio tinggi/panjang terhadap dimensi terkecil sebesar 3 atau lebih. Kolom memikul beban vertikal yang berasal dari pelat lantai atau atap dan menyalurkannya ke pondasi.

Pada bangunan bertingkat tidak memungkinkan untuk menjamin kevertikalan kolom secara sempurna, dan akibatnya akan muncul beban yang eksentris terhadap pusat dari penampang kolom. Ketika sebuah elemen kolom diberi beban aksial (P) dan momen lentur (M) seperti pada Gambar 2.44a, maka biasanya dapat diekuivalenkan dengan beban P yang bekerja pada eksentrisitas $e = M/P$ seperti pada **Gambar 2.44** berikut ini:



Gambar 2.44 Kolom dengan beban aksial dan momen lentur

Analisis penampang kolom, biasanya dapat diklasifikasikan berdasarkan eksentrisitasnya. Apabila penampang kolom diberi beban tekan eksentris dengan eksentrisitas yang besar, maka akan terjadi keruntuhan tarik. Kolom mengalami keruntuhan akibat luluhnya tulangan baja dan hancurnya beton pada saat rangsan tulangan baja melampaui $\epsilon_y = f_y/E_s$. Dalam kasus ini kuat tekan nominal penampang, P_n akan lebih kecil dari P_b , atau eksentrisitas, $e = M_n/P_n$ lebih besar dari eksentrisitas. Maka apabila $e > d$ dapat diasumsikan keruntuhan tarik.

Apabila gaya tekan, P_n melebihi gaya tekan dalam kondisi seimbang, P_b , atau eksentrisitas, $e = M_n/P_n$ lebih kecil daripada eksentrisitas pada kondisi seimbang e_b . Maka penampang kolom akan mengalami keruntuhan tekan. Pada kasus ini regangan pada beton akan mencapai 0,003, sedangkan regangan pada tulangan baja akan kurang dari ϵ_y . Sebagian besar penampang beton akan berada dalam keadaan tekan. Sumbu netral akan bergerak mendekati tulangan tarik, menambah luas daerah tekan beton, sehingga jarak sumbu netral dari serat tekan beton akan melebihi jaraknya pada kondisi seimbang ($c > c_b$). Beban tekan nominal, P_n dapat dihitung dengan prinsip-prinsip dasar kesetimbangan gaya.

Desain kolom dilakukan berdasarkan beban terfaktor, yang tidak boleh lebih besar daripada kuat rencana penampang, yaitu:

$$\phi M_n > M_u$$

$$\phi P_n > P_u$$

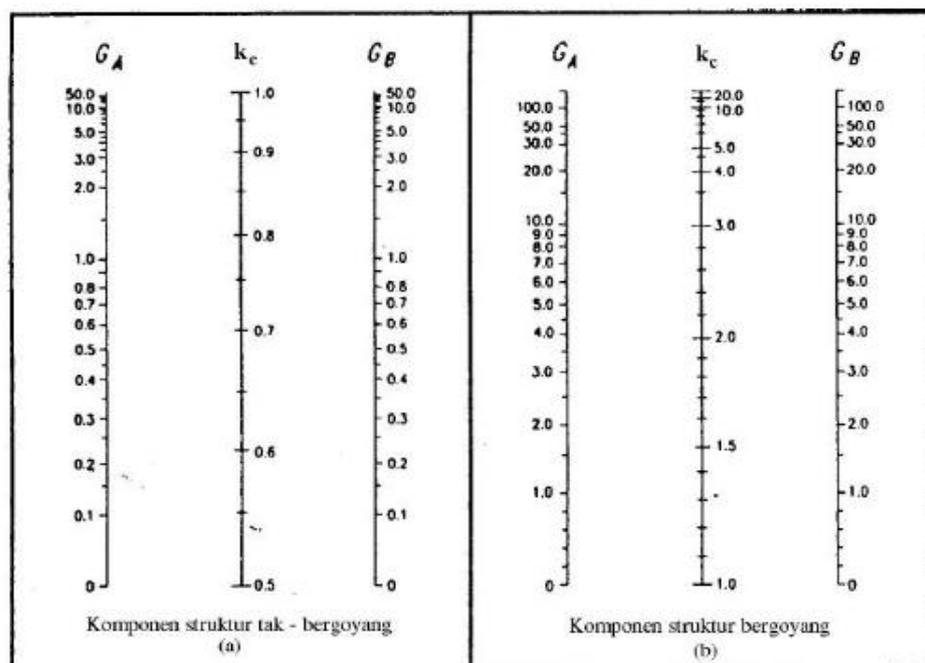
Proses analisis dan desain untuk elemen kolom harus dipertimbangkan beberapa faktor bila kolom termasuk dalam kategori kolom panjang. Beberapa faktor lain yang turut mempengaruhi proses elemen kolom panjang adalah tinggi/panjang kolom, ukuran penampang, rasio kelangsingan dan kondisi tumpuan ujung.

Panjang kolom yang dipergunakan untuk menentukan rasio kelangsingan kolom adalah fungsi dari panjang efektif kolom (kl_u). Panjang efektif kolom ini merupakan fungsi dari dua buah faktor utama, yaitu :

- a. Panjang tak terkekang (l_u), merepresentasikan tinggi tak terkekang kolom antara dua lantai tingkat. Nilai ini diukur dari jarak bersih antar pelat lantai, balok, ataupun elemen struktur lain yang memberikan kekangan lateral pada kolom.
- b. Faktor panjang efektif (k), Ini merupakan rasio antara jarak dua titik dengan momen nol terhadap panjang tak terkekang sebesar l_u , dan jarak antara dua titik yang memiliki momen sama dengan nol adalah l_u juga, memiliki faktor panjang efektif, $k = l_u/l_u = 1,0$. Jika kedua tumpuan ujung

adalah jepit, momen nol terjadi pada jarak $l_u/4$ dari kedua tumpuan, sehingga $k = 0,5l_u/l_u = 0,5$. Nilai k dapat ditentukan pula dengan menggunakan nomogram (**Gambar 2.45**) dengan terlebih dahulu menghitung faktor tahanan ujung.

$$\psi = \frac{\sum \frac{EI}{I_c} \text{ kolom}}{\sum \frac{EI}{I_c} \text{ balok}}$$



Gambar 2.45 Nomogram untuk Mementukan Tekuk dari Kolom

Batasan antara kolom pendek dan kolom panjang sangat ditentukan oleh rasio kelangsingannya. Batasan tersebut diberikan dalam SNI 2847:2013 Pasal 10.10.1 yang menyatakan bahwa efek kelangsingan boleh diabaikan untuk :

- a. Elemen struktur tekan bergoyang

$$\frac{kl_u}{r} \leq 22$$

- b. Elemen struktur tekan tak bergoyang

$$\frac{kl_u}{r} \leq 22 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \leq 40$$

Dimana:

M_1 = Momen ujung terfaktor pada kolom

M_2 = Momen ujung terfaktor pada kolom

K = Faktor panjang efektif

l_u = Panjang tak terkekang dari elemen kolom

r = Jari-jari girasi penampang yang dapat diambil sebesar $0,3h$ untuk penampang persegi dan $0,25$ kali diameter untuk lingkaran

Setelah menentukan apakah kolom termasuk kategori kolom pendek atau kolom panjang, selanjutnya melakukan perhitungan kolom sebagai berikut:

a. Kolom Pendek

Analisa kolom pendek pada laporan akhir ini menggunakan metode *Reiprokal Bresler* yang mempertimbangkan eksentrisitas dua arah dengan mengasumsikan kolom terjadi keruntuhan tekan. Adapun langkah-langkah analisis kolom pendek sebagai berikut :

1. Menentukan nilai beban tekan ultimit kolom (P_u) pada saat lentur dua arah terjadi. Nilai P_u yang diambil adalah nilai P_u kombinasi dari tiap batang kolom dikurangi berat batang kolom yang ditinjau.
2. Menghitung nilai eksentrisitas (e_x dan e_y) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$e = \frac{M_u}{P_u}$$

3. Menentukan kapasitas beban P_{nx} terhadap sumbu x yang bekerja dengan eksentrisitas e_y . Analisa akan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

a) Analisa untuk keadaan seimbang

$$c_b = \frac{600}{600 + f_y}$$

$$a_b = \beta_1 c_b$$

$$f_s = 600 \left(\frac{C_b - d'}{C_b} \right)$$

Jika $f_s > f_y$ maka $f_s = f_y = 400 \text{ Mpa}$

Selanjutnya menghitung gaya-gaya yang bekerja pada penampang kolom:

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

$$T = A_s f_y$$

$$C_s = A'_s (f_s - 0,85f_c)$$

$$\text{Maka nilai } P_{bx} = C_c + C_s - T$$

b) Periksa nilai e_y terhadap d , apabila $e_y < d$, maka asumsikan terjadi keruntuhan tekan kemudian lakukan analisa sebagai berikut :

1) Analisa P_n dari kesetimbangan gaya dengan persamaan berikut :

$$P_n = C_c + C_s - T$$

Dengan:

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

$$C_s = A'_s (f_s - 0,85f_c)$$

(asumsikan tulangan tekan sudah luluh)

$$T = A_s f_y \quad (f_s < f_y)$$

2) Analisa P_n dengan mengambil jumlahan momen terhadap A_s dengan persamaan berikut:

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

Dengan $e' = e + d''$ (atau $e' = e + d - h/2$, jika $A_s = A'_s$).

3) Asumsikan nilai c sehingga $c > c_b$. Hitung $a = \beta_1 c$. Asumsikan $f_s = f_y$.

4) Hitung nilai f_s berdasarkan asumsi nilai c dengan persamaan berikut:

$$f_s = \epsilon_s E_s = 600 \left(\frac{d - c}{c} \right) \leq f_y$$

5) Hitung nilai P_{n1} dan P_{n2} dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_{n1} = C_c + C_s - T$$

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

Apabila P_{n1} cukup dekat dengan P_{n2} , maka nilai P_n diambil dari nilai terkecil antara P_{n1} dan P_{n2} atau rerata keduanya. Jika P_{n1} dan P_{n2} tidak cukup dekat, maka asumsikan nilai c dan a yang baru dan ulangi perhitungan hingga P_{n1} cukup dengan P_{n2} (kurang lebih 1%).

- 6) Periksa apakah tulangan tekan benar sudah luluh sesuai dengan asumsi semula, dengan menghitung ϵ'_s dan membandingkannya dengan ϵ_y . Bila $\epsilon'_s > \epsilon_y$ maka tulangan tekan sudah luluh. Jika belum luluh, maka f'_s dihitung sebagai berikut:

$$f'_s = 600 \left(\frac{c - d'}{c} \right) \leq f_y$$

4. Menentukan kapasistas beban P_{ny} terhadap sumbu y yang bekerja dengan eksentrisitas e_x . Analisa akan dilakukan dengan langkah-langkah yang sama seperti langkah 3.
5. Tentukan nilai P_0 dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P_0 = 0,85f'_c A_g + A_{st}(f_y - 0,85f'_c)$$

6. Hitung P_n dengan menggunakan persamaan *Resiprokal Bresler* berikut:

$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_0}$$

Desain kolom dilakukan berdasarkan beban terfaktor, yang tidak boleh lebih besar daripada kuat rencana penampang, yaitu:

$$\phi M_n > M_u$$

$$\phi P_n > P_u$$

Dengan $\phi = 0,65$ untuk sengkang persegi dan $\phi = 0,75$ untuk sengkang spiral.

b. Kolom Panjang

Proses perhitungan kolom panjang sama halnya dengan kolom pendek. Namun, pada perhitungan kolom panjang dilakukan terlebih dahulu perbesaran momen dengan metode perbesaran momen portal bergoyang. Prosedur untuk menentukan faktor perbesaran momen pada portal bergoyang dapat diurutkan sebagai berikut :

1. Tentukan apakah portal termasuk portal bergoyang atau tidak, tentukan faktor panjang efektif, k dan panjang tak terkekang l_u .
2. Hitung besarnya EI , P_c dan C_m dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

a) Kekakuan kolom (EI)

$$EI = \frac{0,2E_c I_g + E_s I_{se}}{1 + \beta_{dns}}$$

atau

$$EI = \frac{0,4E_c I_g}{1 + \beta_{dns}}$$

Dengan:

$$E_c = 4.700\sqrt{f_c}$$

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

I_g = Momen inersia bruto penampang terhadap sumbu yang ditinjau

I_{se} = momen inersia tulangan baja

$$\beta_{dns} = \frac{\text{beban tetap aksial terfaktor maksimum}}{\text{beban aksial terfaktor maksimum}} = \frac{1,2 D}{1,2 D + 1,6 L}$$

b) Beban tekuk *Euler* (P_c)

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kl_u)^2}$$

c) Hitung nilai C_m

$$C_m = 0,6 + \frac{0,4M_1}{M_2} \geq 0,4$$

3. Menghitung faktor perbesaran momen dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\delta_s = \frac{1}{1 - Q} \geq 1.0$$

Namun bila δ_s yang dihasilkan besarnya melebihi 1,5, maka δ_s harus dihitung berdasarkan analisa orde dua, atau dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\delta_s = \frac{1}{\frac{1 - \sum P_u}{0,75 \sum P_c}} \geq 1,0$$

Dengan:

$\sum P_u$ = jumlah seluruh beban vertikal terfaktor yang bekerja pada suatu tingkat

$\sum P_c$ = jumlah seluruh kapasitas tekan kolom-kolom bergoyang pada suatu tingkat

4. Hitung momen ujung, M_1 dan M_2 yang telah diperbesar:

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

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

Dengan M_{1ns} dan M_{2ns} adalah momen yang diperoleh dari kondisi tak bergoyang, sedangkan M_{1s} dan M_{2s} adalah momen yang diperoleh dari kondisi bergoyang.

5. Apabila $M_2 > M_1$ yang dihasilkan dari analisis struktur, maka momen yang digunakan untuk desain kolom adalah:

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

6. Elemen struktur tekan dapat didesain terhadap beban terfaktor aksial P_u dan momen M_c pada persamaan $M_c = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$, apabila:

$$l_u/r < \frac{35}{\sqrt{\frac{P_u}{f_c A_g}}}$$

2.5.7. Perhitungan *Tie Beam*

Tie beam merupakan salah satu struktur bawah yang berfungsi menerima beban dinding di atasnya dan sebagai pengikat antar pondasi, sehingga bila terjadi penurunan pada pondasi dapat tertahan atau akan terjadi secara bersamaan. Adapun langkah-langkah untuk perencanaan *tie beam* sendiri sama seperti perencanaan pada struktur balok, sebagai berikut :

- a. Menentukan dimensi *Tie Beam*.
- b. Menentukan mutu beton, dan baja yang akan digunakan .
- c. Menghitung pembebanan pada *tie beam* untuk kemudian di proses menggunakan program SAP 2000 V20 untuk mendapatkan data gaya dalamnya.
- d. Menentukan momen dan gaya geser maksimum berdasarkan hasil analisa menggunakan program SAP 2000 V20.
- e. Melakukan perhitungan struktur pada *Tie Beam*.
- f. Menghitung tulangan tekan dan tarik yang dibutuhkan dengan langkah yang sama seperti penulangan balok.
- g. Menghitung penulangan geser dengan langkah yang sama seperti penulangan balok.

2.5.8. Perhitungan Pondasi

Pondasi adalah bagian dari struktur bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi menyalurkan beban-beban yang diterima dari struktur atas ke lapisan tanah. Proses desain struktur pondasi memerlukan analisa yang cukup lengkap, meliputi kondisi/jenis struktur atas, beban-beban kerja pada struktur, profil dari lapisan tanah tempat bangunan/struktur tersebut berada, serta kemungkinan terjadinya penurunan (*settlement*). Langkah yang dilakukan dalam proses desain pondasi meliputi proses pemilihan jenis pondasi, letaknya pada tanah, penentuan ukuran/dimensi pondasi tersebut, hingga penentuan bagaimana pelaksanaan konstruksinya (Setiawan, 2016). Penentuan beban pondasi berdasarkan hasil

kombinasi beban sesuai SNI 2847-2013 untuk mengetahui jumlah tiang pancang, dan penentuan penulangan berdasarkan ultimate terfaktor.

Adapun langkah-langkah perhitungan pondasi tiang pancang dan *pile cap* adalah sebagai berikut:

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

1. Berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang:

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

2. Berdasarkan ketahanan tanah

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

Dimana:

N = Nilai SPT pada ujung tiang

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

A_b = Luas penampang ujung tiang (m^2)

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

F = Faktor keamanan daya dukung = 3

b. Menentukan jumlah tiang pancang

$$n = \frac{P_{\text{total}}}{Q}$$

c. Menentukan jarak antar tiang

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

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

Dimana:

S = Jarak antar tiang

D = Ukuran *pile* (tiang)

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

$$P = \frac{\sum V}{n}$$

Dimana:

P = Beban yang diterima oleh tiang pancang

$\sum V$ = Jumlah total beban

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

Kontrol kemampuan tiang pancang:

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

$$P_{izin} < P$$

e. Penulangan tiang pancang

Penulangan tiang pancang dihitung berdasarkan kebutuhan pada waktu pengangkutan.

1. Tulangan pokok tiang pancang

Menentukan nilai k menggunakan persamaan berikut:

$$k = \frac{M_{max}}{\phi b d^2}$$

Menentukan luas tulangan (A_s) dengan menggunakan persamaan:

$$A_s = \rho b d$$

Dimana:

b = Ukuran tiang

d = Tinggi efektif

Menentukan jumlah tulangan

Selain menggunakan tabel, pada buku beton bertulang Istimawan

Dipohusodo dapat dihitung menggunakan persamaan:

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

Dimana:

A_s = Luas tulangan

d_b = Diameter tulangan

2. Tulangan geser tiang pancang

V_u didapat dari pola penurunan sebagai berikut:

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

Jika $V_u < \phi V_c$ maka diperlukan tulangan geser

$$A_v = \frac{\pi d^2}{2}$$

$$S = \frac{3 A_v f_y}{b}$$

$$S = \frac{\phi \cdot A_v f_y d}{V_u - \phi V_c}$$

Syarat sengkang $S_{\text{maks}} = 1/2 d_{\text{eff}}$

f. Perhitungan *pile cap*

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

1. Menentukan beban yang bekerja

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

2. Menentukan dimensi *pile cap*

a) Panjang *pile cap*

$$L_w = (K + 1) \times D + 300$$

b) Lebar *pile cap*

$$b_w = D + 300$$

Dimana:

L_w = Panjang *pile cap* (mm)

b_w = Lebar *pile cap* (mm)

D = Diameter tiang pancang (mm)

K = Variabel jarak *pile cap*

3. Kontrol kekuatan geser

a) Kontrol kekuatan geser secara kelompok

Untuk aksi dua arah:

- Gaya geser terfaktor

$$V_u = n.P_u$$

Dengan n adalah jumlah tiang pancang dalam *pile cap* di luar kolom.

- Gaya geser nominal

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

$$B = \frac{L}{B} = 1$$

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

$$b_o = 2(a_1 + d) + 2(a_2 + d)$$

Dimana:

a_1 = ukuran kolom terkecil

a_2 = ukuran kolom terbesar

Dari hasil perhitungan, nilai ϕV_c diambil yang terkecil. Apabila $V_u < \phi V_c$ maka tebal pelat telah mencukupi dan tidak memerlukan tulangan geser.

Untuk aksi satu arah :

- Gaya geser terfaktor

$$V_u = m.P_u$$

Dengan m adalah jumlah tiang pancang dalam satu baris yang ditinjau dari sumbu x dan sumbu y.

- Gaya geser nominal

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

$$b_w = B$$

$$b_w = L$$

Apabila $V_u < \phi V_c$ maka tebal pelat telah mencukupi dan tidak memerlukan tulangan geser.

b) Kontrol kekuatan geser secara individual

– Keliling

$$b_o = \pi(\phi_{pile} + d)$$

– Gaya geser terfaktor

$$V_u = 1.P_u$$

– Gaya geser nominal

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

c) Perhitungan momen lentur akibat beban terfaktor

$$P_u = X_1 P_u \left(S - \frac{a}{2} \right)$$

Dimana:

X_1 = Jarak tiang pancang di luar sisi kolom

S = Jarak antar tiang

a = Ukuran *pile cap* ($a_1 = a_2 = a$ apabila simetris)

Kemudian didapat nilai ρ berdasarkan tabel (Istimawan

Dipohusodo), apabila didapat nilai K_{min} maka menggunakan ρ_{min} .

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}; A_s = \rho b d; n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \pi d^2}$$

d) Perhitungan tulangan pasak

Disyaratkan untuk menggunakan tulangan pasak minimum sebesar:

$$A_{Smin} = 0,005 A_g$$

Dimana A_g merupakan luas kolom pondasi

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

e) Kontrol panjang penyaluran pasak

Tulangan pasak yang didapatkan harus disalurkan di atas dan di bawah pertemuan dari kolom dan telapak. Panjang penyaluran (L_{db}) yang harus disyaratkan untuk memikul gaya:

$$L_{db} = \frac{0,25f_y d_b}{\sqrt{f_{cr}}}$$

Panjang penjangkaran di bawah pertemuan kolom dengan pondasi L_1 yang tersedia adalah:

$$L_1 = h - p - (2\phi_{pondasi}) - \phi_{pasak}$$

$$L_1 > L_{db} \rightarrow \text{OK}$$

2.6 Manajemen Proyek

2.6.1. Rencana Kerja dan Syarat-Syarat

Rencana kerja dan syarat syarat adalah dokumen yang bersisikan nama proyek berikut dengan penjelasannya berupa jenis, besar dan lokasinya, serta atata cara pelaksanaan, syarat-syarat pekerjaan, syarat mutu pekerjaan, dan keterangan-keterangan lain hanya dapat dijelaskan dalam bentuk RKS.

2.6.2. Kuantitas Pekerjaan

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

2.6.3. Analisa Harga Satuan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan biaya-biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Guna dari harga satuan ini agar kita dapat mengetahui

harga-hara satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat dalam analisa harga satuan ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari hasil perkalian dengan volume pekerjaan. Analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

2.6.4. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. (Bachtiar Ibrahim. *Rencana dan Estimate Real of Cost*).

2.6.5. Network Planning (NWP)

Network Planning merupakan teknik baru dalam perencanaan dan pengawasan pekerjaan. Model ini memungkinkan untuk merencanakan prioritas berdasarkan pembagian waktu pelaksanaan dengan cukup efektif, karena dapat dengan jelas diketahui ketergantungan antara suatu kegiatan yang sedang dilakukan dengan kegiatan yang akan dilakukan selanjutnya.

Net Work Planning juga suatu alat pengendalian pekerjaan dilapangan yang ditandai dengan simbol-simbol tertentu berupa urutan pekerjaan dalam suatu proyek yang berfungsi untuk mengetahui waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan tiap bagian pekerjaan yang akan dilaksanakan sehingga dapat memperlancar pekerjaan. Adapun kegunaan *Network Planning* adalah sebagai berikut:

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

2.6.6. *Barchart* dan Kurva S

Barchart menguraikan tentang uraian setiap pekerjaan mulai dari tahap awal sampai berakhirnya pekerjaan, bobot pekerjaan dan pelaksanaan pekerjaan. Sedangkan kurva “S” adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progres pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Kurva “S” dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dari awal sampai berakhirnya pekerjaan. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapatkan dari perbandingan harga pekerjaan dan harga total keseluruhan dari jumlah penawaran.

Barchart adalah daftar urutan bagian-bagian pekerjaan dan garis-garis lurus menyerupai balok yang menunjukkan perkiraan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan bagian-bagian pekerjaan dalam suatu proyek. *Barchart* atau lebih dikenal di Indonesia sebagai diagram batang mula-mula dipakai dan diperkenalkan oleh Hendri Lawrence Gantt pada tahun 1917. (Putri Lynna A. Luthan, 2006:11)

Metode tersebut bertujuan mengidentifikasi unsur waktu dan urutan untuk merencanakan suatu kegiatan, yang terdiri dari waktu mulai, waktu selesai, dan waktu pelaporan. Hingga kini metode diagram batang masih banyak digunakan karena diagram batang mudah dibuat dan dipahami sehingga sangat berguna sebagai alat komunikasi dalam penyelenggaraan proyek. Adapun aturan *barchart*:

- a. Penggambaran *barchart* terdiri dari kolom dan baris. Pada kolom terdapat urutan kegiatan yang disusun secara berurutan. Baris menunjukkan periode waktu yang dapat berupa jam, hari, mingguan ataupun bulanan.
- b. Penggambaran *bar* (batang) pada setiap baris kegiatan akan menunjukkan waktu mulai dan waktu selesainya kegiatan.