

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Uraian Umum**

Perencanaan dapat didefinisikan sebagai campuran antara seni dan ilmu pengetahuan yang dikombinasikan dengan intuisi seorang ahli struktur mengenai perilaku struktur dengan dasar-dasar pengetahuan dalam statika, dinamika, mekanika bahan, dan analisis struktur untuk menghasilkan suatu struktur yang ekonomis dan aman.

Perencanaan adalah sebuah proses untuk mendapatkan suatu hasil yang optimum. Suatu struktur dapat dikatakan optimum apabila memenuhi kriteria-kriteria yaitu biaya minimum, berat minimum, waktu konstruksi minimum, tenaga kerja minimum, biaya manufaktur minimum, dan manfaat maksimum sepanjang masa layan.

Kerangka perencanaan struktur adalah pemilihan susunan dan ukuran dari elemen struktur sehingga beban yang bekerja secara aman, dan perpindahan yang terjadi masih dalam batas-batas yang di persyaratkan. Prosedur perencanaan struktur secara iterasi dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Perancangan, penetapan fungsi dari struktur
2. Penetapan konfigurasi struktur awal termasuk pemilihan jenis material yang akan digunakan
3. Penetapan beban kerja struktur
4. Pemilihan awal bentuk dan ukuran elemen struktur berdasarkan langkah 1, 2, dan 3
5. Analisis struktur untuk memperoleh gaya-gaya dalam perpindahan elemen
6. Mengevaluasi perancangan yang sudah optimum atau sesuai yang diharapkan
7. Perencanaan ulang langkah 1 hingga 6
8. Perencanaan akhir, apakah langkah 1 hingga 7 sudah memberikan hasil optimum

Salah satu tahapan penting dalam perencanaan suatu struktur bangunan adalah pemilihan jenis material yang akan digunakan. Jenis-jenis material yang selama ini dikenal dalam dunia konstruksi antara lain baja, beton bertulang, serta kayu. Material baja sebagai bahan konstruksi telah digunakan sejak lama mengingat beberapa keunggulannya dibandingkan material yang lain. Beberapa keunggulan baja sebagai material konstruksi, antara lain adalah :

1. Mempunyai kekuatan yang tinggi, sehingga dapat mengurangi ukuran struktur serta berat struktur. Hal ini cukup menguntungkan bagi struktur-struktur jembatan yang panjang, gedung yang tinggi atau juga bangunan-bangunan yang berada pada kondisi tanah yang buruk.
2. Keseragaman dan keawetan yang tinggi, tidak seperti halnya material beton bertulang yang terdiri dari berbagai macam bahan penyusun, material baja jauh lebih seragam/homogen serta mempunyai tingkat keawetan yang jauh lebih tinggi jika prosedur perawatan dilakukan secara semestinya.
3. Sifat elastis, baja mempunyai perilaku yang cukup dekat dengan asumsi-asumsi yang digunakan untuk melakukan analisis, sebab baja dapat berperilaku elastis hingga tegangan yang cukup tinggi mengikuti Hukum Hooke. Momen inersia dari suatu profil baja juga dapat dihitung dengan pasti sehingga memudahkan dalam melakukan proses analisis struktur.
4. Daktilitas baja cukup tinggi, suatu batang baja yang menerima tegangan tarik yang tinggi akan mengalami regangan cukup besar sebelum terjadi keruntuhan.
5. Beberapa keuntungan lain pemakaian baja sebagai material konstruksi adalah kemudahan penyambungan antar elemen yang satu dengan lainnya dengan menggunakan alat sambung las atau baut.

Selain keuntungan-keuntungan tersebut, material baja juga memiliki beberapa kekurangan, terutama dari sisi pemeliharaan. Konstruksi baja yang berhubungan langsung dengan udara atau air. Secara periodik harus dicat. Perlindungan terhadap bahaya kebakaran juga harus menjadi perhatian yang serius, sebab material baja akan mengalami penurunan kekuatan secara drastis akibat kenaikan temperatur yang cukup tinggi, di samping itu baja juga merupakan konduktor

panas yang baik. Kelemahan lain dari struktur baja adalah masalah tekuk yang merupakan fungsi dari kelangsingan suatu penampang.

## 2.2 Ruang Lingkup Perencanaan

Struktur bangunan pada umumnya terdiri dari struktur bawah (*lower structure*) dan struktur atas (*upper structure*).

### 1. Struktur Bagian Atas (*upper structure*)

Struktur bangunan atas harus sanggup mewujudkan perencanaan dari segi arsitektur dan harus mampu menjamin mutu baik dari segi keamanan maupun kenyamanan bagi penggunaannya. Untuk itu bahan bangunan yang nantinya akan digunakan sebagai bahan dasar dari konstruksi hendaknya memenuhi kriteria sebagai berikut :

- a. Tahan Api
- b. Kuat dan kokoh. Setiap bangunan yang direncanakan harus kuat menahan beban dan tahanan terhadap goyangan yang diakibatkan oleh gempa, beban angin, dan sebagainya.
- c. Awet, untuk jangka waktu yang lama.
- d. Ekonomis. Setiap konstruksi yang dibangun harus seekonomis mungkin dan disesuaikan dengan biaya yang ada tanpa mengurangi mutu dan kekuatan bangunan.
- e. Aman dan nyaman. Setiap bangunan yang dibangun harus memperhatikan aspek-aspek kenyamanan serta orang-orang yang menghuni merasa nyaman dan aman.

Perhitungan perencanaan bangunan atas meliputi :

- a. Perhitungan atap
- b. Perhitungan sambungan
- c. Perhitungan ikatan angin
- d. Perhitungan portal

## 2. Struktur bangunan bawah (*lower structure*)

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

- a. Perhitungan sloof
- b. Perhitungan pondasi

Dari kedua struktur tersebut, harus direncanakan kekuatan terhadap pembebanannya. Adapun jenis pembebanannya antara lain :

- **Beban Mati**

Beban mati adalah berat dari semua bagian suatu gedung/bangunan yang bersifat tetap selama masa layan struktur, termasuk unsur-unsur tambahan, finishing, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung/bangunan tersebut. Beberapa contoh berat dari beberapa komponen bangunan penting yang digunakan untuk menentukan besarnya beban mati suatu gedung/bangunan dapat dilihat pada Tabel 1.1 dan Tabel 1.2 berikut ini :

Tabel 1.1 Berat sendiri bahan bangunan

<b>Bahan bangunan</b>	<b>Berat</b>
Baja	7850 kg/m <sup>3</sup>
Beton	2200 kg/m <sup>3</sup>
Beton bertulang	2400 kg/m <sup>3</sup>
Kayu (kelas I)	1000 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (kering udara)	1600 kg/m <sup>3</sup>

Tabel 1.2 Berat sendiri komponen gedung

<b>Komponen Gedung</b>	<b>Berat</b>
Spesi dari semen, per cm tebal	21 kg/m <sup>2</sup>
Dinding bata merah ½ batu	250 kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap genting	50 kg/m <sup>2</sup>
Penutup lantai ubin semen per cm tebal	24 kg/m <sup>2</sup>

- **Beban Hidup**

Beban hidup adalah beban gravitasi yang bekerja pada struktur dalam masa layannya, dan timbul akibat penggunaan suatu gedung. Termasuk beban ini adalah berat manusia, perabotan yang dapat dipindah-pindah, kendaraan, dan barang-barang lain. Karena besar dan lokasi beban yang senantiasa berubah-ubah, maka penentuan beban hidup secara pasti adalah merupakan suatu hal yang cukup sulit. Beberapa contoh beban hidup menurut kegunaan suatu bangunan ditunjukkan pada Tabel 1.3 sebagai berikut :

Tabel 1.3 Beban hidup pada lantai gedung

<b>Kegunaan Bangunan</b>	<b>Berat</b>
Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana	125 kg/m <sup>2</sup>
Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama, dan rumah sakit	250 kg/m <sup>2</sup>
Lantai ruang olahraga	400 kg/m <sup>2</sup>
Lantai pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, ruang mesin, dan lain-lain	400 kg/m <sup>2</sup>
Lantai gedung parkir bertingkat, untuk lantai bawah	800 kg/m <sup>2</sup>

- **Beban hujan**

Dalam perhitungan beban hujan diasumsikan sebagai beban yang bekerja tegak lurus terhadap bidang atap dan koefisien beban di tetapkan sebesar  $(40-0,8\alpha)$  kg/m<sup>2</sup> dan  $\alpha$  sebagai sudut atap, dengan ketentuan bahwa beban tersebut tidak perlu diambil lebih besar dari 20 kg/m<sup>2</sup> dan tidak perlu ditinjau bila kemiringan atau lebih besar dari 50°.

- **Beban angin**

Beban angin adalah beban yang bekerja pada struktur akibat tekanan-tekanan dari gerakan angin. Beban angin sangat tergantung dari lokasi

dan ketinggian dari struktur. Besarnya tekanan tiup harus diambil minimum sebesar  $25 \text{ kg/m}^2$ , kecuali untuk bangunan-bangunan berikut:

1. Tekanan tiup di tepi laut hingga 5 km dari pantai harus diambil minimum  $40 \text{ kg/m}^2$
2. Untuk bangunan di daerah lain yang kemungkinan tekanan tiupnya lebih dari  $40 \text{ kg/m}^2$ . harus diambil sebesar  $p = V^2/16 \text{ (kg/m}^2\text{)}$ , dengan V adalah kecepatan angin dalam m/s
3. Untuk cerobong, tekanan tiup dalam  $\text{kg/m}^2$  ditentukan dengan rumus  $(42,5+0,6h)$ , dengan h adalah tinggi cerobong seluruhnya dalam meter.

### **2.3 Dasar-dasar Perencanaan**

Pada penyelesaian perhitungan bangunan gedung Perencanaan Gudang PT. Puratos Indonesia Kawasan Jababeka I, Cikarang-Bekasi, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang telah ditetapkan dan berlaku di Indonesia, peraturan-peraturan yang dijadikan pedoman tersebut antara lain:

1. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain (SNI 1727 - 2013).
2. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (SNI 1983).

Peraturan ini digunakan untuk menentukan beban yang diijinkan untuk merancang suatu bangunan. Peraturan ini memuat dan menjelaskan ketentuan mengenai beban-beban yang harus diperhitungkan dalam perencanaan suatu bangunan.

3. Tata cara perhitungan struktur baja untuk bangunan gedung (SNI 03-1729-2002).

Pedoman ini digunakan sebagai acuan bagi perencana dan pelaksanaan dalam melakukan pekerjaan perencanaan dan pelaksanaan struktur baja dengan ketentuan minimum untuk hasil struktur yang aman dan ekonomis.

4. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03 - 2847 - 2002).

Pedoman ini digunakan sebagai acuan bagi perencanaan dan pelaksanaan struktur beton dengan ketentuan minimum untuk hasil struktur yang aman dan ekonomis, pedoman ini memuat persyaratan-persyaratan umum serta ketentuan-ketentuan teknis perencanaan dan pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung.

## 2.4 Dasar-dasar Perhitungan

Struktur adalah suatu kesatuan dan rangkaian dari beberapa elemen yang direncanakan agar mampu menerima beban dari luar maupun berat sendiri tanpa mengalami perubahan bentuk yang melampaui batas persyaratan. Ada 2 struktur bangunan yaitu :

### 1. Struktur Atas (*Upper Structure*)

Struktur bangunan di atas harus sanggup mewujudkan perencanaan dari segi arsitektur dan harus mampu menjamin mutu baik dari segi keamanan ataupun kenyamanan bagi penggunaannya. Untuk itu, bahan yang digunakan sebagai dasar dari konstruksinya hendaknya memenuhi kriteria sebagai berikut :

- Tahan api
- Kuat
- Awet
- Mudah dapat dibentuk
- Ekonomis

Bagian struktur atas meliputi :

- Atap
- Portal

### 2. Struktur Bawah (*Sub Structure*)

Merupakan sistem pendukung bangunan yang akan menerima beban struktur atas yang akan diteruskan ketanah dibawahnya.

Bagian struktur bawah meliputi :

- Sloof
- Pondasi

### 2.4.1 Perencanaan Atap

#### 1. Gording

Gording adalah balok atap sebagai pengikat yang menghubungkan antar portal. Dalam perencanaan struktur bangunan gudang ini khususnya pada perencanaan gording. Struktur gording direncanakan kekuatannya berdasarkan pembebanan dari beban-beban.

Berikut adalah beban yang bekerja pada gording yaitu :

- a. Beban mati (qd)
  - Berat atap
  - Berat sendiri gording
- b. Beban hidup (ql)
  - Beban pekerja
  - Beban Air Hujan

#### 2. Kombinasi pembebanan

Menurut SNI 03-1729-2002 halaman 13, struktur baja harus mampu memikul kombinasi pembebanan yang terdiri dari :

$$- U = 1,4D \dots\dots\dots (2.1)$$

$$- U = 1,2D + 1,6L \dots\dots\dots (2.2)$$

$$- U = 1,2D + 1,6L + 0,8W \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

D adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai atap, plafon, partisi tetap, tangga dan peralatan tetap.

L adalah beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk beban kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti beban angin, hujan, dan lain-lain.

W adalah beban angin.

#### 3. Kontrol Kekompakan Penampang

Menurut SNI 03-1729-2002, Menentukan kompak atau tidak kompak suatu penampang menggunakan persamaan berikut ini:

- a. Penampang kompak



Untuk penampang yang memenuhi  $\lambda \leq \lambda_p$ , kuat lentur nominal penampang adalah :

$$M_n = M_p \dots\dots\dots (2.4)$$

b. Penampang tak Kompak

Untuk penampang yang memenuhi  $\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r$ , kuat lentur nominal penampang ditentukan sebagai berikut :

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$M_r = S (F_y - F_r) \quad (f_r = 70 \text{ Mpa})$$

#### 4. Kontrol Kekuatan

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \leq 1 \dots\dots\dots (2.6)$$

(Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002)

#### 5. Kontrol Kekakuan

$$\Delta = \frac{1}{48} \left( \frac{P.L^3}{E.I} \right) \quad (\text{Untuk Beban Terpusat}) \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\Delta = \frac{5.q.l^4}{384.E.I} \quad (\text{Untuk Beban Merata}) \dots\dots\dots (2.8)$$

Untuk beban merata apabila menggunakan berjumlah 1 buah maka panjangnya dibagi untuk gaya yang sejajar dengan kemiringan atap

$$\Delta = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \leq e/240$$

### 2.4.2 Perencanaan Trekstang

Cara perhitungan trekstang ini diambil dari kombinasi pembebanan gording dan menggunakan beban terfaktor. Perhitungan trekstang ini digunakan apabila waktu pengontrolan kekakuan didapatkan  $\Delta \leq \frac{L}{240}$ .

V yang diambil adalah yang terbesar untuk menentukan luas dan diameter trekstang tersebut.

$$V = F_y \cdot A_{Trekstang} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$V = f_y \cdot \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$d_{Trekstang} = \sqrt{\frac{4 \cdot v}{f_y \cdot \pi}} \dots\dots\dots (2.10)$$

### 2.4.3 Perencanaan Portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan yang berfungsi menahan beban sebagai suatu kesatuan lengkap yang terdiri dari beban sendiri, perataan beban gording, beban hidup, beban mati. Perhitungan portal untuk konstruksi ini menggunakan metode aplikasi “SAP 2000 V14.0.0.”

Berikut langkah-langkah perhitungan :

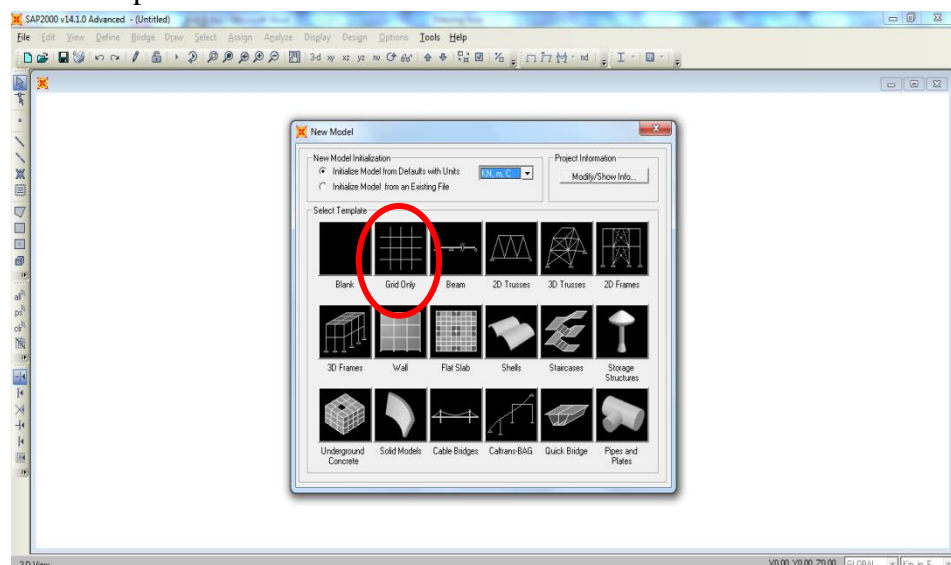
a. Perhitungan Pembebanan

- Beban Sendiri
- Beban Hidup
- Beban Angin

b. Perhitungan dengan menggunakan aplikasi SAP

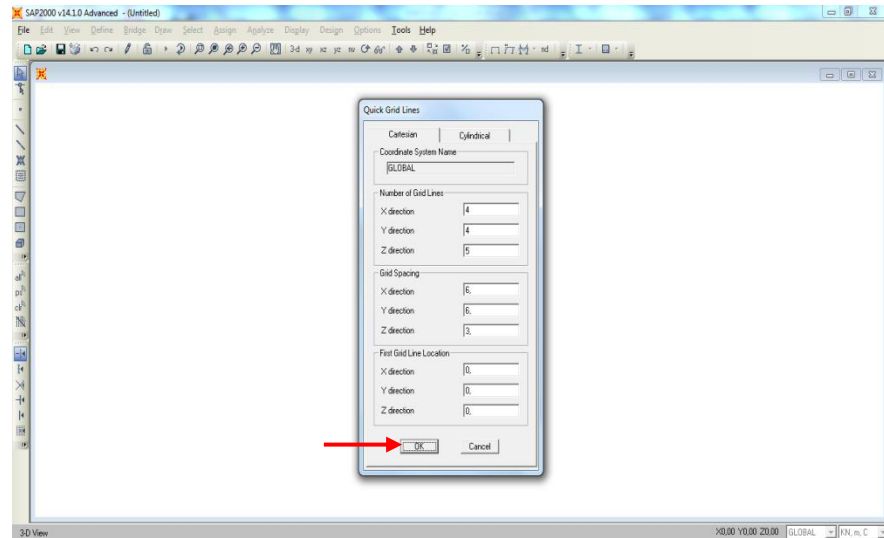
Berikut adalah langkah-langkahnya :

1. Buka aplikasi SAP 2000 V14.0.0.
2. Tentukan satuan (KN,m,C)
3. Pilih *mode file* → *new model* → *grid only*. Selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut :



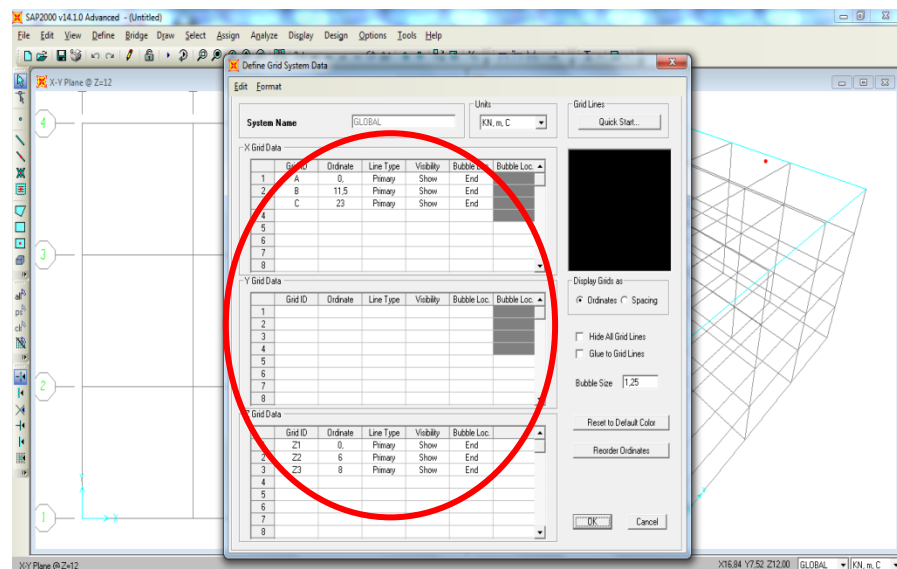
Gambar 2.1 Tampilan awal yang ada pada SAP 2000 V14.0.0.

Setelah mengklik *grid only* maka akan muncul *quick grid only*, klik *ok* seperti pada Gambar 2.2 di bawah ini :



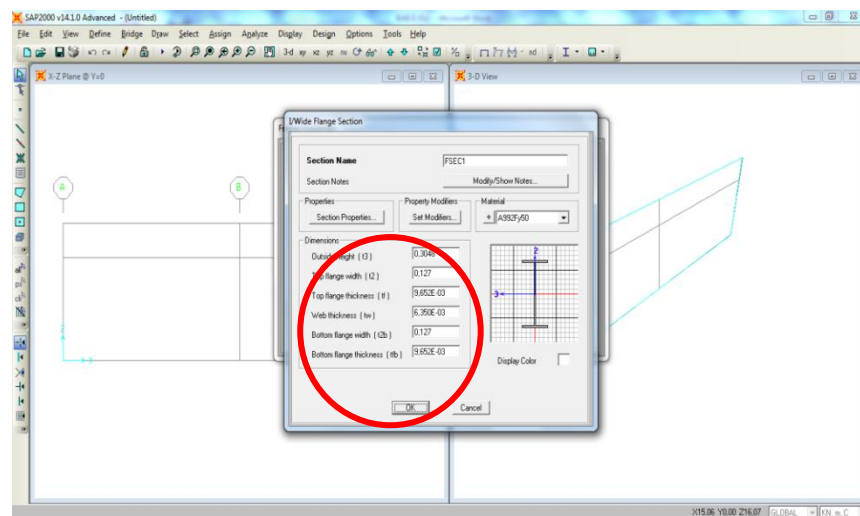
Gambar 2.2 Tampilan *quick grid only* pada SAP 2000 V14.0.0.

4. Lalu klik kanan pada mouse untuk menampilkan *form input edit grid*. Pada layar, tampilan akan ada beberapa pilihan, klik *modify/show sistem*. Masukkan data-data portal yang berupa panjang bentang dan tinggi portal setelah memilih *mode grid* pada menu *New* yang ditunjukkan pada Gambar 2.3 berikut :



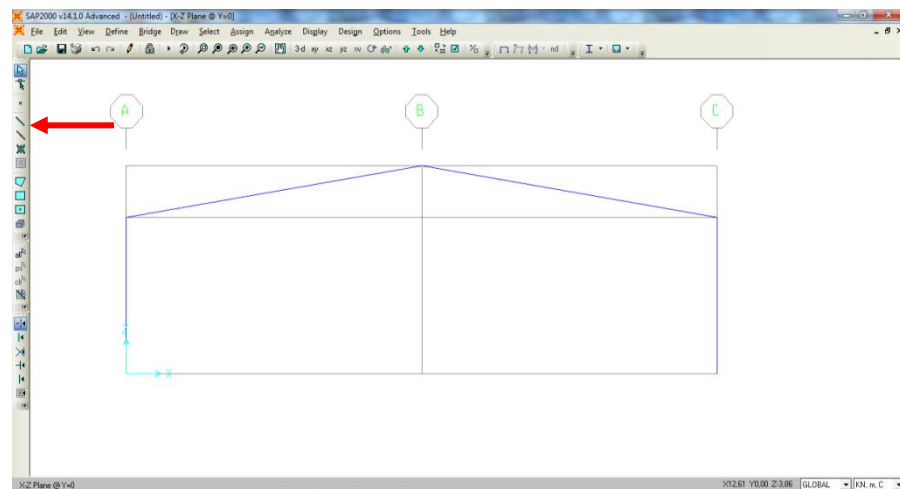
Gambar 2.3 Tampilan *Mode Edit Grid* pada SAP 2000 V14.0.0.

5. Lalu akan tampil Grid data-data portal yang telah di input kemudian pilih material yang digunakan dalam konstruksi portal dengan menggunakan *mode Define* → *Material* untuk memilih material baja pilih *steel*. Berikutnya pilih *Define* → *Frame Section*, kemudian masukan data-data profil baja yang digunakan dalam konstruksi portal seperti yang terlihat pada Gambar 2.4 berikut :



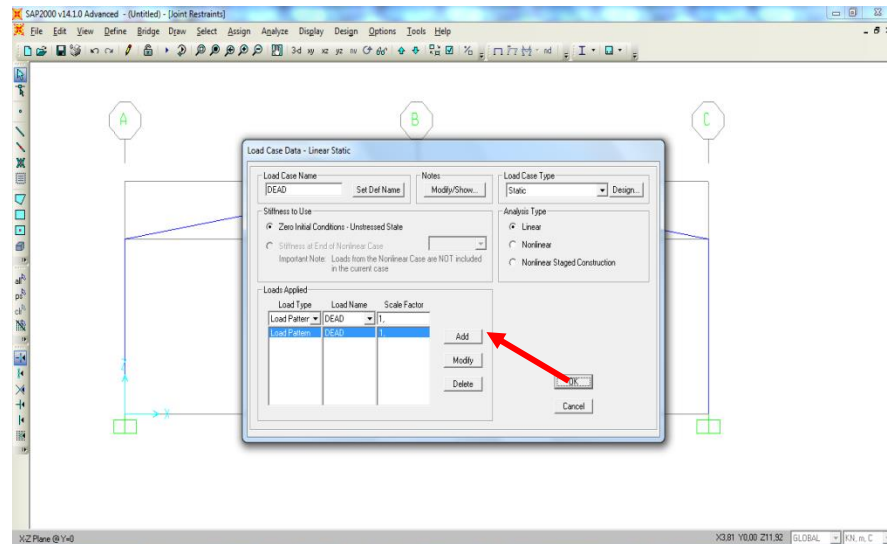
Gambar 2.4 Tampilan *Mode Frame Section* pada SAP 2000 V14.0.0.

6. Kemudian gambar portal sesuai dengan panjang bentang dan tinggi portal dengan metode *draw frame* mengikuti titik koordinat yang ada pada *grid*. Lalu pilih jenis tumpuan yang sesuai dengan portal. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.5 dibawah ini :



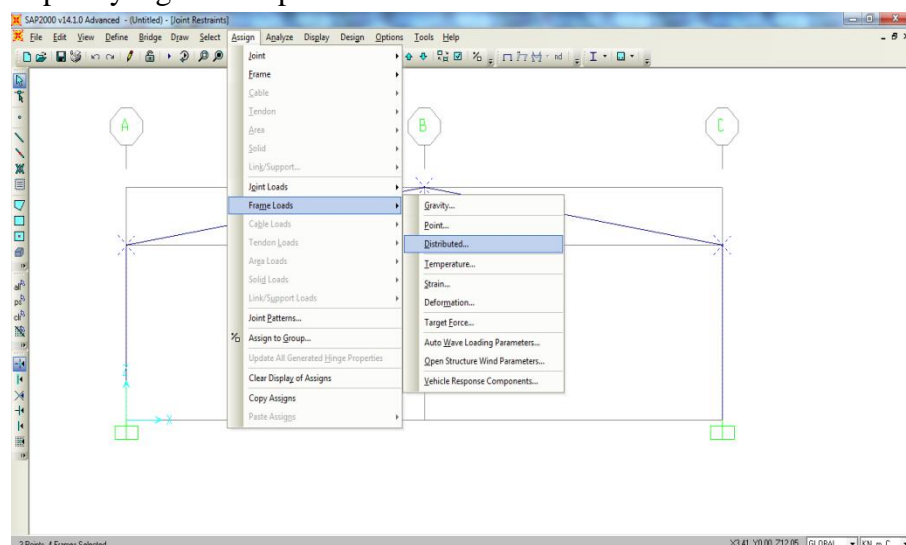
Gambar 2.5 Tampilan Portal *Single Beam* pada SAP 2000 V14.0.0.

7. Langkah selanjutnya adalah pembebanan, namun sebelumnya kita buat dahulu nama beban yang akan kita perhitungkan, dengan cara pilih menu *Define* → *Load Cases* buat nama yang kita inginkan dikolom *load name* → klik *add new load* → *OK*. Kotak dialog *Load Cases* ditunjukkan pada Gambar 2.6 berikut :



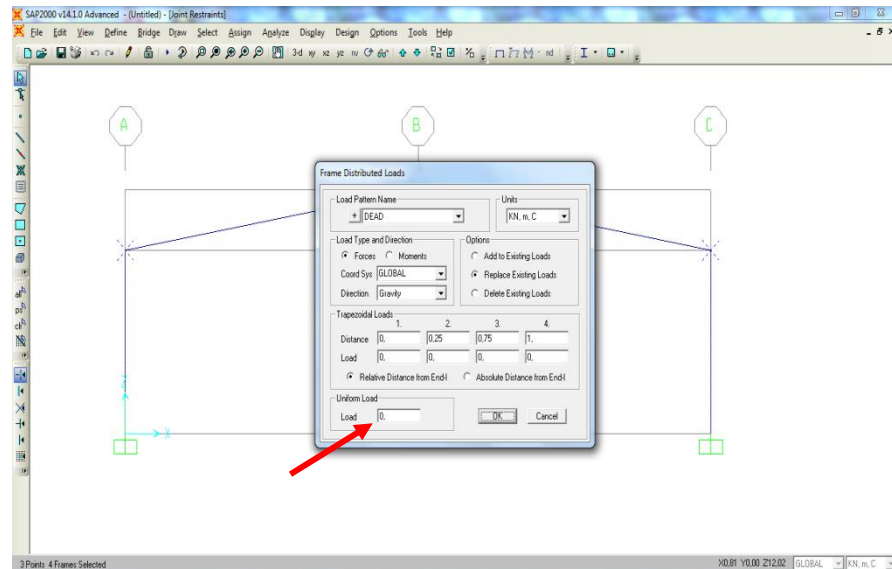
Gambar 2.6 Tampilan *Mode Load Cases* pada SAP 2000 V14.0.0.

8. Kemudian untuk memasukan beban, pilih batang yang akan dibebani lalu pilih *mode Assign* → *frame/Cable/Tendon Load*, pilih *Distributed* untuk memasukan beban terbagi rata dan *Point* untuk beban terpusat. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.7 berikut :



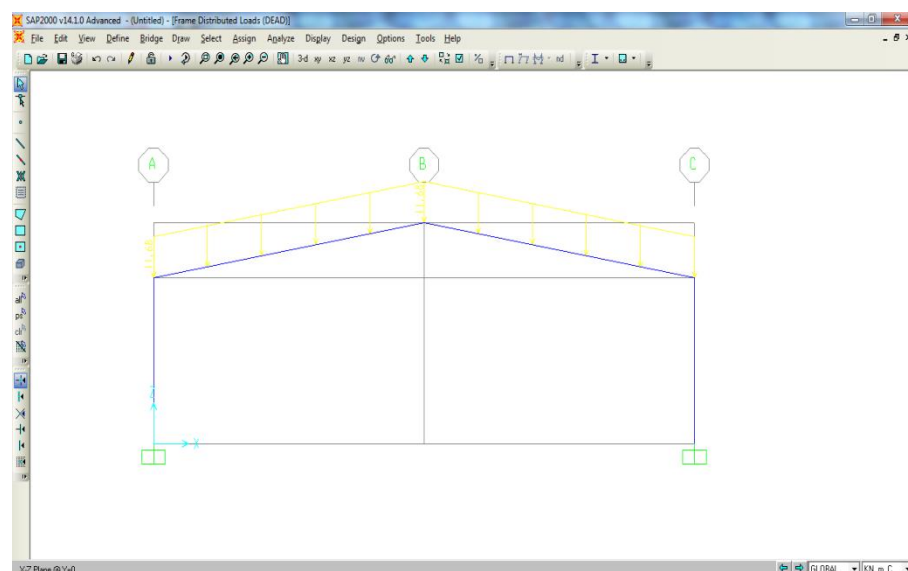
Gambar 2.7. Tampilan *Mode Assign* pada SAP V14.0.0.

9. Langkah selanjutnya adalah memasukan beban yang direncanakan ke dalam *Frame Distributed Load Box* pada Gambar 2.8 berikut :



Gambar 2.8 Tampilan *Frame Distributed Load* pada SAP 2000 V14.0.0.

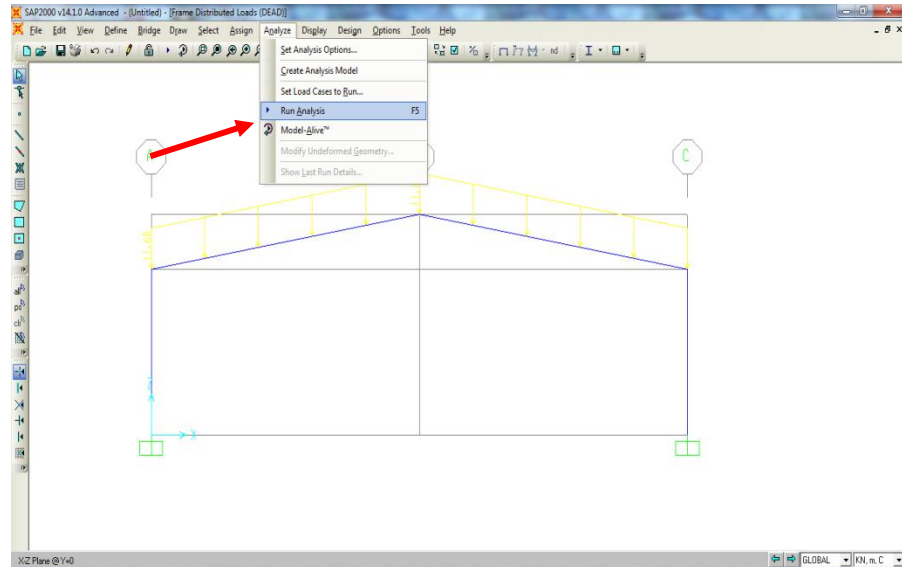
10. Setelah beban dimasukkan yang telah direncanakan sebelumnya maka portal akan muncul dengan tampilan pembebanannya seperti pada Gambar 2.9 berikut :



Gambar 2.9 Tampilan Pembebanan pada SAP V14.0.0

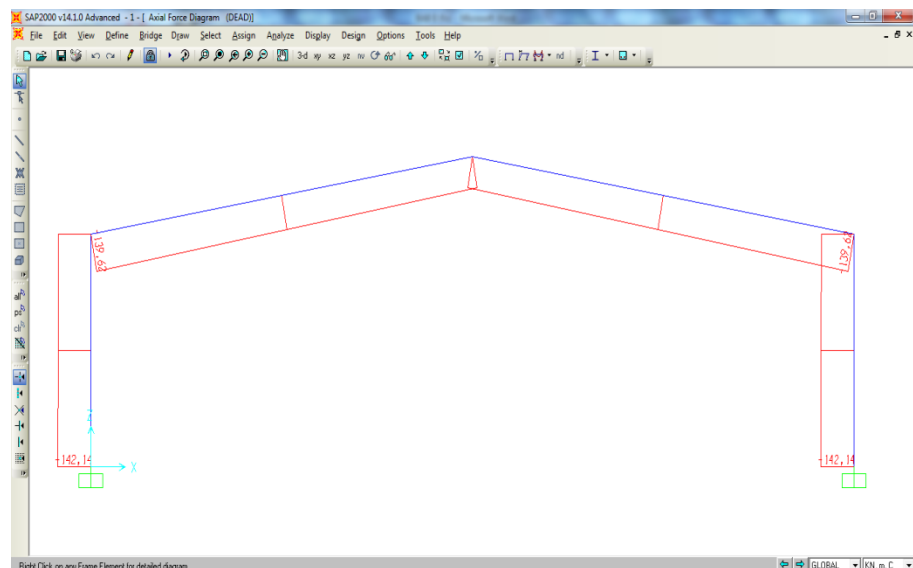
11. Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis terhadap pembebanan yang telah direncanakan terhadap portal dengan

menggunakan *Mode Run Analysis* yang ada pada menu *Analyze* yang ditunjukkan pada Gambar 2.10 berikut :



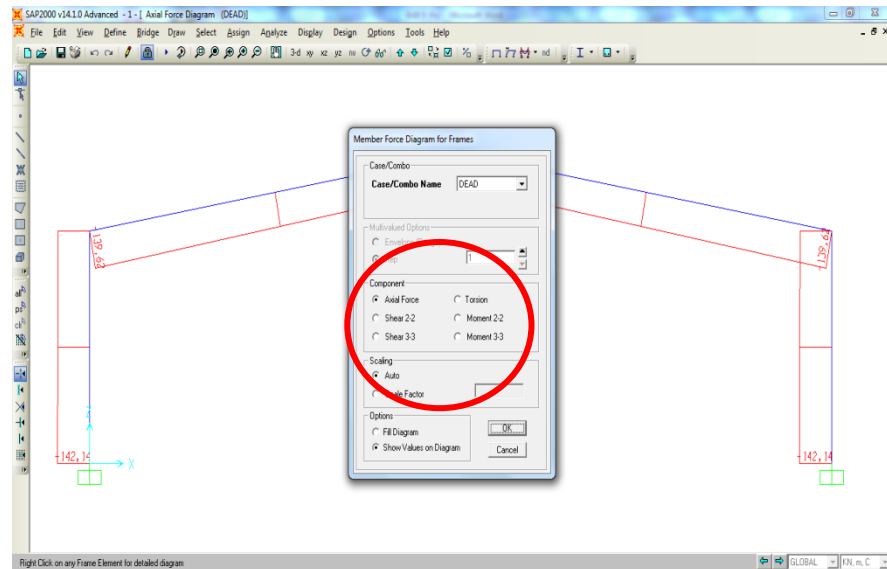
Gambar 2.10 Tampilan *Mode Run Analyze* pada SAP 2000 V14.0.0.

12. Lalu, setelah proses analisa dilakukan saat mengoperasikan *Mode Run Analysis* maka akan muncul tampilan goyangan portal dan tampilan portal beserta momen-momen yang timbul akibat adanya pembebanan seperti pada Gambar 2.11 berikut :



Gambar 2.11 salah satu tampilan hasil analisa SAP 2000 V14.0.0.

13. Untuk melihat hasil analisa SAP Lainnya pilih *Mode Display* → *Show Forces/Stresses* → *Frame/Cable*. Lalu pilih diagram momen yang akan ditampilkan pada Gambar 2.12 berikut :



Gambar 2.12 Tampilan Mode Display pada SAP 200 V14.0.0.

c. Kontrol Dimensi

Setelah mengetahui besarnya gaya maka kita dapat menentukan dimensi dari pada profil pada kolom dan balok terhadap batang tarik dan batang tekan. Untuk menghitung kontrol tegangan pada kolom dan balok digunakan :

• Aksi Kolom

$K = 0,65$  (Jepit-jepit)

$$\lambda = \frac{lk}{r_y} < 200 \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \frac{lk}{r_y} \sqrt{\frac{fy}{E}} \dots\dots\dots (2.12)$$

Untuk  $\lambda_c \leq 0,25$  maka  $\omega = 1 \dots\dots\dots (2.13)$

Untuk  $0,25 < \lambda_c < 1,2$  maka  $\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} \dots\dots\dots (2.14)$

Untuk  $\lambda_c \geq 1,2$  maka  $\omega = 1,25 \cdot \lambda_c^2 \dots\dots\dots (2.15)$

(SNI 03-1729-2002 hal 27)

$$N_n = A_g \cdot \left(\frac{fy}{\omega}\right) \dots\dots\dots (2.16)$$



$$\frac{Nu}{\phi.Nu} \leq 0,2 \dots\dots\dots (2.17)$$

- Aksi Balok

$$\lambda = \frac{bf}{2.tf} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$\frac{Nu}{\phi.Nu} = \frac{Nu}{\phi.fy.Ag} \leq 0,125 \dots\dots\dots (2.19)$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} \left(1 - \frac{2,75.Nu}{\phi b.Ny}\right) \dots\dots\dots (2.20)$$

$$\lambda = \frac{h}{tw} \text{ (Untuk menentukan penampang kompak / tidak kompak) } \dots\dots\dots (2.21)$$

(SNI 03-1729-2002 hal 31)

$$L_p = 1,76 \cdot r \cdot y \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$L_r = \frac{ry.X1}{(fy-fr)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X2(fy - fr)^2}} \dots\dots\dots (2.23)$$

$$X1 = \frac{\pi}{sx} \sqrt{\frac{EGJA}{2}} = \frac{\pi}{2.A (rx)^2 / d} \sqrt{\frac{E \left(\frac{E}{2,6}\right) \cdot (0,28.A(tf)^2.A}{2}} \dots\dots\dots (2.24)$$

$$X2 = 4 \frac{ix}{iy} \cdot \left(\frac{Sx}{Gj}\right)^2 \dots\dots\dots (2.25)$$

$$L \geq Lr \dots\dots\dots (2.26)$$

$$Mn = Mcr \leq Mp \dots\dots\dots (2.27)$$

$$Mp = Zx.fy \dots\dots\dots (2.28)$$

$$Mcr = \frac{Cb.Sx.X1 \sqrt{2}}{\left(\frac{l}{rx}\right)} \sqrt{1 + \frac{x1^2.X2}{2 \cdot \left(\frac{l}{rx}\right)^2}} \dots\dots\dots (2.29)$$

(Perencanaan Struktur Baja dengan metode LRFD edisi kedua, hal 253)

- Perbesaran Momen

$$\frac{Kl}{rx} \dots\dots\dots (2.30)$$

$$Cm = 0,6 - 0,4(M1/M2) \dots\dots\dots (2.31)$$

$$N_{el} = \frac{\pi^2.E.Ag}{\left(\frac{kl}{r}\right)^2} \dots\dots\dots (2.32)$$

$$\delta_b = \frac{Cm}{1 - \left(\frac{Nu}{N_{el}}\right)} \dots\dots\dots (2.33)$$

$$Mux = \delta_b \cdot Mn \dots\dots\dots (2.34)$$

$$\frac{Nu}{2\phi Nn} + \frac{Mux}{\phi Mnx} \leq 1$$

(Perencanaan Struktur Baja dengan metode LRFD edisi kedua, hal 253)

Keterangan :

$\phi$  = Faktor Reduksi

$Nn$  = Kekakuan nominal

$\omega$  = Koefisien tekuk pada bidang gambar dihitung berdasarkan panjang skematisnya

$Fy$  = Tegangan Leleh

$Ag$  = Luas penampang kotor

Apabila profil telah memenuhi ketentuan maka kita lanjutkan dengan menghitung. Hubungan ikatan angin dan sambungan pada single beam tersebut.

#### 2.4.4 Hubungan Ikatan Angin

Pada hubungan gording dengan ikatan angin dianggap ada gaya  $P'$  yang arahnya sejajar dengan sumbu gording, yang besarnya :

$$P' = 0,01 \times P_{portal} + 0,005 \times n \times q \times l_k \times l_g \dots\dots\dots (2.35)$$

(Perencanaan Bangunan Baja untuk Gedung 1987. Hal 65)

Keterangan :

$P'$  = Gaya pada gording ikatan angin

$P_{portal}$  = Gaya tepi dimana gording itu berada

$n$  = Jumlah Trave antara 2 bentang ikatan angin

$q$  = Beban vertikal terbagi rata

$l_k$  = Jarak kuda-kuda

$l_g$  = Jarak gording

– Bentang Ikatan Angin

1. Ikatan angin dinding harus diperhitungkan selain terhadap beban vertikal dari atap, juga terhadap gaya horizontal yang besar

$$Q' = 0,0025 \times Q \dots\dots\dots (2.36)$$

2. Pada bentang yang ikatan anginnya harus memenuhi syarat

$$\frac{h}{L} \geq \sqrt{\frac{0,25 \cdot Q}{E \cdot A}} \dots\dots\dots (2.37)$$

Dimana :

h = Jarak kuda-kuda pada bentang ikatan angin

L = Panjang tepi atas kuda-kuda

Q = n.q.l.dk

A = Luas Penampang profil

#### 2.4.5 Perencanaan Sambungan

Penggunaan baja pada proyek ini adalah IWF 300.150.8.12 untuk kolom dan balok. Dalam pelaksanaan proyek ini menggunakan 2 macam sambungan yaitu dengan menggunakan metode sambungan baut dan sambungan las. Pemilihan cara tersebut dikarenakan logam baja mudah untuk pelaksanaan, teguh dan liat terhadap struktur yang berbutir halus yang dapat memikul beban baik dalam keadaan angin maupun panas. Tebal pelat dicoba sesuai dengan diameter baut yang akan digunakan. Pelat ini digunakan sebagai pelat pembantu menjadi satu kesatuan dengan baut dan las.

1. Sambungan Baut

Langkah-langkah perhitungan :

Jarak minimum :

$$S1 > 1,75 \text{ mm} \dots\dots\dots (2.38)$$

$$S > 3d \dots\dots\dots (2.39)$$

Jarak maksimum :

$$S1 < 150 \text{ mm} \dots\dots\dots (2.40)$$

$$S1 < (4tp + 100\text{mm}) \dots\dots\dots (2.41)$$

$$S < 200 \text{ mm} \dots\dots\dots (2.42)$$

(SNI 03-1729-2002, hal 104)

Dipakai Baja Bj

$$Fy = 240 \text{ Mpa} \dots\dots\dots (2.43)$$

$$Fu = 370 \text{ Mpa} \dots\dots\dots (2.44)$$

## a. Kuat geser baut

$$R_n = 0,5 \cdot f_u \cdot A_b \text{ (untuk baut tanpa ulir pada bidang geser) } \dots \quad (2.45)$$

$$R_n = 0,4 \cdot f_u \cdot A_b \text{ (untuk baut dengan ulir pada bidang geser)..} \quad (2.46)$$

## b. Kuat tarik baut

$$R_n = 0,75 \cdot f_u \cdot A_b (R_{nv}) \dots \dots \dots \quad (2.47)$$

## c. Gaya lintang dipikul oleh baut

$$V_i = V/n (R_{uv}) \dots \dots \dots \quad (2.48)$$

## d. Momen di distribusikan

Sesuai pengisian baut

$$R_x = \frac{M \cdot y}{\sum x^2 + \sum y^2} \dots \dots \dots \quad (2.49)$$

$$R_y = \frac{M \cdot x}{\sum x^2 + \sum y^2} \dots \dots \dots \quad (2.50)$$

$$\left(\frac{R_{uv}}{\phi_v \cdot R_{nv}}\right)^2 + \left(\frac{R_{vt}}{\phi_t \cdot R_{nt}}\right)^2 \leq 1 \rightarrow \phi_v = \phi_t = 0,75 \dots \dots \dots \quad (2.51)$$

$\phi$  = Faktor reduksi (0,75)

$R_{nv}$  = Kuat geser nominal baut

$R_{nt}$  = Kuat tarik nominal baut

$R_{uv}$  = Gaya gesek terfaktor terencana

$R_{ut}$  = Gaya tarik terfaktor terencana

(Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD edisi kedua, Hal 109)

## 2. Sambungan dengan las

Langkah-langkah perhitungan

$$\phi R_n = \sqrt{R_{nv}^2} + \sqrt{R_{nt}^2} \dots \dots \dots \quad (2.52)$$

Dengan menggunakan elektroda

$$\phi R_{nw} = \phi_t (0,6 \cdot F_{EX}) \dots \dots \dots \quad (2.53)$$

a yang dibutuhkan

$$a = \frac{\phi R_n}{\phi R_{nw}} \dots \dots \dots \quad (2.54)$$

(Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD. Hal 152)

### 2.4.6 Perencanaan Sloof

Sloof adalah suatu konstruksi yang menerima beban dari dinding dan meneruskan beban tersebut ke pondasi yang melalui kolom yang berfungsi sebagai pengaku struktur.

1. Langkah-langkah perencanaan sloof pada Laporan Akhir ini yaitu :
  - a. Menentukan dimensi sloof, tulangan pakai, sengkang, penutup beton, mutu baja dan beton yang digunakan.
  - b. Menentukan beban-beban pada sloof
    - 1) Berat sendiri sloof
    - 2) Berat dinding
    - 3) Berat plesteran

Kemudian semua beban dikalikan dengan faktor beban

$$W_u = 1,4 \text{ qd (SNI 03-1729-2002. Hal 13)} \dots\dots\dots (2.55)$$

- c. Menghitung nilai momen pada tumpuan dan lapangan
- d. Nilai  $K$  dan  $p$  didapat

$$k = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \rightarrow \text{syarat : } p_{min} < p_{diperoleh} < p_{maks} \dots\dots\dots (2.56)$$

- e. Menghitung luas tulangan, sehingga diperoleh jumlah diameter tulangan.

$$AS_{min} = \frac{f_c'}{4f_y} b d \dots\dots\dots (2.57)$$

$$AS_{min} = \frac{1,4}{f_y} b d \dots\dots\dots (2.58)$$

Dari kedua rumus perhitungan  $AS_{min}$  diatas diambil nilai terbesar.

$$AS_{perlu} = p \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.59)$$

$$AS_{max} = 0,75 \frac{0,85 f_c}{f_y} \left( \beta_1 \frac{600}{600 + f_y} \right) b \cdot d \quad \beta_1 = 0,80 \dots\dots\dots (2.60)$$

$$AS_{min} < AS_{perlu} < AS_{max} \dots\dots\dots (2.61)$$

- f. Cek tulangan terhadap geser
- g. Menentukan jarak dan diameter tulangan setiap titik.
2. Langkah-langkah perhitungan tulangan geser rencana :
  - a. Menentukan  $V_u$  rencana
  - b. Menentukan  $V_c$  dengan cara

$$v_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c' \cdot bw \cdot d} \dots\dots\dots (2.62)$$

c. Cek apakah sloof memerlukan tulangan geser

$$V_u > \phi V_c \dots\dots\dots (2.63)$$

Jika  $V_u > \phi V_c$ , maka memerlukan tulangan geser

Sedangkan jika  $V_u < \phi V_c$  tidak memerlukan tulangan geser.

(Pedoman Perencanaan Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo, hal 113)

$$-V_u < \phi V_n$$

$$-V_n = V_c + V_s$$

$$-V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$$

$$S_{perlu} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \dots\dots\dots (2.64)$$

Keterangan :

$V_c$  = Kuat nominal yang disumbangkan beton

$V_u$  = Kuat geser terfaktor pada penmpang

$V_n$  = Kuat geser nominal

$V_s$  = Kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

$A_v$  = Luas tulangan geser pada daerah sejarak s

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

$f_y$  = mutu baja

#### 2.4.7 Perencanaan Pondasi

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menempatkan bangunan dan menerima penyaluran beban dari struktur atas ke tanah dasar pondasi yang cukup kuat menahannya tanpa terjadinya diperensialo settlement pada sistem strukturnya. Untuk memilih tipe pondasi perlu diperhatikan apakah pondasi itu cocok untuk berbagai keadaan lapangan dan apakah pondasi itu cocock untuk berbagai keadaan dilapangan dan apakah pondasi tersebut memungkinkan untuk diselesaikan sesuai dengan perencanaan sebelumnya. Dalam pemilihan pondasi, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan jenis pondasi, diantaranya :

1. Kondisi atau keadaan tanah
2. Batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya (*upper structure*)
3. Keadaan wilayah sekitar lokasi pekerjaan
4. Waktu dan biaya pekerjaan

Berdasarkan data yang terlampir, pondasi yang dirancang adalah pondasi tiang pancang. Analisa perhitungan tiang pancang menggunakan data sondir. Dari data sondir diketahui nilai konus (NK dan P) dari jumlah hambatan pelekat (JHP atau F) sudah tercapai dasar yang sesuai dengan kedalaman tanah.

Langkah-langkah perencanaan pondasi pada Laporan Akhir ini sebagai berikut :

1. Menentukan daya dukung ijin tanah melalui perhitungan dengan berdasarkan data-data yang ada.

Berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang :

$$Q_{tiang} = 0,3 \times f_{c'} \times A_{tiang} \dots\dots\dots (2.65)$$

Berdasarkan kekuatan tanah :

$$Q_{ijin} = \frac{NK \times Ab}{F_b} + \frac{JHP \times O}{F_s} \dots\dots\dots (2.66)$$

Keterangan :

NK = Nilai konus

JHP = Jumlah hambatan pelekat

Ab = Luas tiang

O = Keliling tiang

Fb = Faktor keamanan daya dukung ujung = 3

Fs = faktor keamanan daya dukung gesek = 5

2. Menentukan jumlah tiang pancang

$$n = \frac{P_{portal}}{Q} \dots\dots\dots (2.67)$$

3. Menentukan jarak antar tiang

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

$$S = 2,5d-3d \dots\dots\dots (2.68)$$

Keterangan :

d = ukuran pile (tiang)

S = jarak antar tiang

#### 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 (Eq) dapat di tentukan dengan rumus berikut ini

$$Eq = 1 - \frac{\theta}{90} \left\{ \frac{(m-1)n+(n-1)m}{mn} \right\} \rightarrow \text{arc. tan} \frac{d}{s} \dots\dots\dots (2.69)$$

Keterangan :

d = ukuran pile ( tiang)

S = jarak antar tiang

#### 5. Menentukan kemampuan tiang pancang terhadap sumbu X dan Y

$$P = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{max}}{n_y \cdot \sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{max}}{n_x \cdot \sum Y^2} \dots\dots\dots (2.70)$$

Keterangan :

P = Beban yang diterima oleh tiang pancang

$\sum$  = Jumlah total beban

Mx = Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu X

My = Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu Y

N = Banyak tiang pancang dalam kelompok tiang (pilegroup)

Xmax = Absis terjatuh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang pancang

Ymax = Ordinat terjatuh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang pancang

Ny = Banyak tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu Y

Nx = Banyak tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu X

$\sum X^2$  = Jumlah kuadrat absis-absis tiang pancang

$\sum Y^2$  = Jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang pancang



Kontrol kemampuan tiang pancang

$$\dot{P}ijin = \frac{p}{n} \dots\dots\dots (2.71)$$

$$\dot{P}ijin < p \dots\dots\dots (2.72)$$

## 6. Penulangan Tiang Pancang

Penulangan tiang pancang dihitung berdasarkan kebutuhan pada waktu pengangkutan.

### a. Tulangan pokok tiang pancang

$$K = \frac{Mmax}{\phi b d^2} \dots\dots\dots (2.73)$$

Dari tabel A-10 (Istimawan) didapat k dan p

$$As = p.b.d. \dots\dots\dots (2.74)$$

keterangan :

b = ukuran tiang

d = tinggi efektif

Menentukan jumlah tulangan

$$n = \frac{As}{1/4\pi d^2} \dots\dots\dots (2.75)$$

keterangan :

as = luas tulangan

d = diamtere tulangan

### b. Tulangan geser tiang pancang

Vu rencana didapat dari pola pengangkutan sebagai berikut

$$\phi vc = \frac{1}{6} \sqrt{f'c'} bw. d \dots\dots\dots (2.76)$$

$Vu < \phi vc \rightarrow$  diperlukan tulangan geser

$$Av = \frac{\pi d^2}{2} \dots\dots\dots (2.77)$$

$$S = \frac{3.Av.fy}{b} \dots\dots\dots (2.78)$$

$$S = \frac{\phi Av.fy.d}{Vu - \phi Vc} \dots\dots\dots (2.79)$$

$$\text{Syarat sengkang} \rightarrow S_{maks} = 1/2 \text{ defektif} \dots\dots\dots (2.80)$$

## 7. Perhitungan Pile Cap

Pile cap merupakan bagian yang mengikat dan mengunci posisi tiang pancang. Langkah-langkah perencanaan pile cap :

- a. Menentukan beban yang bekerja

$$P_u = 1,2W_d + 1,6W_l \dots\dots\dots (2.81)$$

- b. Menentukan panjang pilecap

$$L_w = (k+1) \times D + 300 \dots\dots\dots (2.82)$$

Menentukan lebar pile cap

$$B_w = D + 300 \dots\dots\dots (2.83)$$

Keterangan :

$L_w$  = panjang pile cap (mm)

$D$  = Ukuran pile/tiang (mm)

$K$  = variable jarak pile cap

- c. Perhitungan luas tulangan

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d} \dots\dots\dots (2.84)$$

Di dapat nilai  $p$  dari tabel Istimawan Dipohusodo, apabila didapat nilai  $K_{min}$ , maka menggunakan  $p_{min}$

$$- p_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots (2.85)$$

$$- A_s = p \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.86)$$

$$- n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2} \dots\dots\dots (2.87)$$

- d. Perhitungan tulangan pasak

Kekuatan tekanan rencana kolom :

$$\phi P_n = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A_g \dots\dots\dots (2.88)$$

Beban berfaktor pada kolom :  $n \cdot p_u$

$$\phi P_n > P_u \dots\dots\dots (2.89)$$

Ini berarti beban pada kolom dapat dipindahkan dengan dukungan saja. Tetapi disyaratkan untuk menggunakan tulangan pasak minimum terbesar

$$- A_{s_{min}} = 0,005 \cdot A_g \text{ (Luas kolom pondasi)} \dots\dots\dots (2.90)$$

$$- n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2} \dots\dots\dots (2.91)$$

## 2.5 Pengelolaan Proyek

Pengelolaan proyek atau biasa juga disebut manajemen proyek dalam suatu proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya, tepat mutu. Dalam pengelolaan proyek ada beberapa komponen agar pengelolaan suatu proyek konstruksi tersebut berjalan dengan sesuai perencanaan. Adapun komponen-komponen tersebut terdiri dari :

### 1. Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS)

Rencana kerja dan syarat-syarat adalah segala ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh para kontraktor pada saat akan mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukannya nantinya.

### 2. Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume juga disebut sebagai kubikasi pekerjaan. Volume (kubikasi) yang dimaksud dalam pengertian ini bukanlah merupakan volume (isi sesungguhnya), melainkan jumlah volume bagaian pekerjaan dalam satu kesatuan. Volume pekerjaan tersebut dihitung berdasarkan pada gambar bestek dari bangunan yang akan dibuat. Semua bagian/elemen konstruksi yang ada pada gambar bestek harus dihitung secara lengkap dan teliti untuk mendapatkan perhitungan volume pekerjaan secara akurat dan lengkap.

### 3. Analisa Harga Satuan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah suatu cara perhitungan harga satuan pekerjaan konstruksi yang dijabarkan dalam perkalian kebutuhan bahan bangunan, upah kerja, dan peralatan dengan harga bahan

bangunan, standar pengupahan pekerjaan dan harga sewa / beli peralatan untuk menyelesaikan persatuan pekerjaan konstruksi.

Analisa harga satuan pekerjaan ini dipengerahui oleh angka koefisien yang menunjukkan nilai satuan bahan/material, nilai satuan alat, dan nilai satuan upah tenaga kerja ataupun satuan pekerjaan yang dapat digunakan sebagai acuan/panduan untuk merencanakan atau mengendalikan biaya suatu pekerjaan. Untuk harga bahan material didapat dipasaran, yang kemudian dikumpulkan didalam suatu daftar yang dinamakan harga satuan bahan/material, sedangkan upah tenaga kerja didapatkan dilokasi setempat yang kemudian dikumpulkan dan didata dalam suatu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah tenaga kerja. Harga satuan yang didalam perhitungannya haruslah disesuaikan dengan kondisi lapangan, kondisi alat/efisiensi, metode pelaksanaan dan jarak angkut.

#### 4. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya suatu bangunan atau proyek adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek. Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung secara teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda pada masing-masing daerah disebabkan karena perbedaan harga bahan upah tenaga kerja. Tujuan dari pembuatan RAB itu sendiri adalah untuk memberikan gambaran yang pasti tentang besarnya biaya.

#### 5. *Net Work Planning* (NWP)

Dalam menyelesaikan pekerjaan konstruksi dibutuhkan suatu perencanaan waktu yang akan diperlukan untuk menyelesaikan tiap pekerjaan yang akan dilaksanakan. *Net Work Planning* adalah sebuah cara atau teknik yang sangat membantu dalam sebuah perencanaan,

penjadwalan dan pengawasan sebuah pekerjaan proyek yang terdiri dari beberapa pekerjaan yang saling berhubungan dan berurutan.

6. *Bar Charts* dan Kurva S

*Bar Charts* adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal. Kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang. Sedangkan 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.