

MATERI KULIAH *APLIKASI KOMPUTER*

Aplikasi
Rekayasa
Konstruksi
dengan **SAP2000**
Edisi Baru



Fakultas Teknik Sipil
Universitas Jayabaya
Jakarta 2015

ACADEMIC PROGRAM

FUNDAMENTAL OF STRUCTURAL ANALYSIS USING SAP2000 & ETABS

ENGINEERING APPLICATION SERIES

DESCRIPTION

Bidang teknik sipil merupakan salah satu bidang *engineering* yang sangat berkembang. Permintaan akan pembangunan berbagai infrastruktur yang tak kunjung habis merupakan salah satu penyebabnya. Namun, perancangan infrastruktur bukanlah hal yang mudah dan sederhana untuk dilakukan apalagi tanpa bantuan komputer. Hal inilah yang menuntut adanya alat yang memudahkan *engineer* dalam melakukan rekayasa dan perancangan infrastruktur, khususnya gedung dan jembatan.

Saat ini, ada banyak *software* yang dapat dipakai *engineer* sipil dalam menganalisis dan mendesain bangunan. Salah satu *software* yang paling populer dan banyak digunakan sampai saat ini adalah SAP2000 dan ETABS. Keduanya merupakan produk CSI Berkeley. SAP banyak digunakan untuk mendesain berbagai bentuk bangunan sedangkan ETABS lebih spesifik untuk mendesain gedung bertingkat. Keduanya memiliki fitur-fitur yang sederhana tetapi sangat membantu dalam proses rekayasa. SAP telah dikembangkan sejak lebih dari 30 tahun yang lalu sedangkan ETABS hampir 30 tahun. Saat ini, versi terakhirnya adalah SAP2000 v.14 dan ETABS v9.17.

Pada pelatihan ini, peserta akan dilatih dasar penggunaan SAP dan ETABS untuk keperluan analisis struktur dalam ilmu teknik sipil. Selain disertai dengan penjelasan mengenai dasar penggunaan SAP dan ETABS, pelatihan ini juga akan disertai dengan soal-soal latihan yang pengerjaannya akan dipandu oleh instruktur dan asisten sehingga memungkinkan peserta untuk dapat menyerap dan memahami materi pelatihan dengan lebih baik dan cepat.

SSE

OBJECTIVE

Setelah mengikuti pelatihan ini, diharapkan peserta:

- Mengerti dan mahir menggunakan *features* dan *tools* yang ada pada SAP dan ETABS
- Mampu memodelkan dan mendesain struktur bangunan beton dan baja baik 2D maupun 3D
- Mampu memodelkan dan mendesain struktur jembatan
- Mampu menunjukkan hasil analisis yang dilakukan SAP dan ETABS

PREREQUISITE

- Dasar pengoperasian komputer
- *Familiar* dengan Microsoft Windows 7
- Pengetahuan dasar mengenai mekanika teknik dan analisis struktur.

DURATION

25 jam
2 sesi perminggu

12 sesi
2,5 jam persesi

TOOLS

- *Personal computer* dengan sistem operasi Microsoft Windows 7
- SAP2000
- ETABS

RELATED COURSES

Disarankan untuk melanjutkan ke pelatihan:

-

FUNDAMENTAL OF STRUCTURAL ANALYSIS USING SAP2000 & ETABS

Chapter 1: Pengenalan SAP -1 jam

Memulai SAP

Membuat File Baru

Pengenalan *User Interface* SAP

Pengenalan *Toolbar* Pada SAP

Pengenalan Sistematis Analisis Struktur

Menyimpan File

Chapter 2: Struktur 2D -2 jam

Membuat Model *Simple Beam*

Membuat Model Portal 2D

Membuat Model Rangka Batang 2D

Chapter 3: Struktur 3D -2 jam

Membuat Model Pelat

Membuat Model Portal 3D

Membuat Model Rangka Batang 3D

Chapter 4: Influence Line (Garis Pengaruh) -2 jam

Pengenalan Model Lintasan/*Lane* 2D & 3D

Membuat Model Struktur *Moving Load*

Menunjukkan Hasil Garis Pengaruh Pada *Lane* 2D atau 3D Akibat *Moving Load*

Chapter 5: Dasar Desain Beton -2 jam

Membuat Model Struktur 2D

Define Karakteristik Material Beton

Assign Beban Pada Struktur

Analisis Perilaku Struktur Akibat Beban

Desain Tulangan

Chapter 6: Dasar Desain Baja -2 jam

Membuat Model Rangka Batang 2D

Define Karakteristik Material Baja

Assign Beban Pada Struktur Rangka Batang

Analisis Perilaku Struktur Akibat Beban

Desain Penampang Batang

Chapter 7: Model Struktur Dengan Beban Gempa -2 jam

Membuat Model Struktur 3D

Define Respon Spektrum

Define Diaphragm (*Static Equivalent*)

Define Mass Source (*Dynamic Analysis*)

Analisis Perilaku Struktur Akibat Beban Gempa (*Modal Shape*)

Chapter 8: Desain Gedung Beton Bertulang -2 jam

Membuat Model Struktur Gedung 3D

Define Karakteristik Material Beton dan Tulangan Baja

Assign Beban + Gempa Pada Struktur Gedung

Analisis Perilaku Struktur Gedung Akibat Beban

Desain Tulangan

Chapter 9: Desain Jembatan Beton Bertulang -4 jam

Membuat Model Struktur Jembatan 3D

Define Karakteristik Material Beton dan Tulangan Baja

Assign Beban + Gempa Pada Struktur Jembatan

Analisis Perilaku Struktur Jembatan Akibat Beban

Desain Tulangan

Chapter 10: Pengenalan ETABS -1 jam

Memulai ETABS

Pengenalan *User Interface* ETABS

Membuat dan Menyimpan File Baru

Chapter 11: Desain Gedung Bertingkat Menggunakan ETABS -5 jam

Membuat Model Struktur Gedung 3D

Define Karakteristik Material Beton dan Tulangan Baja

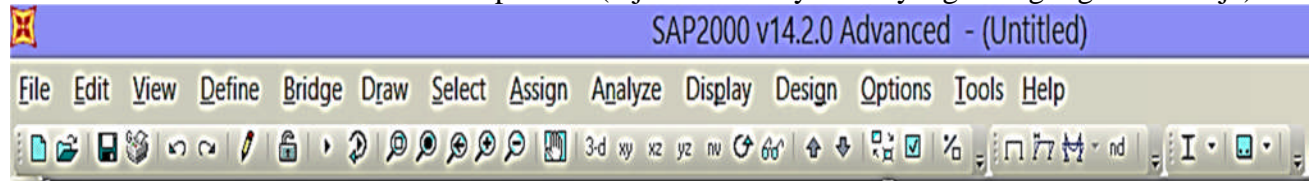
Assign Beban Pada Struktur Gedung

Analisis Perilaku Struktur Gedung Akibat Beban

Desain Tulangan

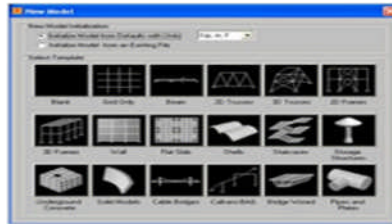
SAP 2000 atau dalam singkatannya *Structure Analyze Program* yang merupakan program yang berfungsi untuk menganalisis struktur bangunan yang ada dengan cara yang cepat tanpa menghitung mekanika-nya yang secara manual yang bisa dinilai "membuat pusing".

Menu SAP 2000 Versi 14 ada beberapa item (dijelaskan hanya item yang sering digunakan saja)



1. Kelompok Menu- FILE

- a. **New model** : digunakan untuk membuat model baru dengan template yang sudah ada pada SAP2000 , seperti tampilan berikut



- b. **Import** : untuk mengimport file dari versi SAP yang sebelumnya atau dari hasil dari program lain. , misalnya AutoCAD
- c. **Create video** : untuk membuat file video berupa *time history* dan *cyclic animation* Di SAP 2000 v.14 ini juga dapat menangkap gambar dan menyimpannya dalam format *.wmf dan *.bmp
- d. **File Save As / Save** : untuk menyimpan file kerja ke dalam media penyimpanan

2. Menu Edit

- a. **Add to model from template** : untuk menambahkan model dari template ke model yang sudah kita buat.
- b. **Interactive Database Editing** : untuk mengedit data definisi model di (dalam) bentuk tabel.
- c. **Move** : Untuk memindahkan objek line yang dipilih
- d. **Divide Frames** : membagi elemen frame menjadi beberapa bagian
- e. **Trim/Extend Frames** : memotong atau memanjangkan bagian frame yang dikehendaki
- f. **Mesh Shell** : membagi shell/area menjadi beberapa bagian
- g. **Replicate** : untuk meng copy ke arah sumbu x, sumbu, y atau sumbu-z

Secara umum, proses analisis melalui 10 tahapan berikut:

1. **Samakan Satuan !!!! (JANGAN SAMPAI LUPA...)**
2. **Buat Model Struktur (File-New Model)**
3. **Define Material yang dipakai (Define – Material)**
4. **Define Profil yang dipakai (Define – Frame/Area Section)**
5. **Aplikasikan Profil pada Struktur (Assign – Frame/Area Section)**
6. **Define Beban mati, hidup, gempa, angin dll (Define – Load Pattern)**
7. **Aplikasikan Beban (Assign – Load)**
8. **Cek Gambar Struktur – Model Sap2000 (3-D, xy.xz, yz)**
9. **Run Analisa (Run Analysis)**
10. **Cek the Result Momen , Axial, Shear Diagram (Display-Check Force/Stress)**

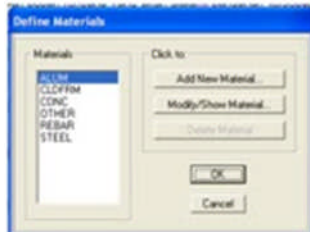
Dalam membuat model harus dibuat dalam pemodelan SAP2000 dengan model bangunan aslinya diusahakan sama persis. Jadi untuk penggambaran model struktur yang ada tergantung dari bangunan apa yang akan dianalisis.

2. menu- define yang ada pada SAP2000 v14

Dalam menu define terdapat beberapa item seperti:

Material

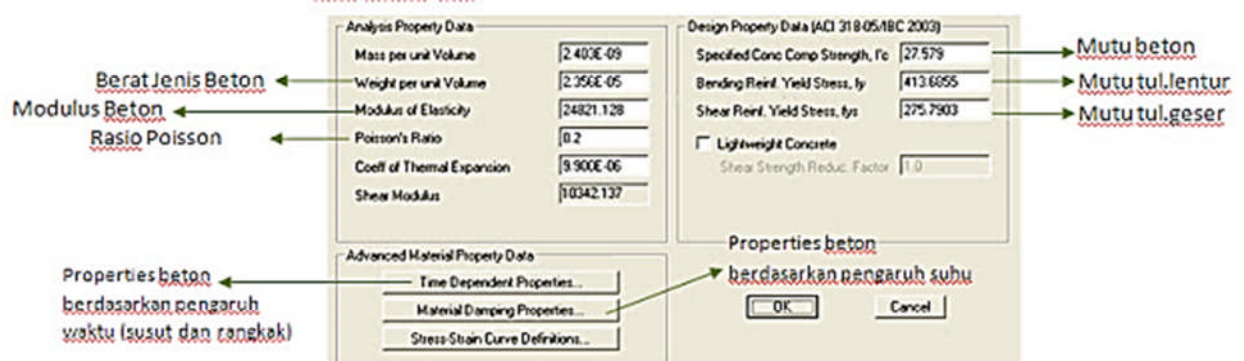
Menu ini digunakan untuk menentukan tipe material apa yang akan digunakan dalam model struktur. Tapi jangan lupa juga untuk memastikan satuan sudah sesuai dengan yang diharapkan



Material yang telah disediakan dalam SAP2000 v14 sesuai dengan keterangan di atas yaitu aluminium, concrete, steel, timbre, other. Untuk bagian ini saya hanya akan menjelaskan tentang steel dan concrete material, karena hanya dua bagian itulah yang paling sering digunakan.

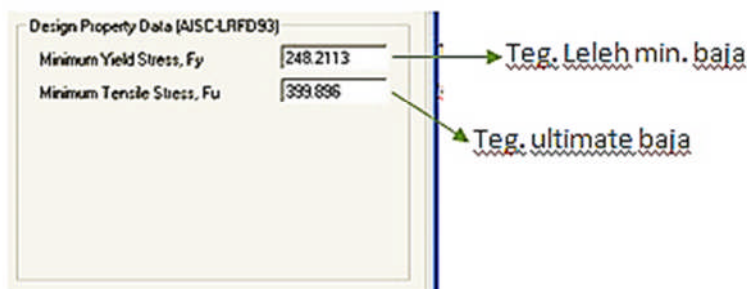
a. Concrete (beton)

Untuk memasukkan definisi material yang kita inginkan bisa kita modify material concrete yang ada atau dengan menambahkan material concrete baru tanpa merubah settingan concrete awal dengan cara <add new material>



b. Steel (baja)

Untuk memasukkan definisi material yang kita inginkan bisa kita modify material steel yang ada atau dengan menambahkan material steel baru tanpa merubah settingan steel awal dengan cara <add new material>

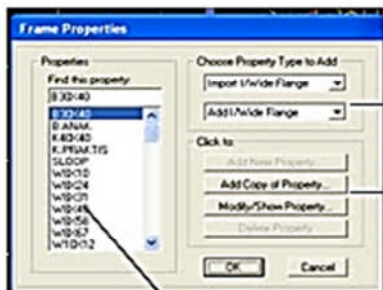


1. Frame Section

Untuk memilih jenis dari penampang yang diinginkan

Untuk menambahkan, merubah, mengcopy dan menghapus profil penampang ayang sudah ada Jenis penampang yang sudah disediakan SAP2000 v10.0.1

Digunakan untuk menentukan bentuk penampang dari model yang akan digunakan.



Untuk memilih jenis dari penampang yang diinginkan

Untuk menambahkan, merubah, mengcopy, dan menghapus profil penampang yang sudah ada

Jenis penampang yang sudah disediakan SAP2000 v10.0.1

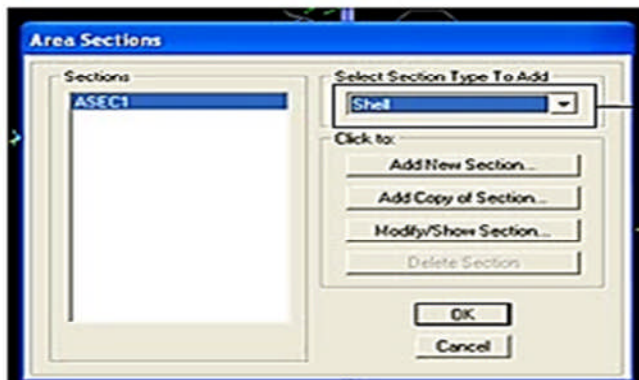
Jenis penampang yang dapat dibuat yaitu:

Jenis penampang yang dapat dibuat yaitu:

Form Name	Option to Access Form
I/Wide Flange Section	Penampang berbentuk I
Channel Section	Penampang kanal C
Double Channel Section	Penampang dobel kanal C
Tee Section	Penampang bentuk T
Angle Section	Penampang bentuk L
Double Angle Section	Penampang dobel L
Box/Tube Section	Penampang kotak lubang di tengah
Pipe Section	Penampang bentuk pipa
Rectangular Section	Penampang persegi solid
Circle Section	Penampang lingkaran berlubang
dll	

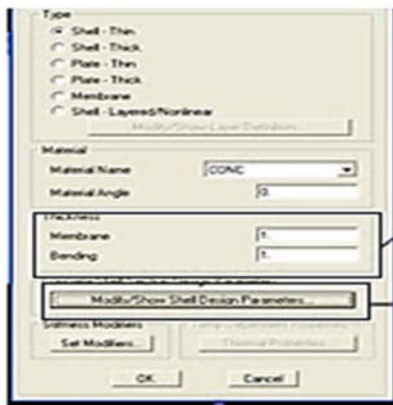
2. Area Sections

Menu Define area section disini berfungsi untuk memasukkan input property dari mass area yang akan digunakan dalam perencanaan. Seperti dalam merencanakan pelat, dinding geser dkk.



Pilih type shell untuk merencanakan pelat

Click modify atau add new section. Kemudian akan muncul koyoak seperti gambar dibawah:



Membrane dan bending diisi sama sesuai dengan ketebalan rencana pelat.

A

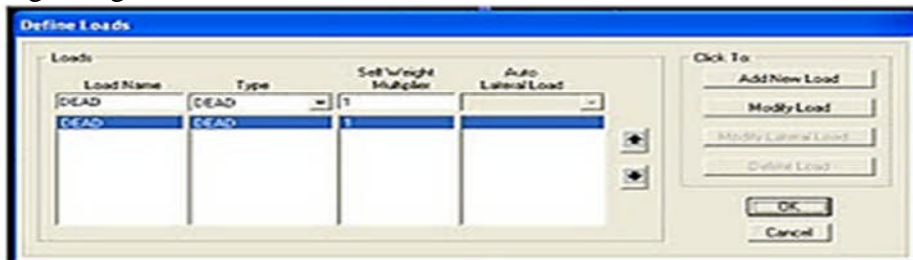
A = Berfungsi untuk menginput jarak antar tulangan yang direncanakan, namun dapat dikosongkan untuk merencanakan jarak tulangan. Dengan mengeclick modify maka kemudian akan muncul kotak seperti pada gambar di bawah.



Topbar (jarak antar tulangan yang berada disisi atas pelat)
 Bottombar (jarak antar tulangan yang berada disisi bawah pelat)
 Dir. 1 – Arah X
 Dir. 2 – Arah Y

3. Load Case

Load case dalam SAP2000 digunakan sebagai input dalam beban-beban yang akan digunakan dalam penghitungan SAP2000



Sap2000 sendiri telah menyediakan string dalam penginputan beban-beban yang akan digunakan. Mulai dari DEAD, LIVE, RAIN, QUAKE, SUPERDEAD, SNOW, etc. Tinggal kita dalam perencanaannya akan menggunakan berapa banyak input dalam pembebanannya.

4. Assign Frame Release

Berfungsi untuk menentukan titik joint atau hubungan batang satu dengan batang lainnya

5. NLINK Property

NLINK Properties digunakan untuk memberikan input damper, isolator, Gap, Hook didalam perencanaan bangunan. Cara memasukkan NLINK properties, yaitu:

Property Name dari NLINK atau memakai default name dari SAP2000.

Memilih Property type apakah akan menggunakan :Damper , Gap , Hook , Plastic1 , Isolator1 or Isolator2 by clicking on the Type drop down box.

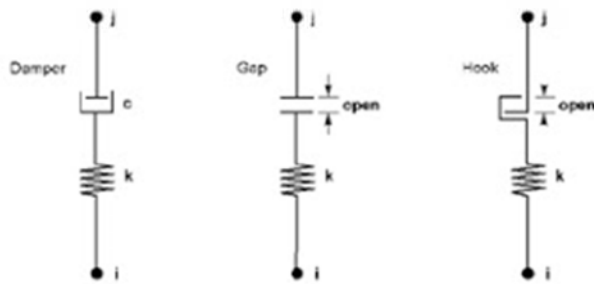
- menginput property Mass, Weight and Rotational Inertias.

- Memilih arah pergerakan yang akan direncanakan dari NLINK (U1,U2,U3,R1,R2,R3)
 R= Rotation, U=displacement.

- Input data property dari NLINK seperti Stiffness, Damping, Yield Strength, Post Yield Stiffness Ratio and exponents etc. dengan mengeclick Modify/Show Properties button.

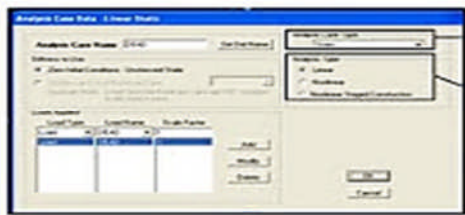
- Click OK setelah finish

NL Damper, Gap and Hook Properties



6. Analysis Case

Menu ini digunakan untuk merubah atau menambahkan analysis case yang ada. Dalam contoh ini saat ingin melakukan analisis PUSHOVER maka load case DEAD LOAD yang mulanya analisis linear dapat dirubah menjadi non-linear dan kemudian membuat analisis case PUSHOVER yang akan saya berikan nanti .



Analisis case type yang dapat diubah menjadi statis, Response Spectrum dll.
 Analisis type yang dapat diubah menjadi linear dan non-linear

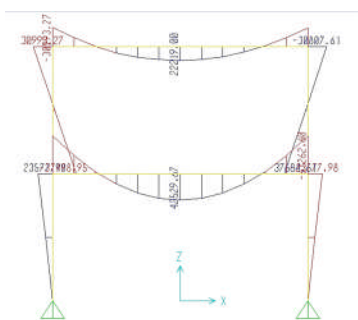
Menu ini di SAP 2000 berfungsi untuk memasukkan data combination yang akan kita gunakan. Apakah akan menggunakan kombinasi DL dan LL saja atau kombinasi DL, LL, RL dan lain-lain yang telah distandarkan oleh SNI

7. Run Analysis

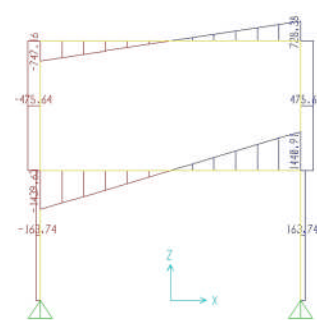
Menu ini digunakan menganalisis model yang telah dibuat, dan menghitung hasilnya

6. Display Frame Force/Stress

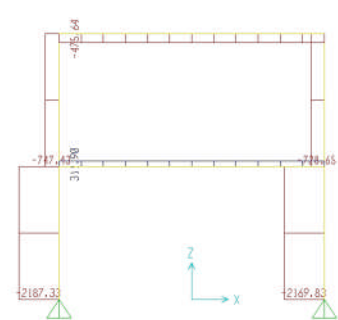
Menu ini digunakan untuk menampilkan bidang M, N, dan D



Bidang M/Momenet


























Bidang D/Shear




























Bidang N/Axial

I.2.1 Toolbar


Penjelasan Icon Toolbar secara singkat terlihat pada tabel dibawah ini.

Icon	Nama Icon	Fungsi
	New Model	Memulai membuat model struktur baru
	Open *.SDB File	Membuka file SAP2000 yang sudah disimpan
	Save Mode	Menyimpan data model terakhir
	Undo	Membatalkan perintah/perubahan yang terakhir dikerjakan
	Redo	Membatalkan perintah Undo terakhir
	Refresh Window	Menampilkan window dengan data baru
	Lock/Unlock Model	Membuka lock setelah analisis untuk merubah data model
	Run Analysis	Untuk melakukan analisis model
	Zoom	Memperbesar obyek yan dipilih dengan mouse
	Restore Full View	Mengembalikan model pada tampak keseluruhan
	Restore Previous View	Mengembalikan model pada tampak sebelumnya
	Zoom In	Memperbesar tampak model
	Zoom Out	Memperkecil tampak model
	Pan	Menggeser model pada window
	Show 3-D View	Menampilkan model dalam 3D (3 Dimensi)
	Show 2-D View of X-Y/ r - Θ Plane	Menampilkan model dalam 2D sejajar bidang X-Y/ r - Θ
	Show 2-D View of X-Z/ r -Z Plane	Menampilkan model dalam 2D sejajar bidang X-Y/ r -Z
	Show 2-D View of Y-Z/ Θ -Z Plane	Menampilkan model dalam 2D sejajar bidang X-Y/ Θ -Z
	Perspective Toggle	Menampilkan model dalam prespektif 3D
	Shrink Elements	Menampilkan elemen tidak penuh
	Set Element	Mengatur tampilan property elemen yang diinginkan
	Up One Gridline	Memindahkan satu garis grid ke atas pada tampak 2D
	Down One Gridline	Memindahkan satu garis grid ke bawah pada tampak 2D

Icon	Nama Icon	Fungsi
	Pointer Tool	Untuk memilih satu elemen atau dengan <i>windowing</i>
	Select All	Memilih semua elemen
	Restore Selection	Memilih ulang elemen yang terakhir kali dipilih
	Clear Selection	Membatalkan elemen yang dipilih
	Set Intersecting Line Select Mode	Memilih elemen dengan garis <i>intersecting</i>
	Reshape Element	Untuk memindah elemen dengan memilihnya, kemudian ujungnya atau joint-nya dipindahkan
	Add Special Joints	Menambahkan joint khusus, yang tidak otomatis ditentukan pada saat menggambar elemen
	Draw Frame Element	Menggambar elemen frame dari joint ke joint
	Draw Shell Element	Menggambar elemen shell dari sudut ke sudut
	Quick Draw Frame	Menggambar elemen frame diantara garis grid
	Quick Draw Shell Element	Menggambar elemen shell diantara garis grid
	Draw Quadrilateral Shell Element	Menggambar elemen shell <i>quadrilateral</i>
	Assign Joint Restraints	Untuk menentukan restraint translasi dan rotasi
	Assign Frame Sections	Untuk menentukan potongan dan material property frame
	Assign Shell Sections	Untuk menentukan potongan dan material property shell
	Assign Joint Load	Untuk menentukan beban joint
	Assign Frame Span Loading	Untuk menentukan beban merata dan terpusat elemen frame
	Assign Shell Uniform loading	Untuk menentukan beban merata elemen shell
	Show Underformed Shape	Menampilkan bentuk tak terdeformasi struktur
	Display Static Deformed Shape	Menampilkan struktur terdeformasi akibat beban statik
	Display Mode Shape	Menampilkan mode struktur akibat beban dinamik
	Joint Reaction Forces	Menampilkan gaya-gaya reaksi pada dukungan
	Members Forces Diagram for Frame	Menampilkan diagram gaya-gaya pada frame

Icon	Nama Icon	Fungsi
	Elemen Forces/Stress Countour for Shell	Menampilkan gaya-gaya atau kontour tegangan pada shell
	Set Output Table Mode	Menampilkan text output joint atau elemen pada layar

I.2.2 New Interface

1. SAP2000 versi baru telah terpadu dalam operasi windows secara penuh.
2. Model yang dibuat, dianalisis, didisain dan keluaran hasilnya ditampilkan pada window (jendela yang sama).
3. Model dapat ditampilkan dalam beberapa window, maksimum 4 window.
4. Element frame yang ditampilkan dalam garis tunggal adalah sumbu pusat beratnya (centrelines).
5. Model dapat juga ditampilkan dalam pandangan perspektif dengan menekan tombol .
6. Konteks help yang diinginkan dapat ditampilkan dalam bentuk 'form' dengan menekan tombol kanan mouse.
7. Informasi detail tentang batang dan joint pada model dimungkinkan juga dengan menekan tombol mouse kanan pada batang atau joint yang diinginkan, misalnya tentang moment, displacements joint atau connectivity dan lain sebagainya.

I.3 Sistem Koordinat

Setiap model struktur menggunakan koordinat yang berbeda untuk menentukan joint dan arah beban, displacement, gaya dalam dan tegangan. Pengetahuan tentang sistem koordinat ini sangat penting bagi pengguna, karena untuk menentukan model dan menginterpretasikan hasil-hasil keluaran dari program, pengguna harus memahami sistem koordinat ini.

Semua sistem koordinat ditunjukkan dengan sumbu tiga dimensi, menggunakan aturan tangan kanan dan menggunakan sistem cartesius (segi-empat).

I.3.1 Sistem Koordinat Global

Sistem koordinat **Global X-Y-Z** digunakan untuk memberikan lokasi dua titik, sepasang sudut, atau dengan memberikan arah koordinat. SAP2000 selalu mengasumsikan sumbu Z arahnya vertikal, dengan Z+ arah ke atas.

I.3.2 Sistem Koordinat Lokal

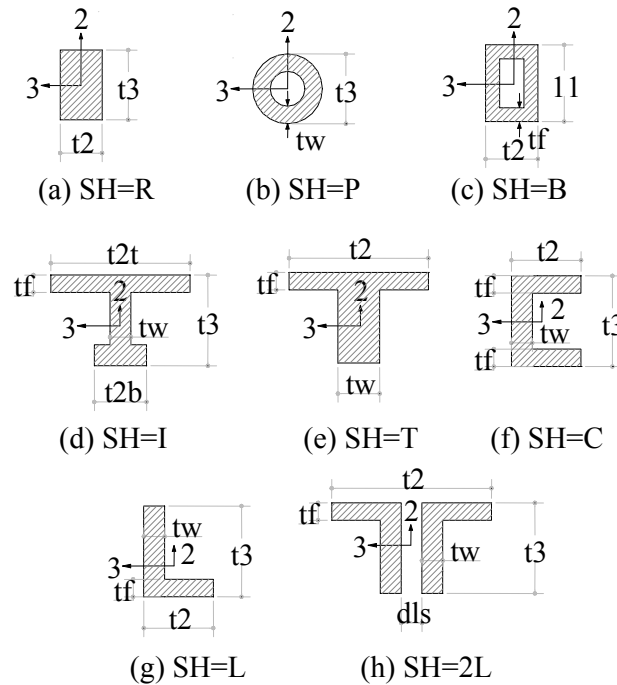
Sistem koordinat **Lokal 1-2-3** digunakan untuk menentukan potongan property, beban dan gaya-gaya keluaran. Untuk menentukan sistem koordinat lokal elemen yang umum dapat menggunakan orientasi default dan sudut koordinat elemen frame, yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Sumbu lokal 1 arah selalu memanjang arah sumbu elemen, arah positif ialah dari ujung i ke ujung j.
2. Orientasi default sumbu lokal 2 dan 3 ditentukan oleh hubungan diantara sumbu 1 dan sumbu global Z sebagai berikut :

- Jika sumbu lokal 1 arahnya horisontal, maka bidang 1-2 dibuat sejajar dengan sumbu Z.
- Jika sumbu lokal 1 arahnya ke atas (Z+) maka arah sumbu lokal 2 sejajar dengan sumbu X+.
- Sumbu lokal 3 arahnya selalu horisontal sumbu bidang X-Y.

I.4 Bentuk Penampang

Bentuk penampang yang geometrik property-nya secara otomatis dihitung oleh program ditunjukkan pada gambar 1.3. Ukuran yang diperlukan pada setiap penampang ditunjukkan pada gambar.



Gambar 1.3 Bentuk penampang

Geometrik property potongan juga dapat diperoleh dari file database. Tiga database yang diberikan oleh program SAP2000 ialah

- AISC.PRO, ialah profil yang sesuai dengan standard America Institute of Steel Construction.
- CISC.PRO, ialah profil yang sesuai dengan standard Canadian Institute of Steel Construction.
- SECTIONS.PRO yang merupakan copy-an dari AISC.PRO.

I.5 Material Property

Property material yang akan digunakan untuk penampang meliputi

- Modulus Elastisitas e_1 , untuk kekakuan aksial dan lentur. Berdasarkan SKSNI 3.1.5 $E_c = 4700\sqrt{f_c}$ atau non pratekan $E_c = 20000$ Mpa. Untuk baja $E = 210\ 000$ kN/m² (21 Mpa).
- Modulus geser g_{12} untuk kekakuan torsi dan kekakuan geser melintang, yang dihitung dari e_1 dan angka Poison u_{12} .

3. Kerapatan massa per-unit volume m untuk menghitung massa elemen, ambil rumus $m = w/9,81$ dimana w berat sendiri per unit.
4. Berat sendiri per-unit volume w untuk menghitung beban berat sendiri beton $w = 24000 \text{ kg/m}^3$ dan berat sendiri baja $w = 7850 \text{ kg/m}^3$ (78.5 kN/m^3)

I.6 Beban Pada Struktur

Beban yang bekerja pada struktur ada beberapa macam diantaranya ialah berat sendiri struktur, beban yang bekerja pada elemen, beban yang bekerja pada gempap dan beban dinamik.

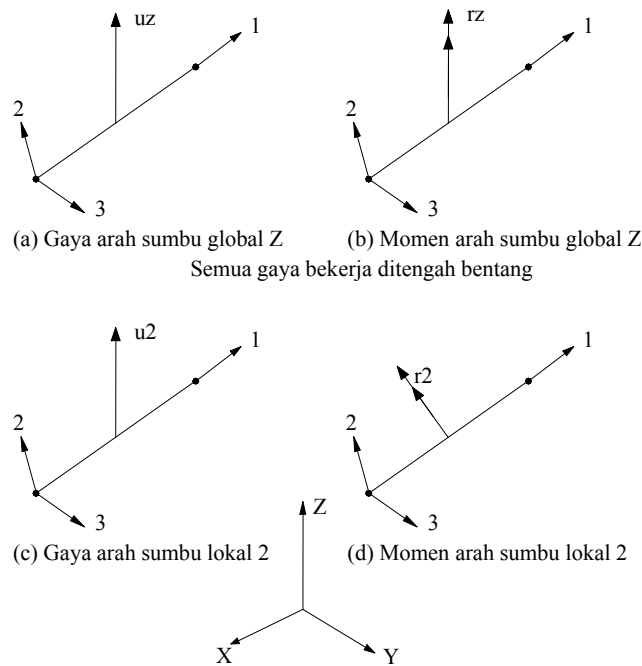
I.6.1 Berat Sendiri

Besarnya beban berat sendiri sama dengan berat volume w dikalikan dengan luas penampang d .

Berat sendiri arahnya selalu ke bawah, searah dengan sumbu $-Z$. Berat sendiri ini dikalikan dengan faktor skala yang ditentukan untuk seluruh struktur.

I.6.2 Beban Terpusat pada Elemen

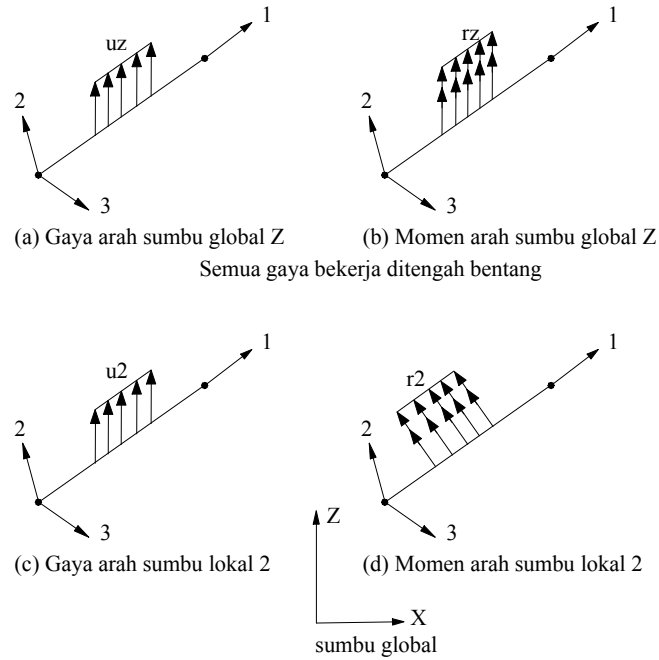
Beban terpusat pada elemen digunakan untuk menentukan gaya terpusat dan momen yang bebas dikerjakan pada sepanjang elemen. Lokasi beban dapat ditentukan dengan salah satu cara dibawah ini.



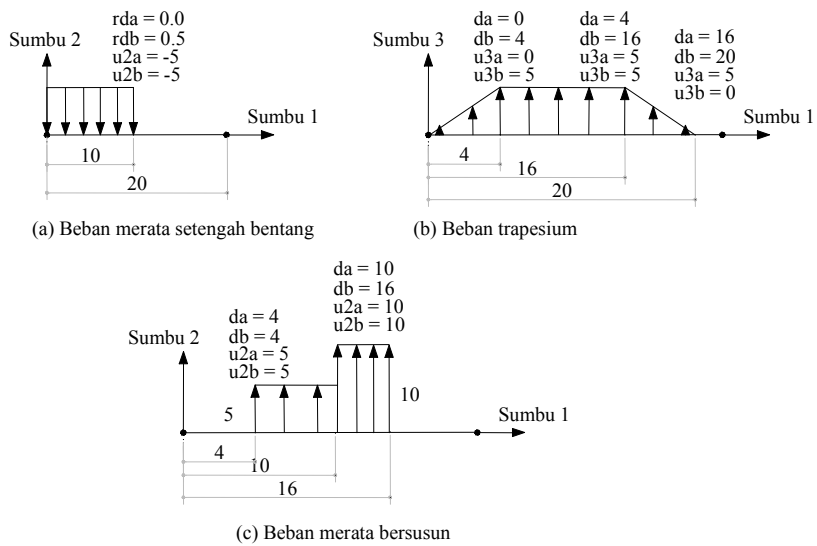
Gambar 1.4 Menentukan beban terpusat elemen

I.6.3 Beban Merata pada Elemen

Beban merata pada elemen digunakan untuk menentukan gaya dan momen yang bekerja pada sepanjang elemen frame. Intensitas beban dapat berupa beban merata atau trapesium.



Gambar 1.5 Menentukan beban merata pada elemen



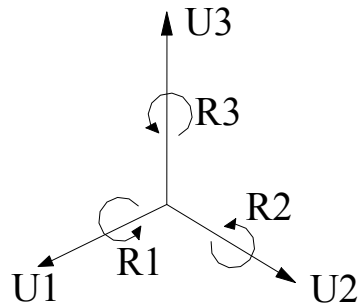
Gambar 1.6 Menentukan beban trapesium pada elemen

I.7 Derajat Kebebasan (DOF)

Defleksi dari struktur ditentukan oleh displacement joint, setiap joint pada model struktur mempunyai enam komponen displacement, yaitu

1. Joint mengalami translasi ke arah tiga sumbu lokal, yang diberi notasi U_1 , U_2 dan U_3 .
2. Joint mengalami rotasi terhadap tiga sumbu lokal yang diberi notasi R_1 , R_2 dan R_3 .

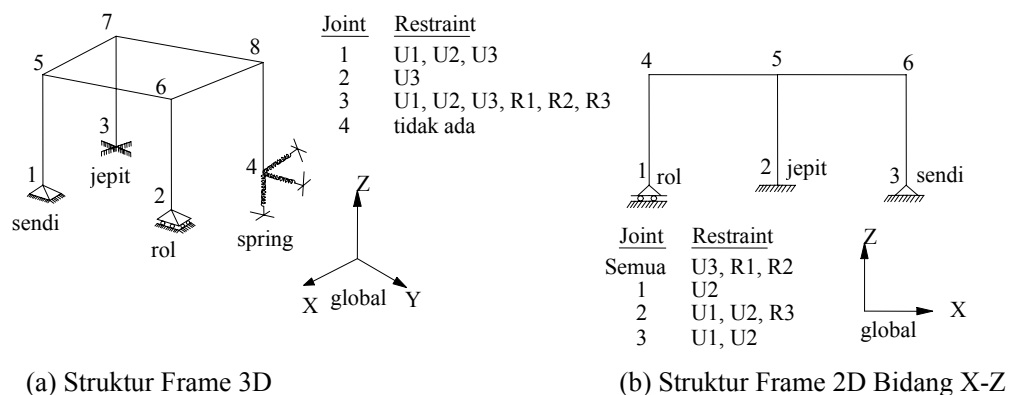
Ke-enam komponen displacement tersebut diketahui sebagai **derajat kebebasan**, dan digambarkan seperti pada gambar 1.7.



Gambar 1.7 Enam derajat kebebasan joint pada sistem koordinat lokal

Dalam teori Mekanika Teknik yang kita pelajari dibangku kuliah selama ini, ada 3 macam dukungan yang sering dibahas yaitu :

1. Jepit : Mampu menahan gaya vertikal, horisontal dan moment.
2. Sendi : Mampu menahan gaya vertikal dan horisontal.
3. Roll : Hanya mampu menahan gaya vertikal.

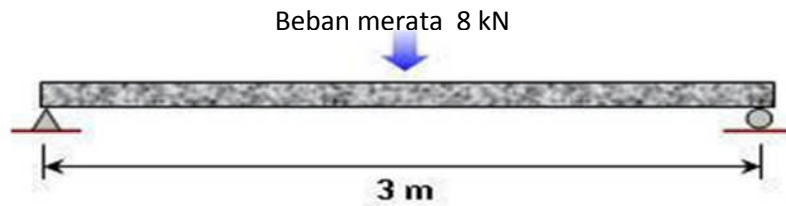


Gambar 1.8 Contoh restraint pada dukungan

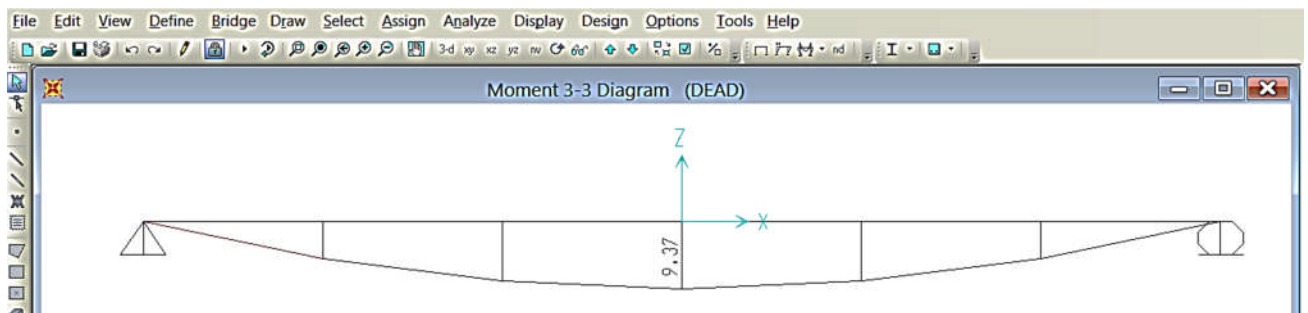
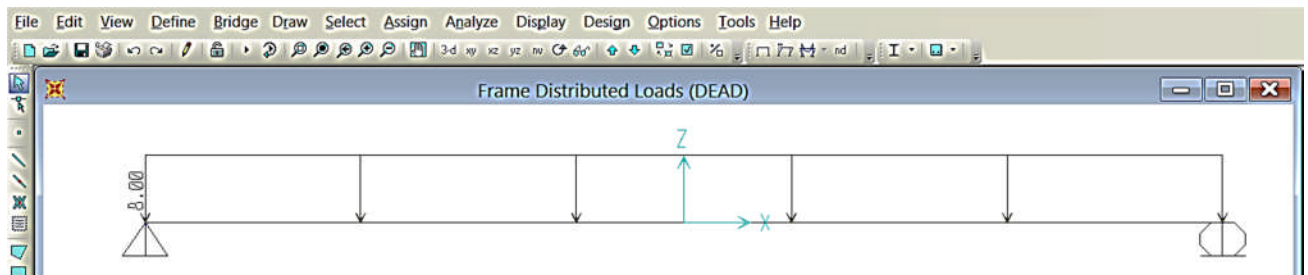
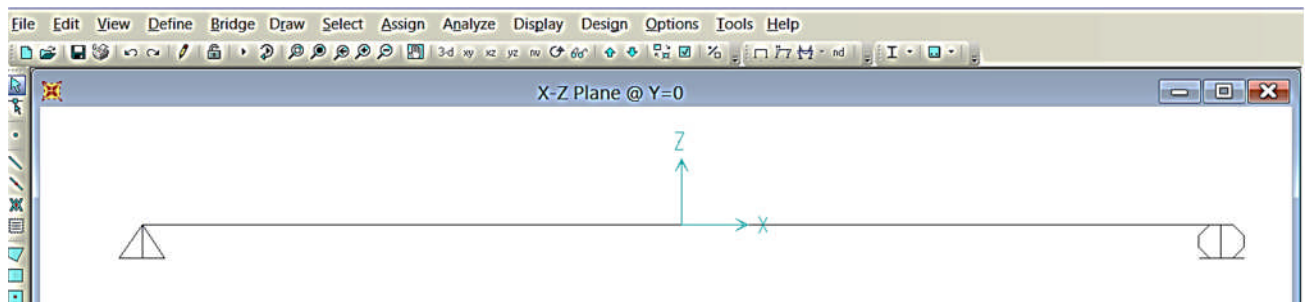
CHAPTER-2 STRUKTUR 2-DIMENSI

Untuk memahami perilaku SAP2000, maka dimulai dengan membuat model simple beam dengan beban merata di atasnya.

Ini kasus *simple beam* balok beton dengan beban terpusat, yang momen maksimum-nya mempunyai besar $1/8 q l^2 = 1/8 \times 8 \text{ kN} \times 3^2 \text{ m} = 9 \text{ kN-m}$. Benarkah hasil SAP2000 seperti itu ????

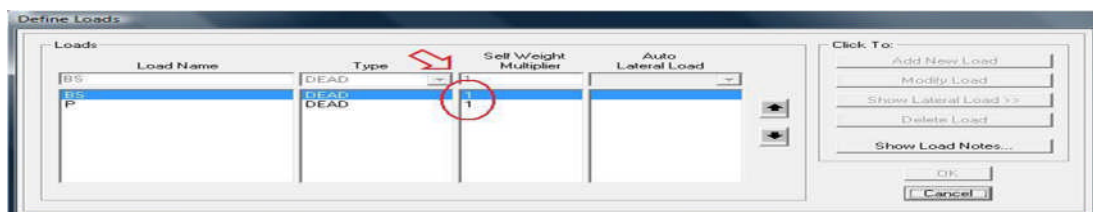


Langsung buka SAP2000, File-New ,pilih template - beam:

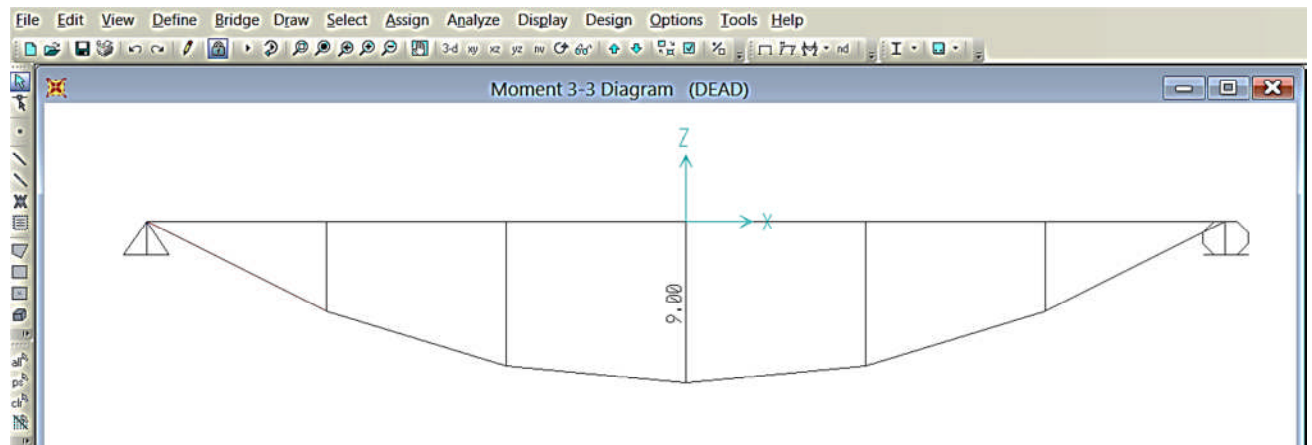


Lho? Kok beda? Ah, pasti salah hitung SAP2000 tuh!

Coba kita cek pembebanannya



Oke, ternyata ada faktor berat sendiri yang ikut dihitung oleh SAP2000 , selfweight mutiplier = 1, coba diganti dengan nilai = 0, maka hasilnya oke banget



LATIHAN, berikut ini adalah menganalisis kuda-kuda truss , apakah hasilnya sama dengan analisis secara manual. Silahkan dicek sendiri,

Langkah 1

Masuk program SAP 2000 V.14

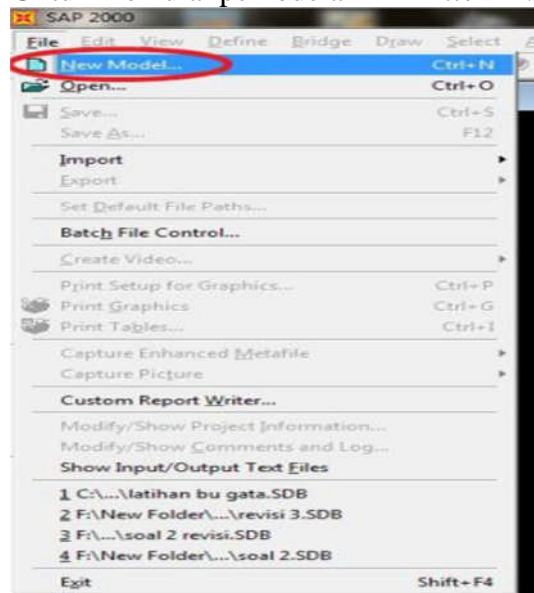
Langkah 2

Masuk program SAP dan akan muncul *Tip of the day* apabila mau di baca klik *Next tip*, kalau tidak langsung OK!!



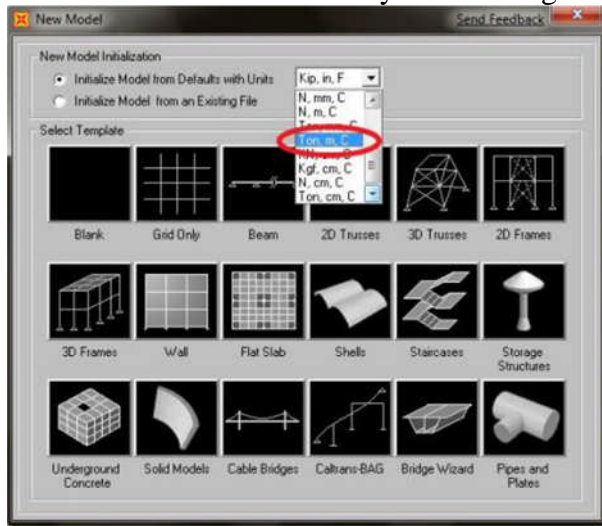
Langkah 3

Untuk memulai pemodelan klik *File > New model* di pojok kiri atas layar.



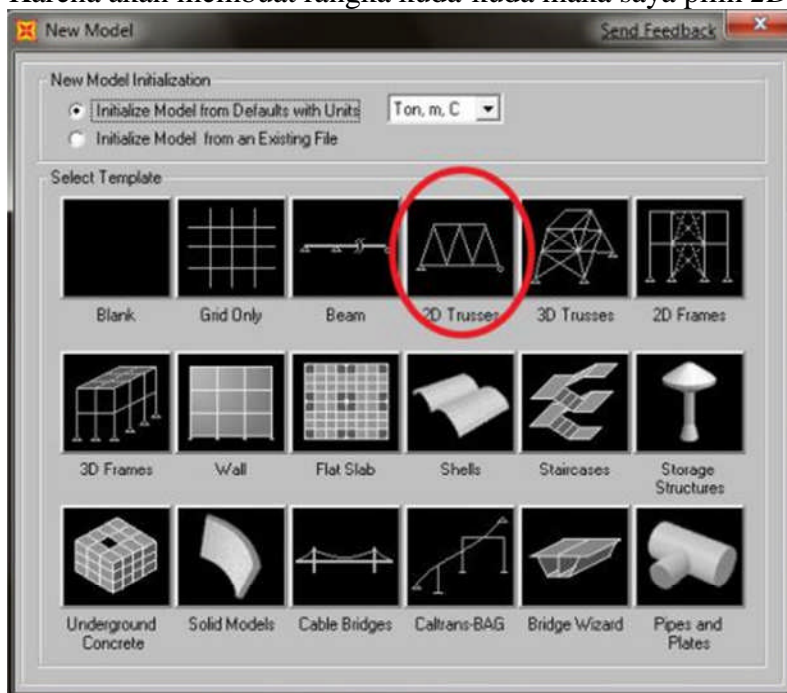
Langkah 4

Setelah masuk *New model* saya akan mengubah satuan menjadi *Ton-Meter*.



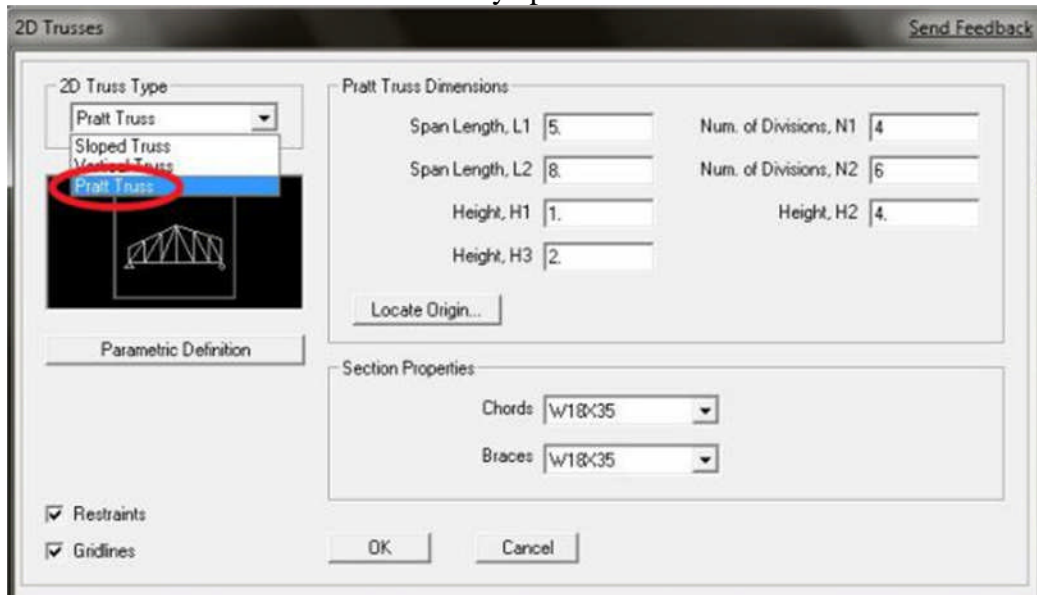
Langkah 5

Karena akan membuat rangka kuda-kuda maka saya pilih *2D Trusses*.



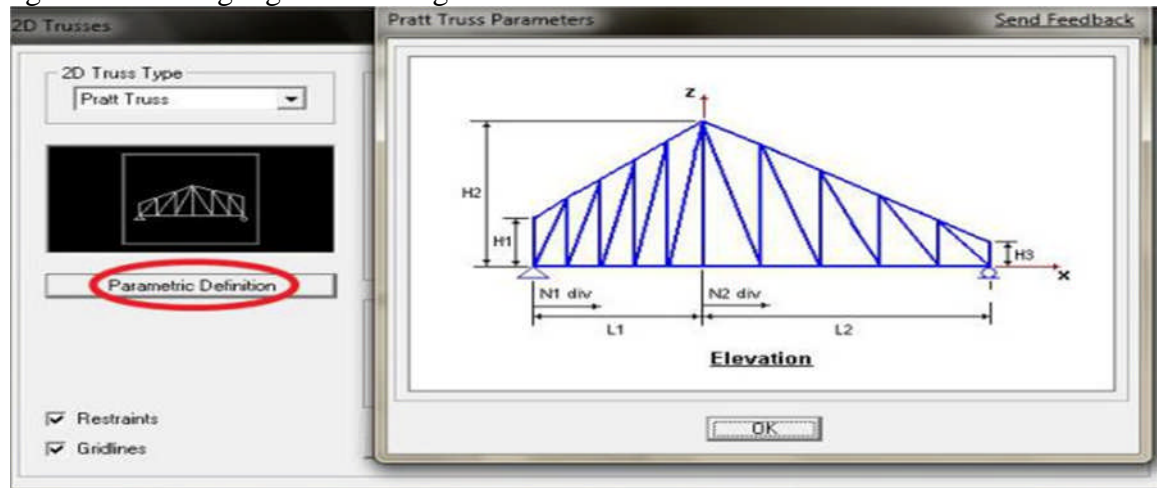
Langkah 6

Karena kuda-kuda sederhana maka saya pilih *Pratt Truss*.



Langkah 7

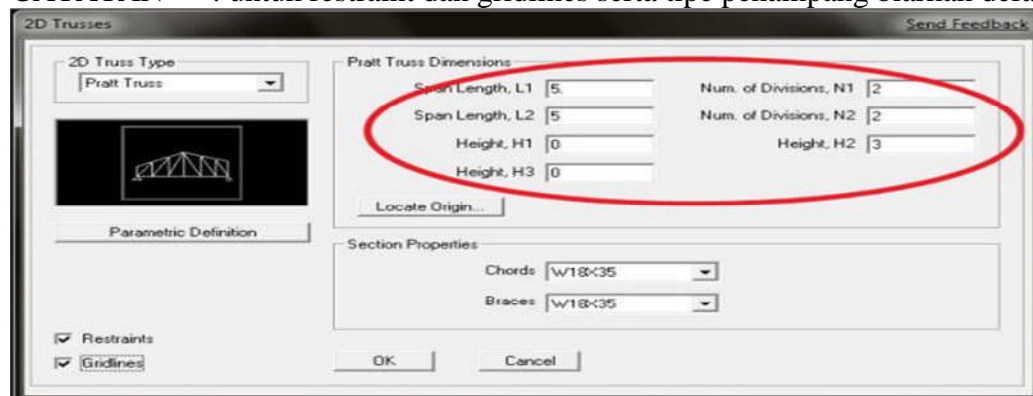
Untuk memudahkan mengisi form di sebelah kanan, ada baiknya kita melihat *Parametric Definition*, agar tidak kebingungan saat mengisi form.



Langkah 8

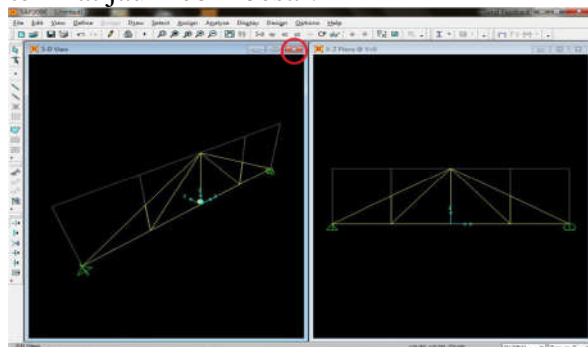
Setelah melihat *Parametric Definition*, saya akan mengisi L1 dan L2 = 5 meter, H1 dan H3 = 0 meter, N1 dan N2 = 2 buah, H2 = 3 meter. Lalu klik OK!!

CATATAN **: untuk restraint dan gridlines serta tipe penampang biarkan default.



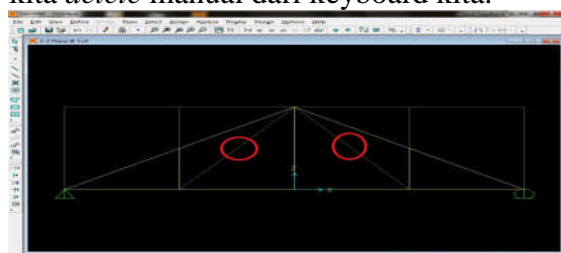
Langkah 9

Akan muncul 2 jendela seperti dibawah ada baiknya kita tutup salah satu agar penampang kuda-kuda terlihat jauh lebih besar.



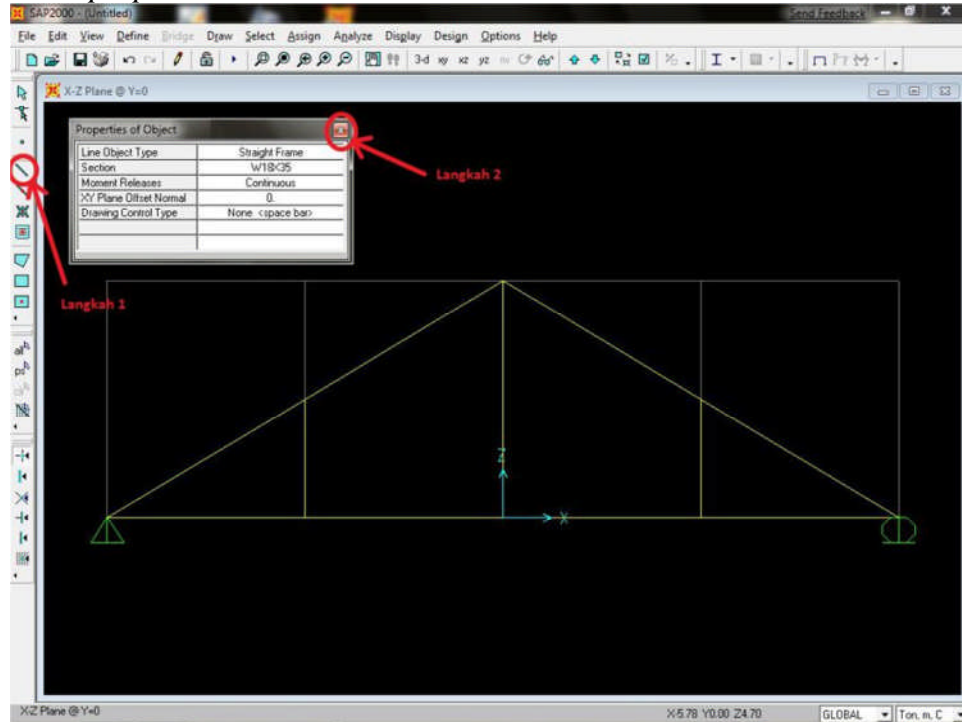
Langkah 10

Nah gambar sudah jadi besar sekarang, Tapi *Division* gak sesuai, jadi kita klik 2 *frame* seperti dibawah hingga garis yang tadinya lurus jadi putus-putus (tandanya *frame* sudah di klik). Setelah itu kita *delete* manual dari keyboard kita.



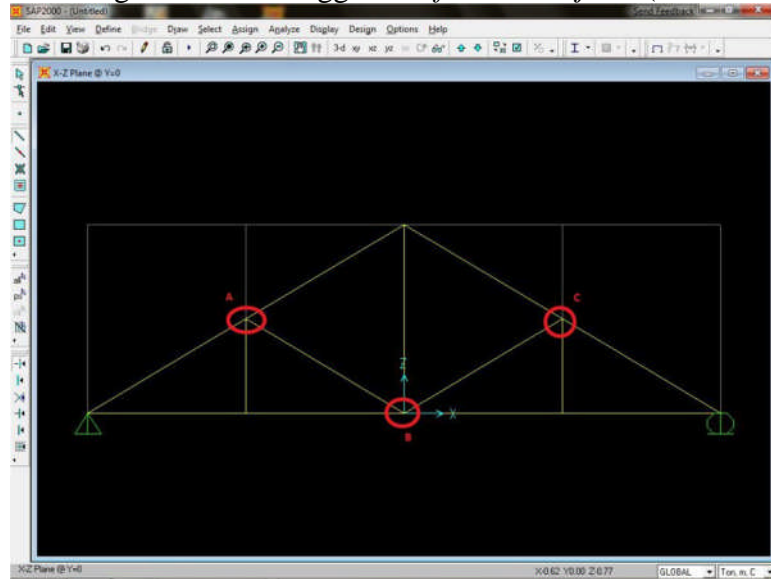
Langkah 11

Setelah dihapus kemudian klik *Draw Frame* lalu akan muncul kotak *properties*, untuk kita mengatur jenis *frame* yang akan kita gambar. Kita akan gunakan *default*, jadi klik tanda silang untuk menutup kotak *properties*.



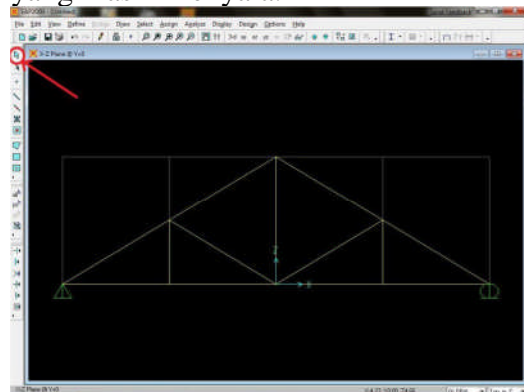
Langkah 12

Sekarang kita akan menggambar *frame* dari *joint* (titik buhul) A, ke *joint* B lalu ke *joint* C.



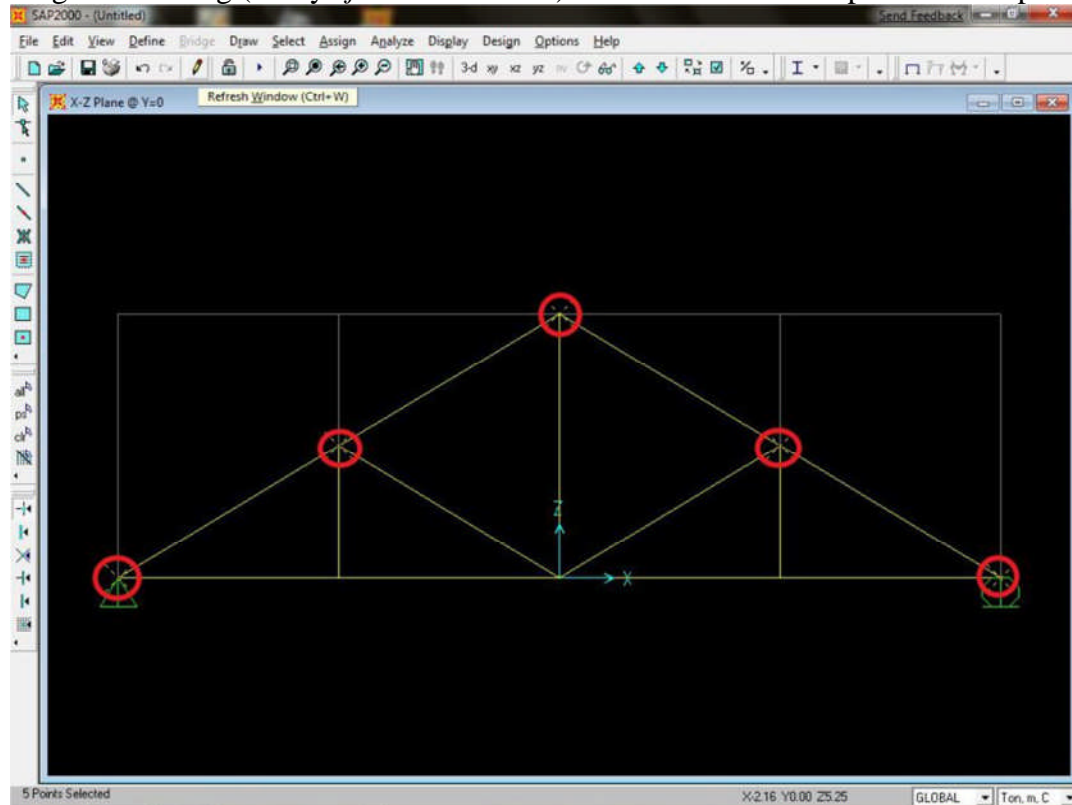
Langkah 13

Setelah *frame* tergambar selanjutnya klik tombol *Set Select Mode*, untuk menghilangkan *Draw frame* yang masih menyala.



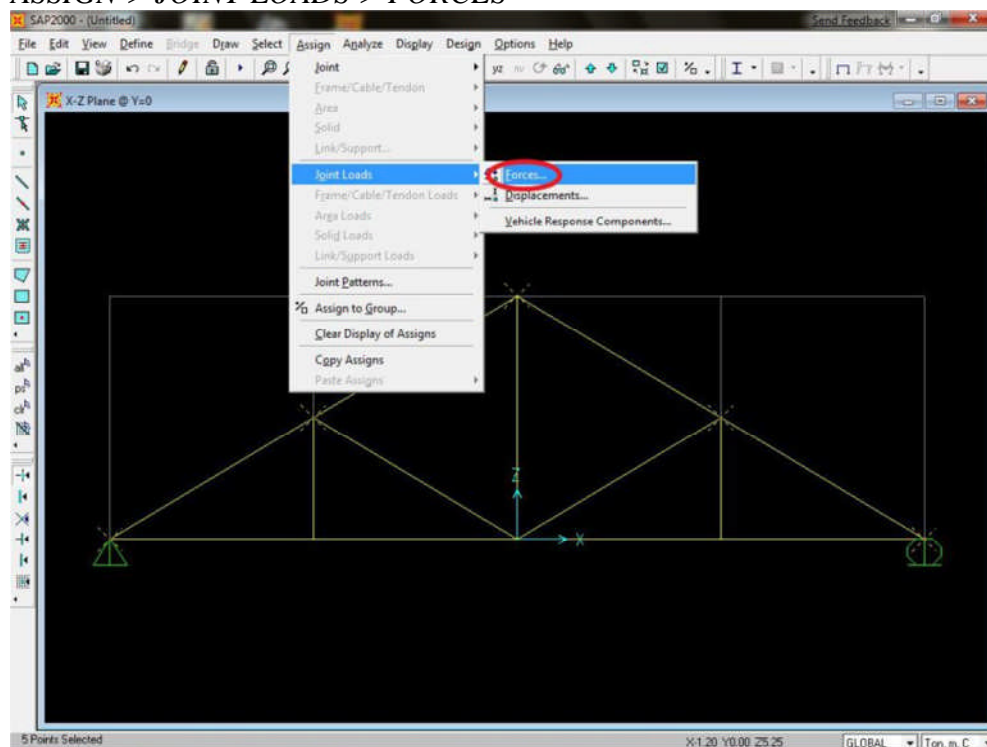
Langkah 15

Setelah meng-klik *Set Select Mode*, sekarang klik letak *joint* seperti gambar di bawah sampai bergambar silang (artinya *joint* sudah aktif) untuk merencanakan pembebanan pada *joint* tersebut.



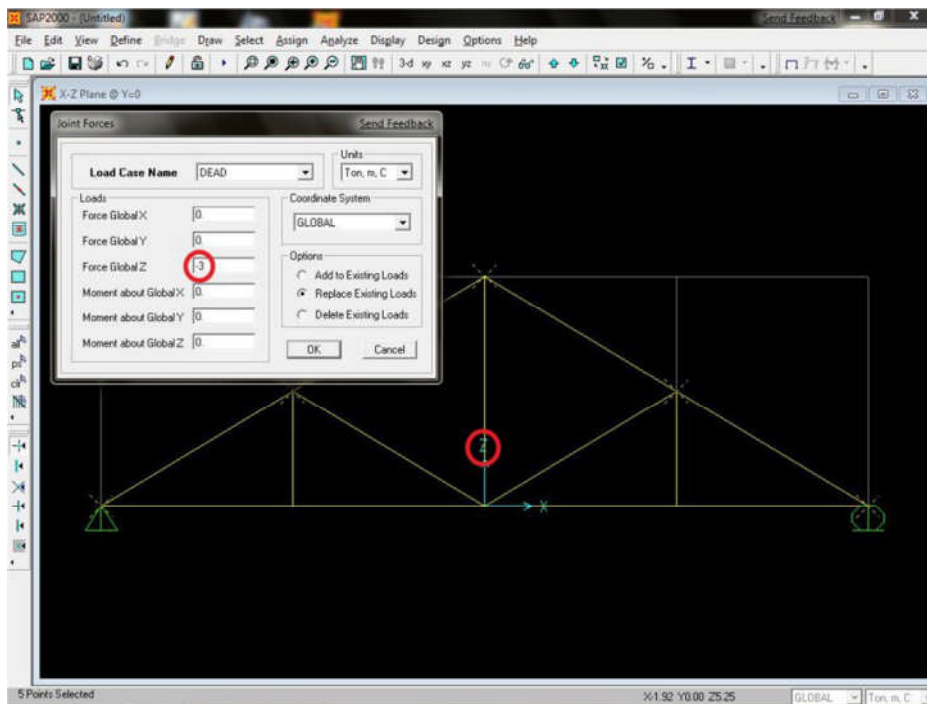
Langkah 16

Saya akan memberikan beban terpusat pada semua *joint* yang sudah saya aktifkan, caranya : *klik ASSIGN > JOINT LOADS > FORCES*



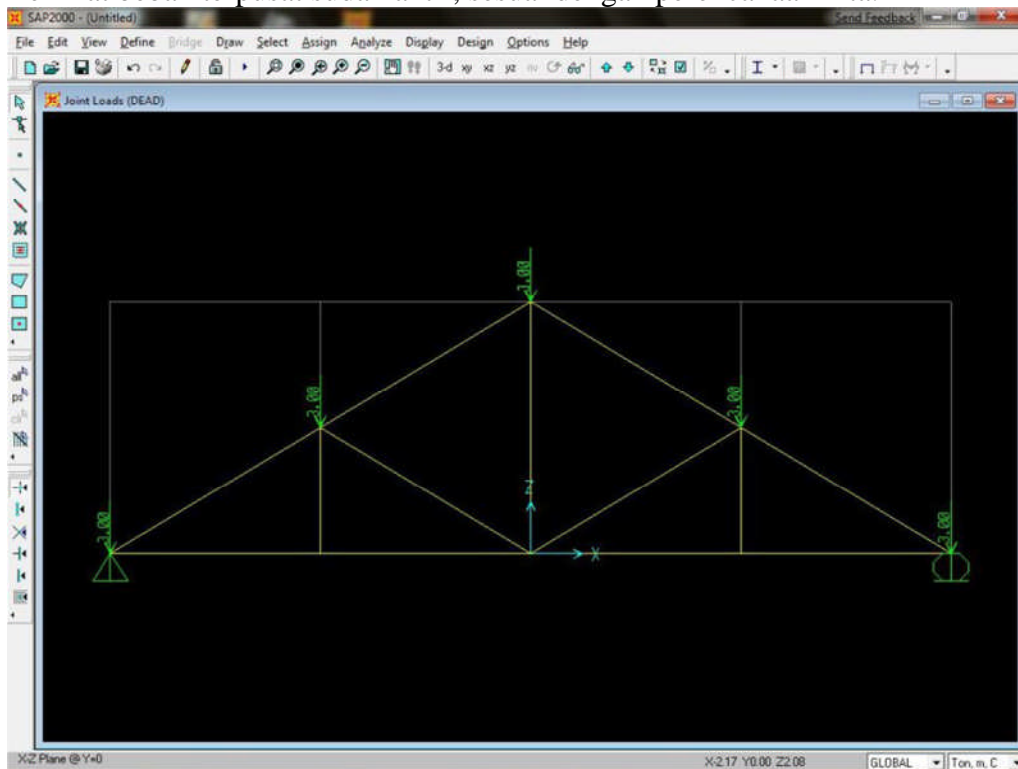
Langkah 17

Karena *Local axes* (Sumbu lokal) pada arah vertikal adalah Z, maka saya akan memberikan beban sebesar 3 ton pada kolom *Force Global Z*, dan saya menambahkan tanda negatif (-) karena arahn gayanya ke bawah.



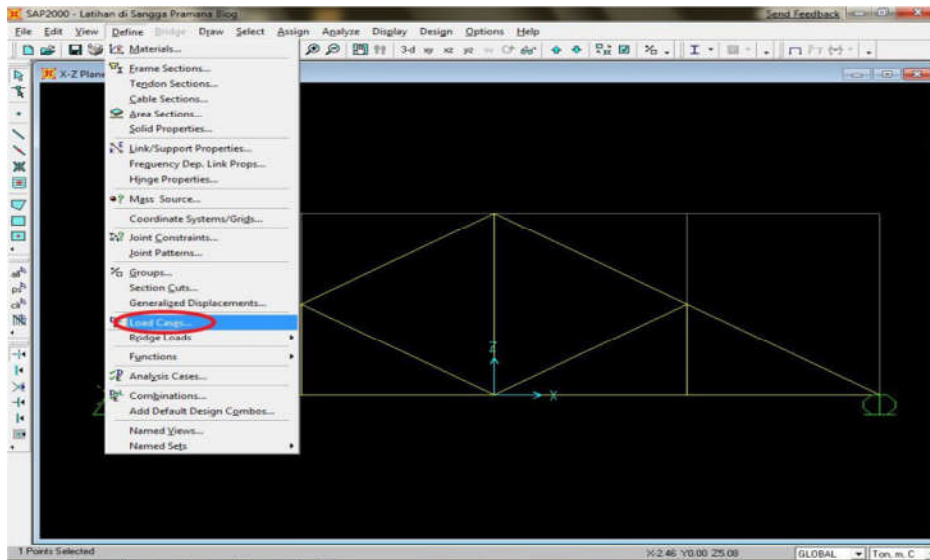
Langkah 18

Terlihat beban terpusat sudah aktif, sesuai dengan perencanaan kita.



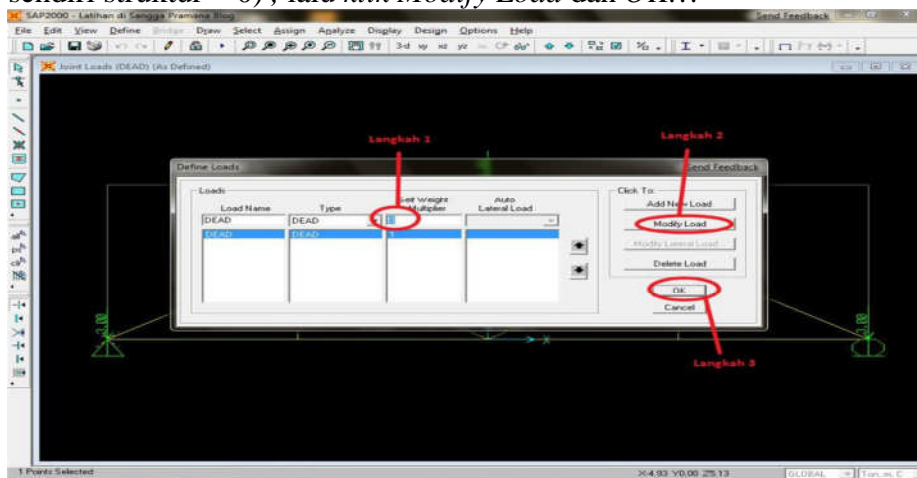
Langkah 19

Karena kita akan mencari gaya dalam (batang), tanpa menghiraukan apakah penampang dari beton, baja, dll. Maka elemen frame yang kita gambar yaitu W18x35 tidak boleh terhitung oleh SAP, **karena akan mempengaruhi reaksi dan gaya dalamnya, maka dari itu kita akan meniadakan berat sendiri struktur, sebenarnya ada 2 cara : yaitu dengan mengganti material menjadi other dan mass weight nya di jadikan 0, serta menggunakan momen release.** Sedangkan cara ke-2 adalah dengan mengubah dead loadnya menjadi 0, artinya beban mati/berat sendiri struktur juga 0. Kita akan memakai cara ke-2 karena lebih mudah daripada cara 1. Caranya : klik DEFINE > LOAD CASES



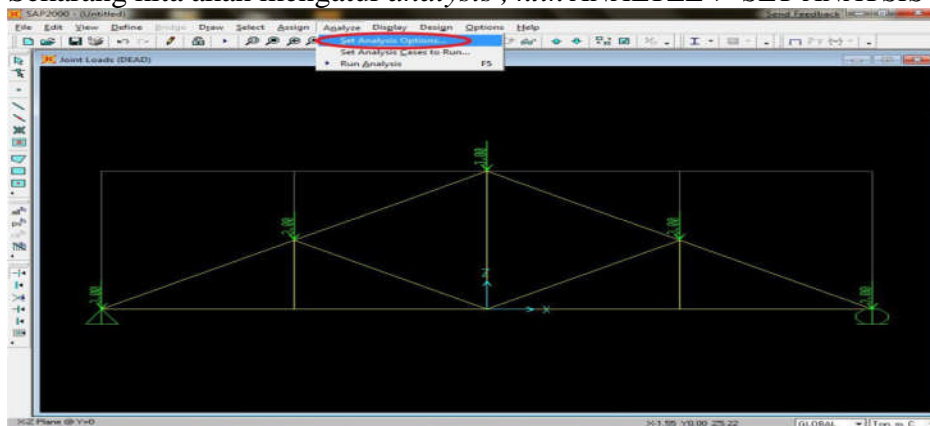
Langkah 20

Setelah masuk *Load Cases* lalu kita ganti *SWP (Self Weight Multiplier)* nya jadi 0 (artinya berat sendiri struktur = 0), lalu *klik Modify Load* dan *OK!!!*



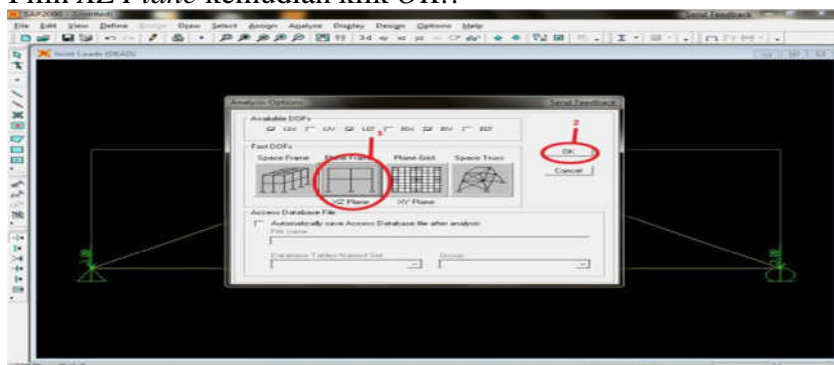
Langkah 21

Sekarang kita akan mengatur *analysis*, *klik ANALYZE > SET ANALYSIS OPTION*



Langkah 22

Pilih *XZ Plane* kemudian *klik OK!!*

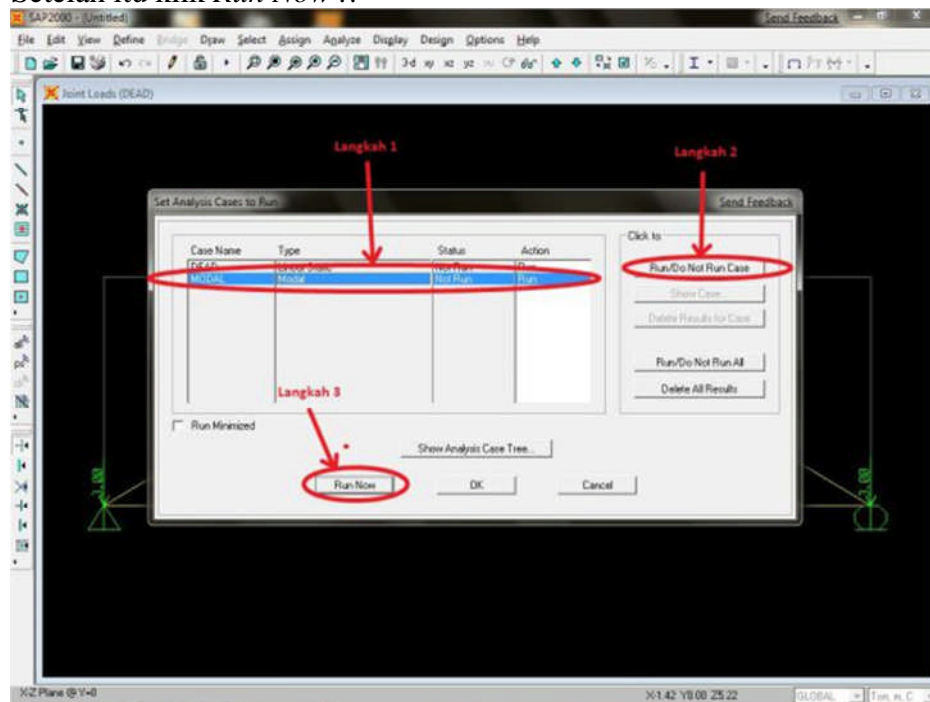


Langkah 23

Setelah mengatur *Analyze*, klik *ANAYZE* > *RUN ANALYSIS* atau langsung tekan *F5*. (Maaf langkah 25 ini tidak disertai gambar)

Langkah 24

Klik *Modal* karena kita tidak perlu menganalisis nya, lalu klik *Do Not Run* agar modal tidak aktif. Setelah itu klik *Run Now* !!

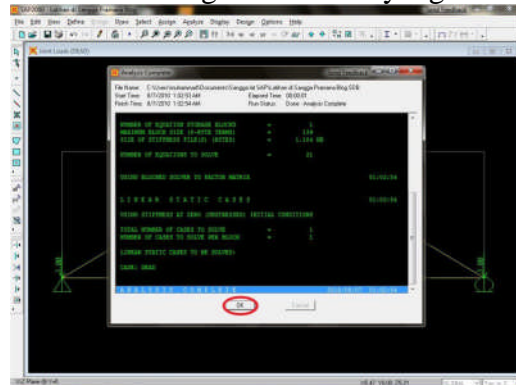


Langkah 25

Sebelum memulai menganalisis kita akan diminta untuk menyimpan data seperti dibawah. Maka kita masukkan "Latihan TRUS" lalu klik *SAVE*

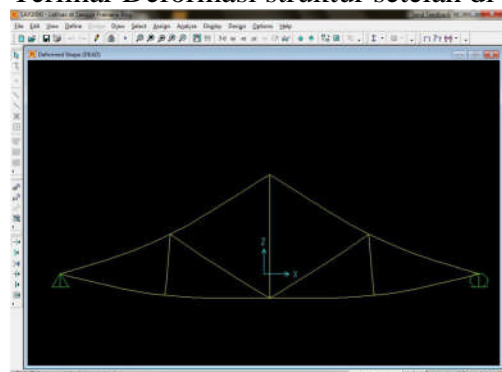
Langkah 26

SAP akan menganalisis data yang telah kita buat tadi. Setelah selesai ,klik *OK*!!



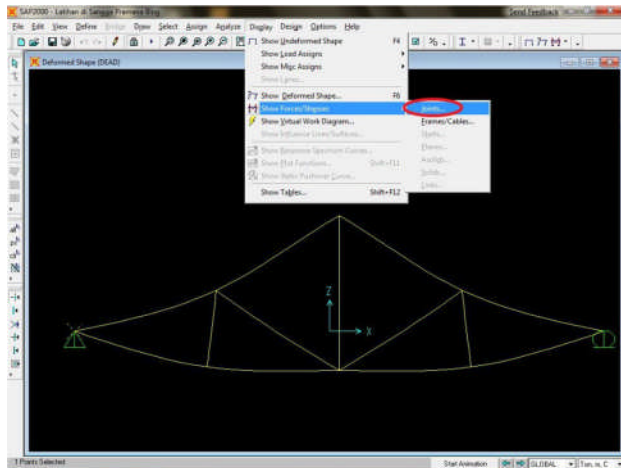
Langkah 27

Terlihat Deformasi struktur setelah di Analisis.



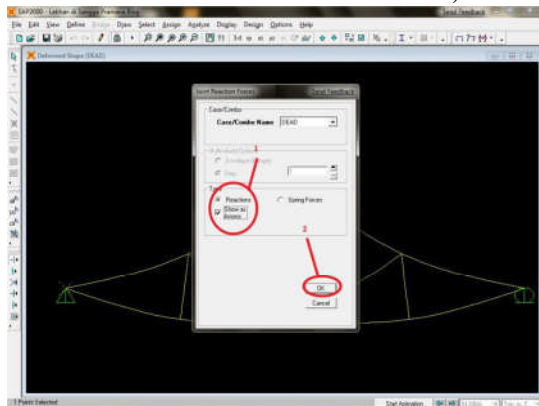
Langkah 28

Untuk melihat Reaksi Tumpuan dari Sendi-Rol dapat dilakukan dengan klik *DISPLAY > SHOW FORCES/STRESSED > JOINT*



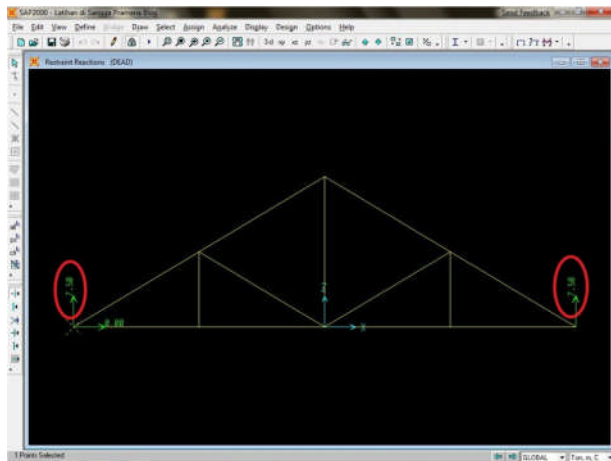
Langkah 29

Tandai *Reaction* dan *Show Arrows*, kemudian klik OK !!!



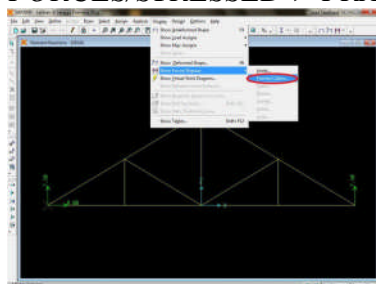
Langkah 30

Dapat dilihat hasil perhitungan reaksi perletakan sebesar 7,5 ton ke atas pada kedua *restraint* (tumpuan) sendi dan rol. Perhitungan benar, karena sama dengan jumlah beban luar dari rangka kuda-kuda.



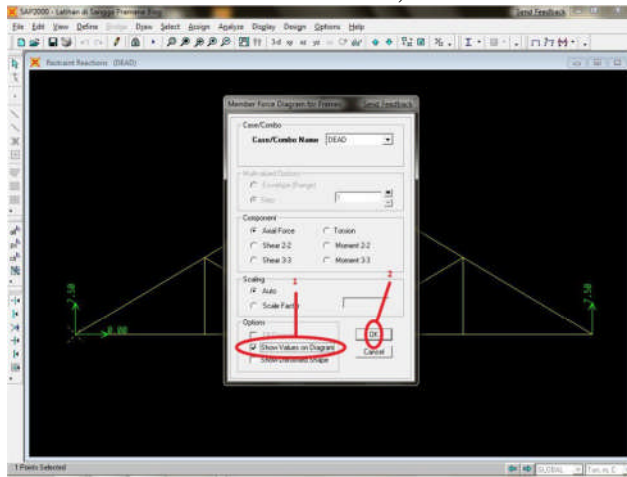
Langkah 31

Untuk melihat gaya batang yang bekerja pada rangka kuda-kuda, caranya : klik *DISPLAY > SHOW FORCES/STRESSED > FRAMES/CABLE*



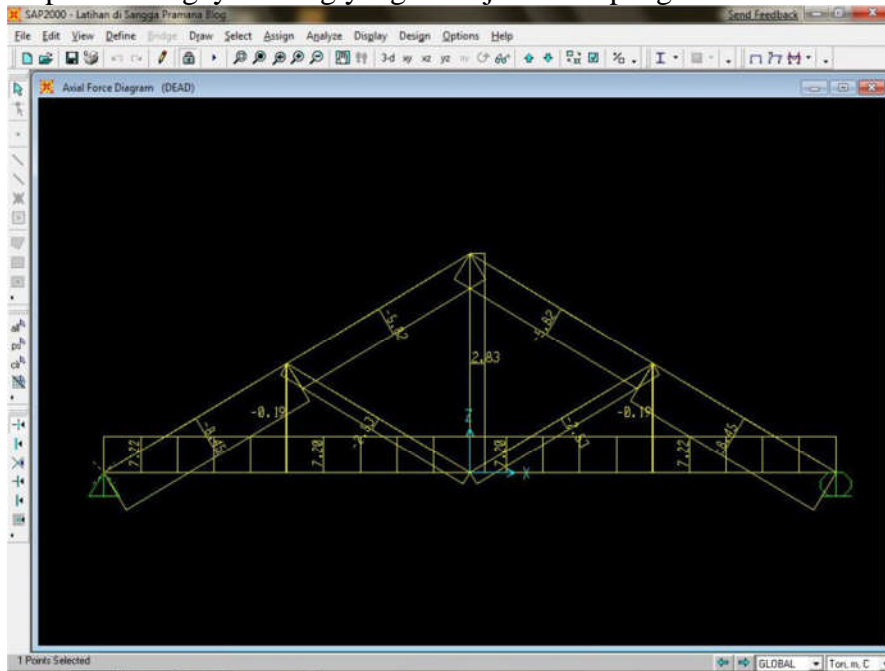
Langkah 32

Biarkan semua default kecuali, *Show Value on diagram* di aktifkan, kemudian klik OK!!!



Langkah 33

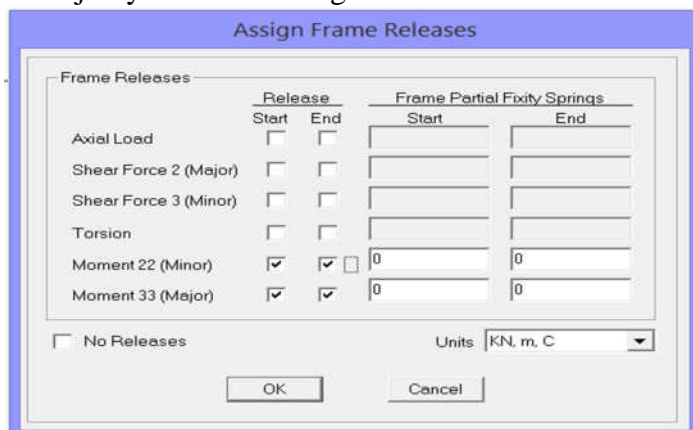
Dapat dilihat gaya batang yang bekerja karena pengaruh beban luar dari rangka kuda-kuda.



Lho kok beda dengan hitungan manual ?????

Oh ya.... lupa ... bahwa sambungan antara batang dalam truss ini tidak menahan momen, maka kita hilangkan hubungan sambungan dengan menu Assign – Frame – Release/Fixed

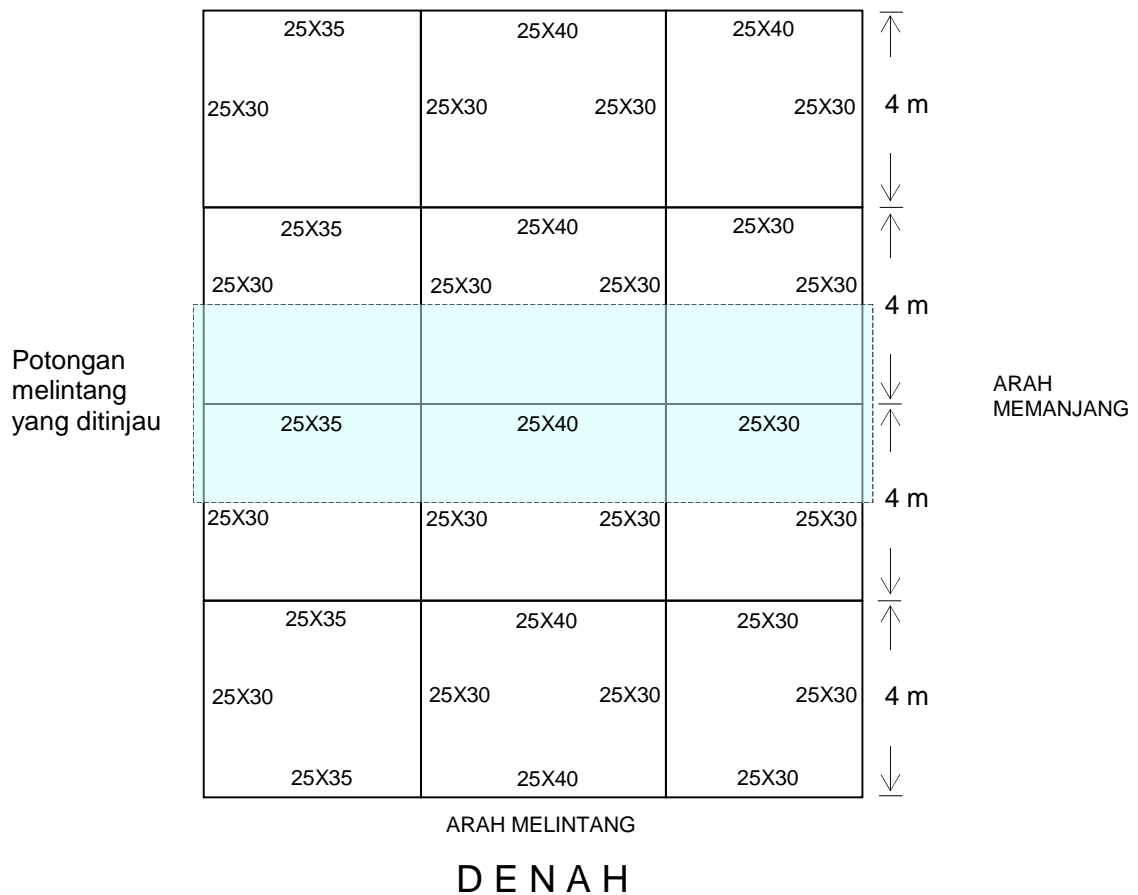
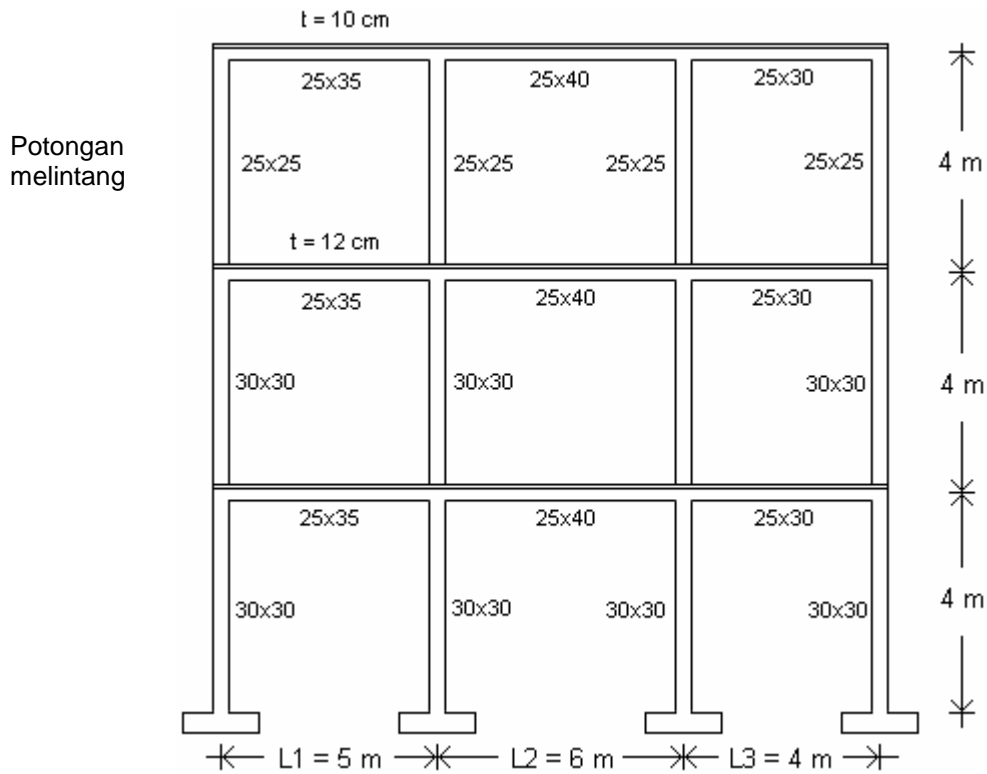
Selanjutnya kita centrang di M33 dan M22



Nah sekarang hasil gaya batang telah sesuai hitungan manual.

MODUL SAP2000 SESI 3

STRUKTUR PORTAL BERTINGKAT 2D



Beban-belan yang diperhitungkan.

a. Beban mati (berat sendiri),

- Balok melintang (balok T diabaikan) dan kolom (dihitung SAP2000).
- Balok memanjang ukuran 25x30 cm, $P = 0,25 \times 0,30 \times 4,0 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 720 \text{ kg}$.
- Pelat lantai (*metode ampelop diabaikan*).
- Atap, tebal $t = 10 \text{ cm}$, $Q1 = (4 \text{ m}) \times (0,10 \text{ m}) \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 960 \text{ kg/m}^2$.
- Lantai, tebal $t = 12 \text{ cm}$, $Q2 = (4 \text{ m}) \times (0,12 \text{ m}) \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 1152 \text{ kg/m}^2$.

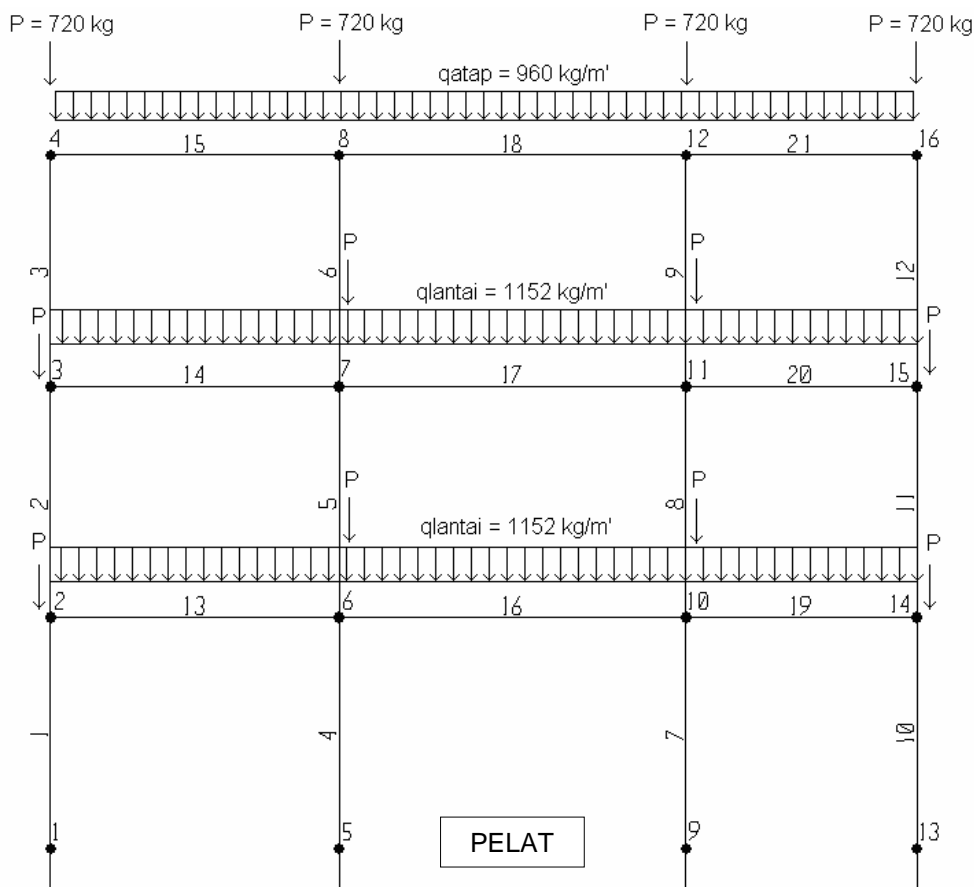
b. Beban hidup,

- Muatan hidup lantai (*metode ampelop diabaikan*) = 250 kg/m^2 ,
MHL = $(4 \text{ m}) \times 250 \text{ kg/m}^2 = 1000 \text{ kg/m}$.
- Muatan angin datang $Wd = (0,9) \times 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 25 \text{ kg/m}^2 = 360 \text{ kg}$;
- Muatan angin pergi $Wp = (0,4) \times 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 25 \text{ kg/m}^2 = 160 \text{ kg}$
(tekanan angin minimum = 25 kg/m^2).

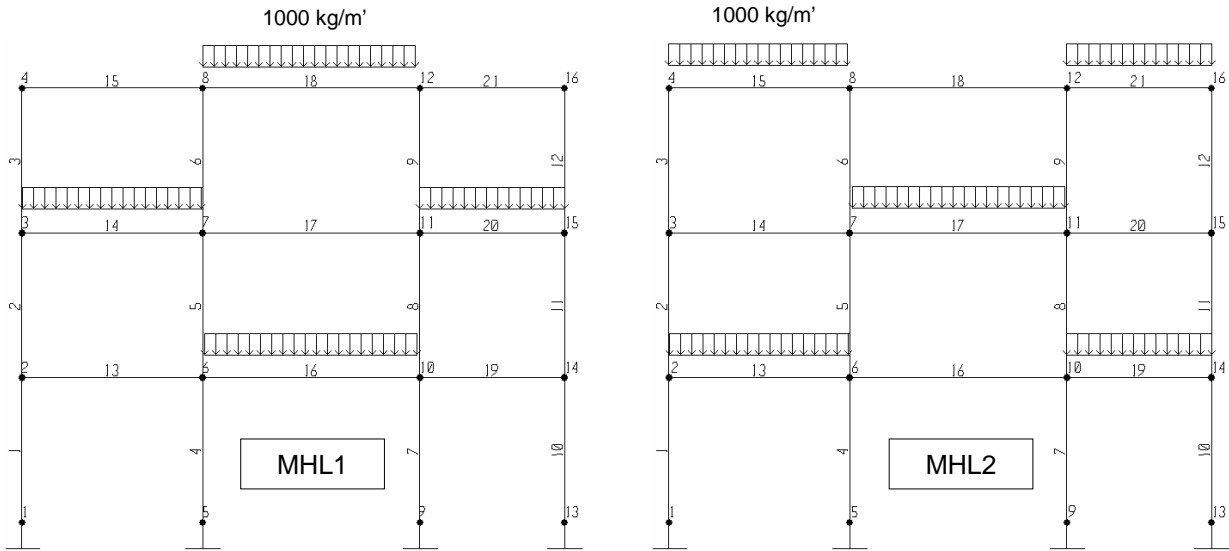
KUAT PERLU (SK SNI 2002),

- $U = 1,4 \text{ DL}$ (DL = beban mati = berat sendiri)
- $U = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$ (LL = muatan hidup lantai)
- $U = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} \pm 1,6 \text{ W}$ (W = muatan angin kiri/kanan)

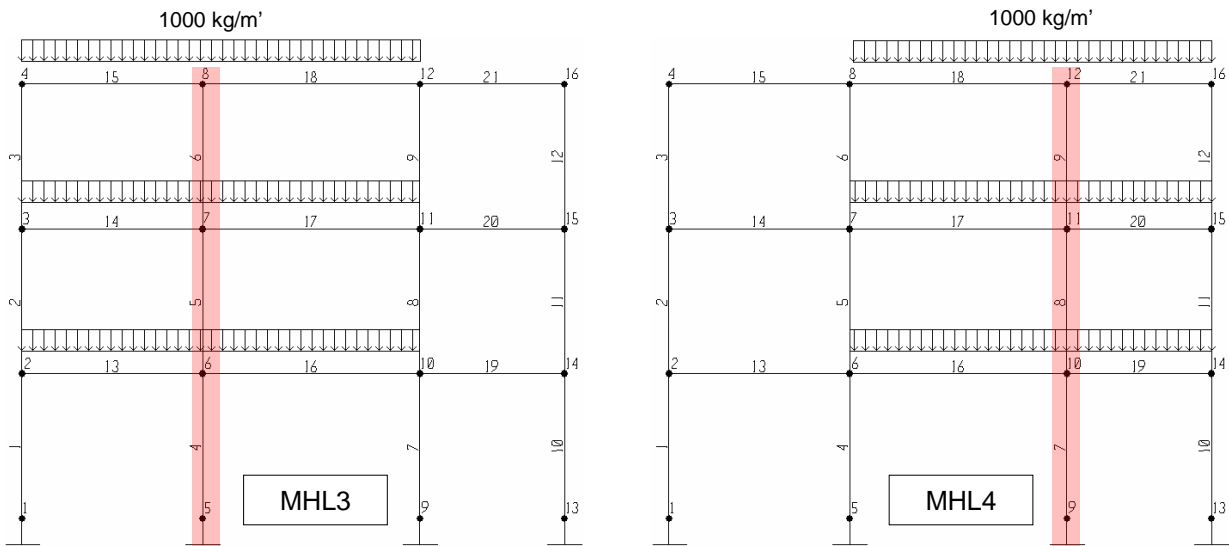
SISTEM PEMBEBANAN MUATAN MATI PELAT LANTAI DAN BALOK MEMANJANG.
(Metode ampelop diabaikan pada contoh ini)



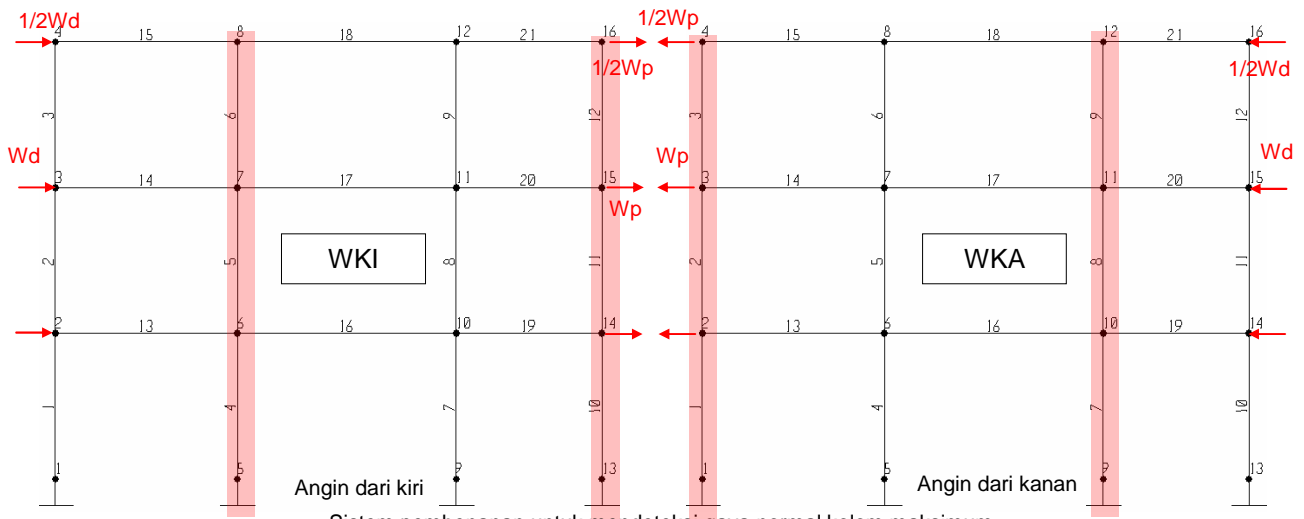
SISTEM PEMBEBANAN MUATAN HIDUP LANTAI DAN ANGIN.



Sistem pembenan untuk mendeteksi *momen lapangan maksimum*



Sistem pembenan untuk mendeteksi *gaya normal kolom maksimum dan momen jepit maksimum*



Sistem pembenan untuk mendeteksi *gaya normal kolom maksimum*

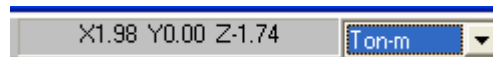
$W_d = 360 \text{ kg}$; $W_p = 160 \text{ kg}$

Menu SAP 2000

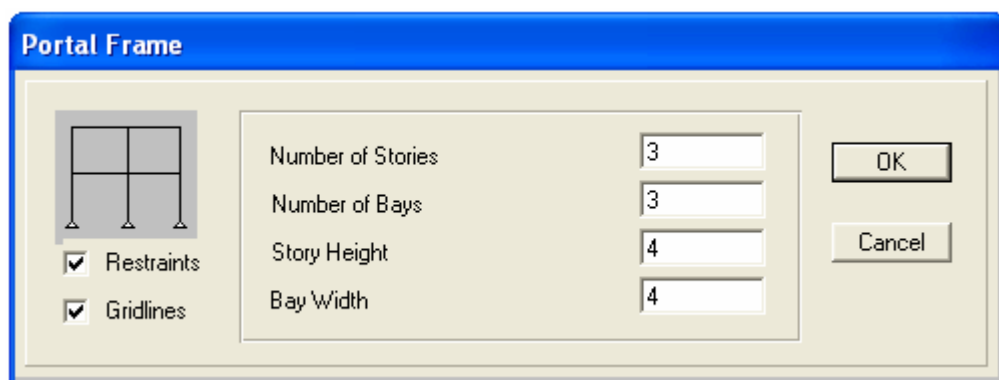
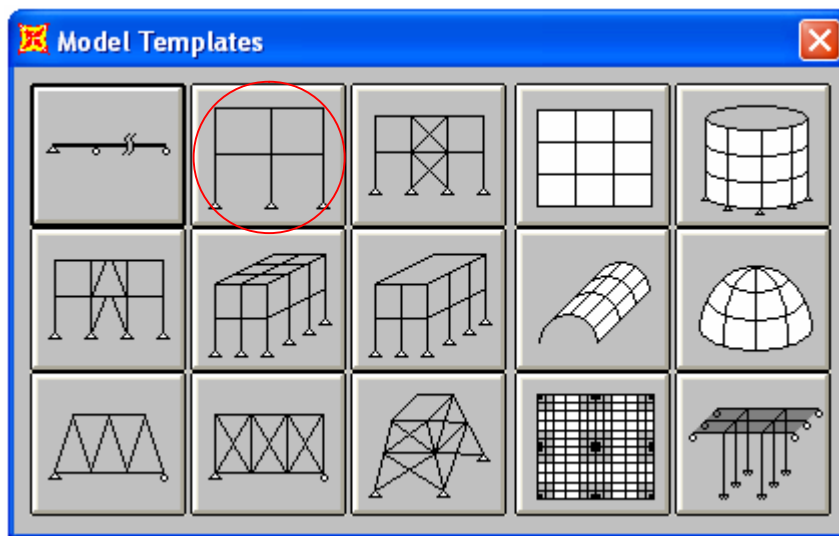
Struktur portal adalah suatu struktur dengan material dari baja/beton, tersusun dari balok dan kolom, dimana pada hubungan balok dan kolom terdapat momen dan gaya lintang.

Langkah-langkah :

1. Buatlah direktory tempat data-data SAP2000 tersimpan.
2. Buka SAP2000.
3. Tentukan satuan berat, panjang pada sudut kanan bawah layar monitor.



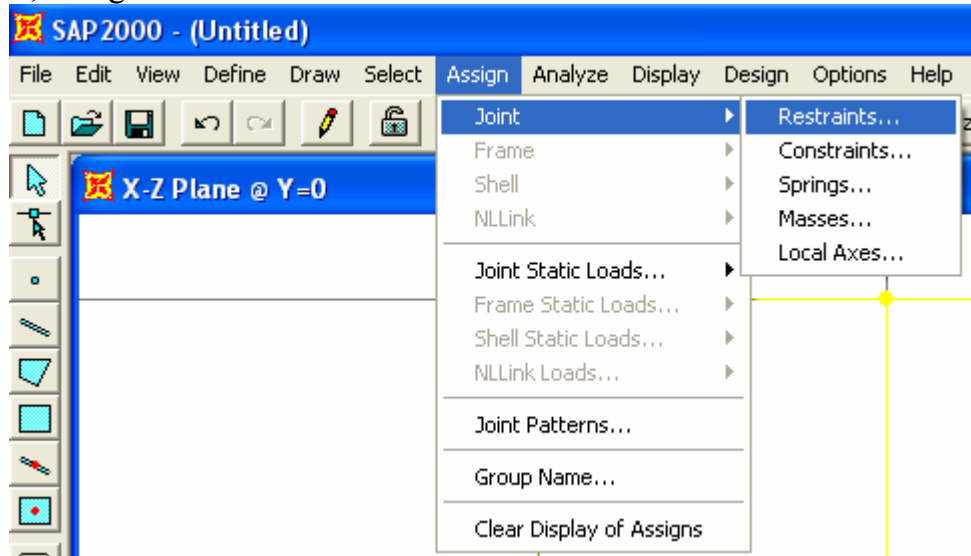
4. Menu File → New Model From Template
Pilih portal,



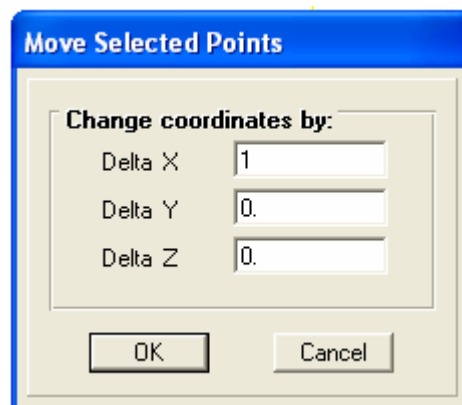
Portal terbagi atas 3 bentang (bays) dan 3 tingkat (story), dengan tinggi tingkat 4 meter dan lebar bentang 4 meter.

OK.

5. Robah perletakan dari Sendi menjadi perletakan jepit.
Menu, Assign → Joint → Restraints



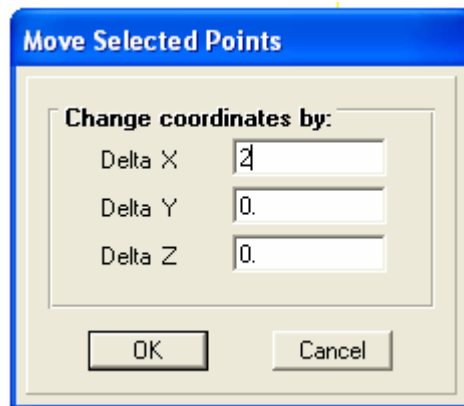
6. Blok 2 bentang sebelah kanan, untuk merubah panjang bentang paling kiri dari 4 meter menjadi 5 meter.
Menu, Edit → Move



Tulis pada baris Delta X = 1 (artinya 1 meter)

7. Blok bentang paling kanan, untuk merubah panjang bentang yang ditengah dari 4 meter menjadi 6 meter.

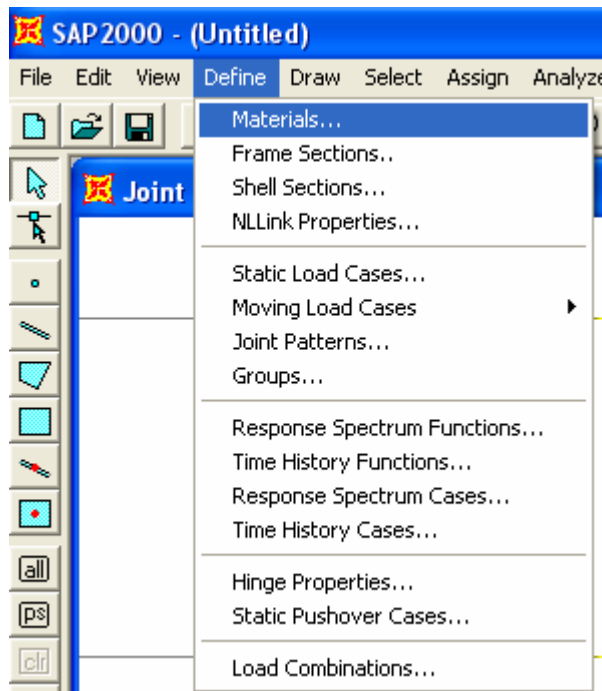
Menu, Edit → Move

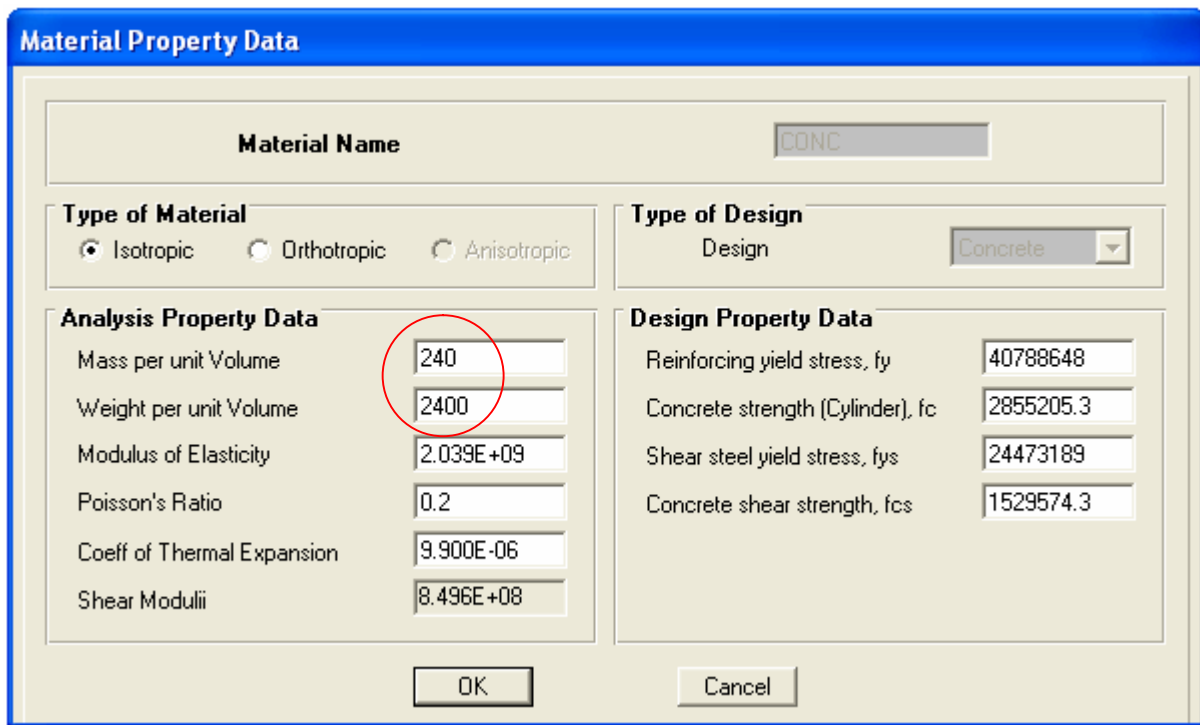


Tulis pada baris Delta X = 2 (artinya 2 meter)

8. Tetapkan Material.

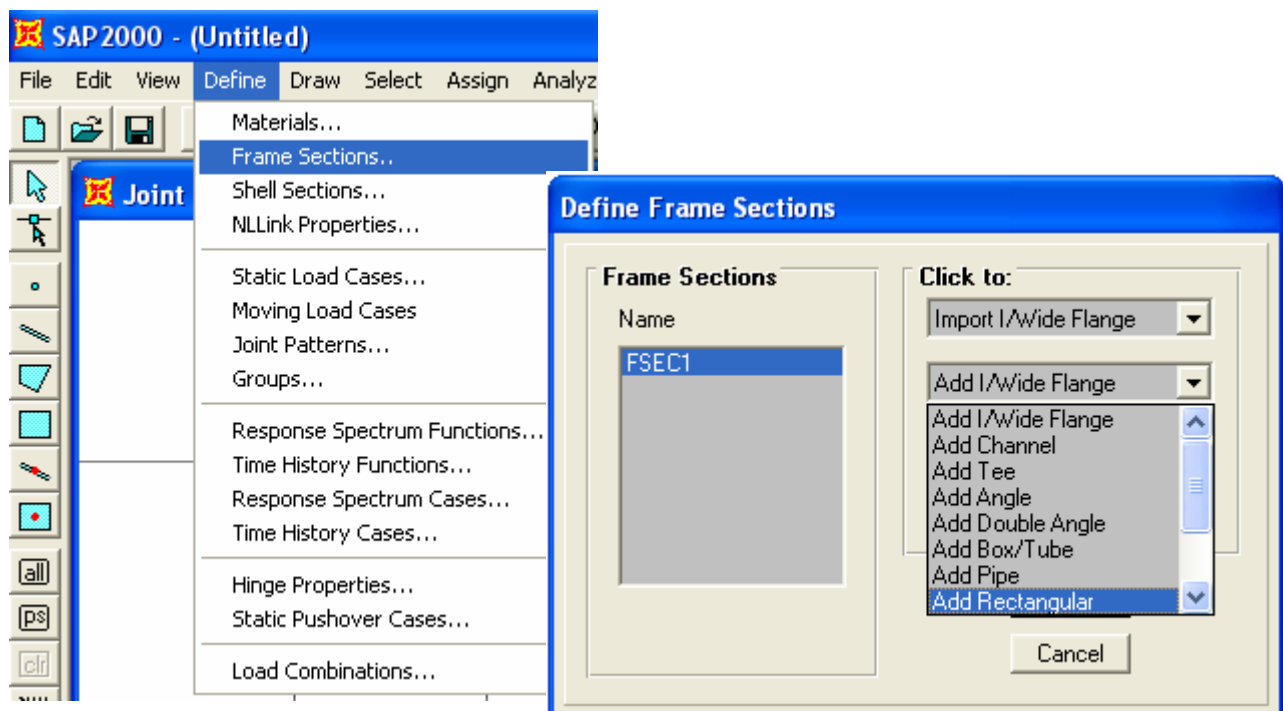
Menu, Define → Materials

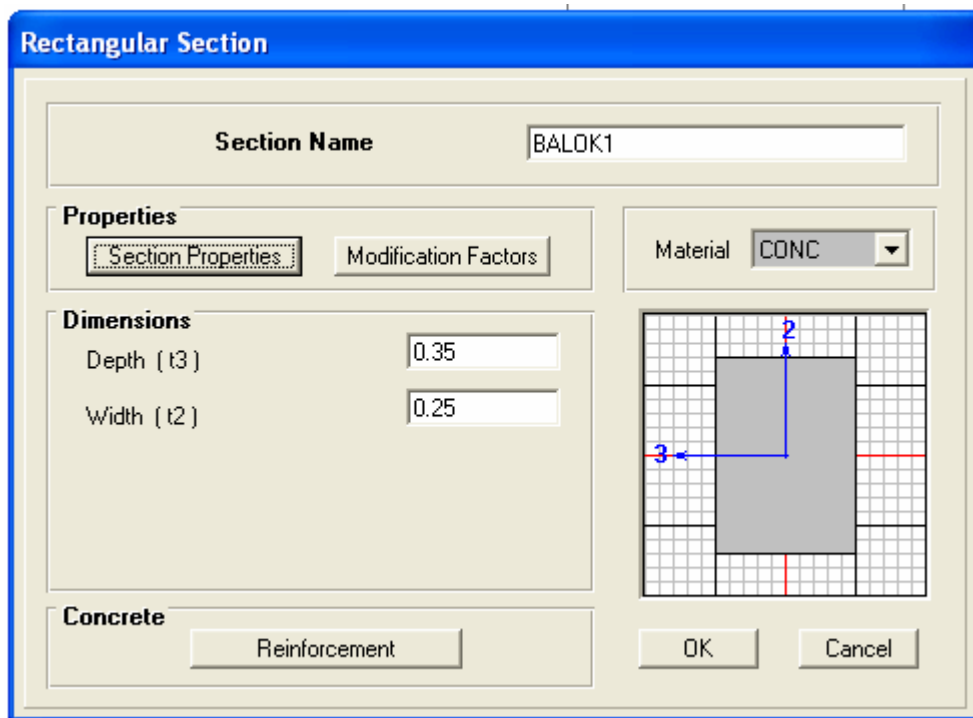




Tetapkan, Massa persatuan volume = 240 kg/m^3 , berat persatuan volume = 2400 kg/m^3 .

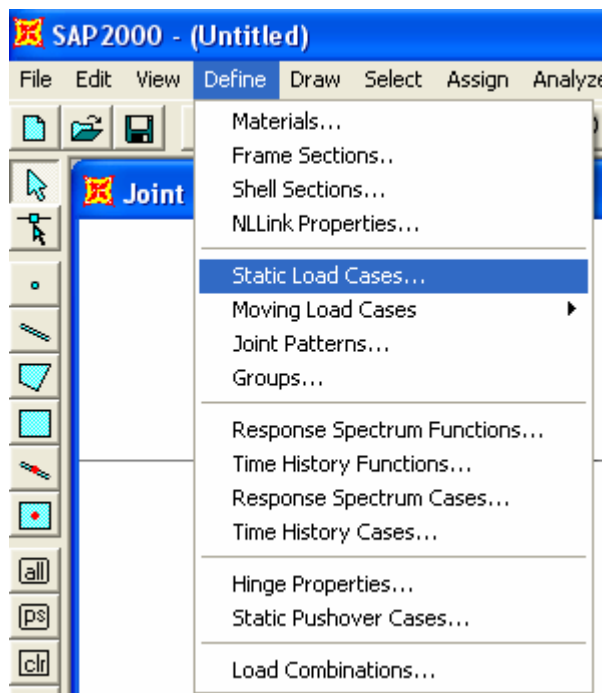
9. Tetapkan penampang balok dan kolom.
 BALOK1 = 25x35, BALOK2 = 25x40, BALOK3 = 25x30
 KOLOM1 = 25x25, KOLOM2 = 30x30.
 Menu,
 Define → Frame Sections → Add Rectangular,

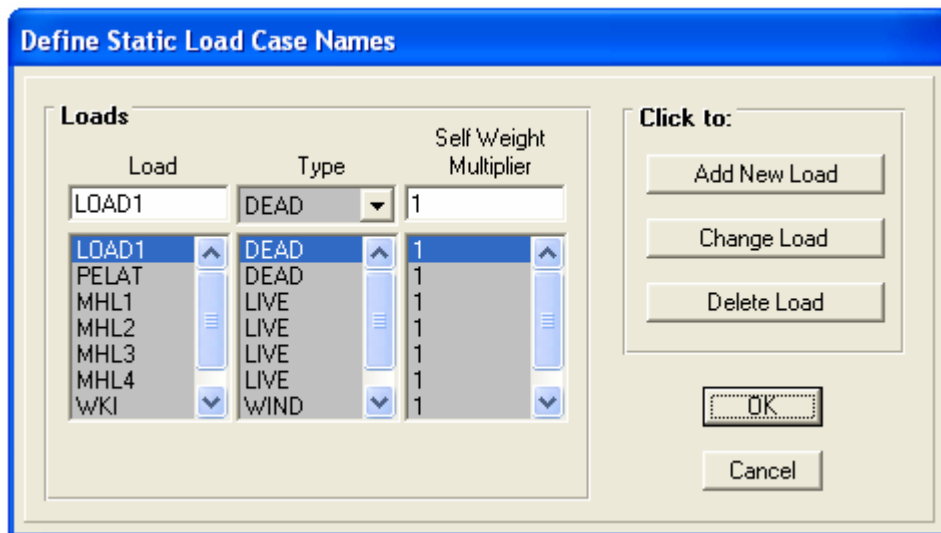




Dan seterusnya.....

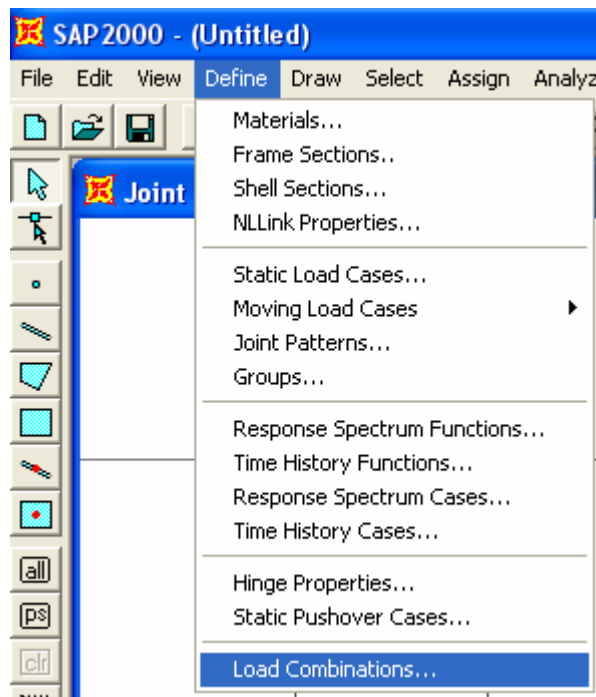
10. Tetapkan jenis-jenis beban, Define → Static Load Cases,



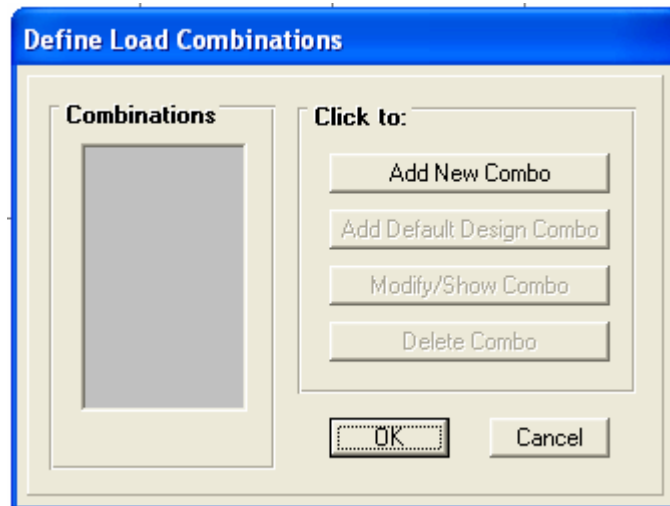


- LOAD1 = berat sendiri balok dan kolom (BEBAN MATI).
- PELAT = berat sendiri pelat dan balok memanjang (BEBAN MATI).
- MHL1 = beban hidup lantai (momen maksimum lapangan).
- MHL2 = beban hidup lantai (momen maksimum lapangan).
- MHL3 = beban hidup lantai (gaya normal maksimum kolom dan momen jepit maksimum balok).
- MHL4 = beban hidup lantai (gaya normal maksimum kolom dan momen jepit maksimum balok).
- WKI = angin dari kiri.
- WKA = angin dari kanan.

11. Tetapkan kombinasi muatan, Define → Load Combinations,



Add New Combo,



KUAT PERLU (SK SNI 2002),

$U = 1,4 DL$

(DL = beban mati = berat sendiri)

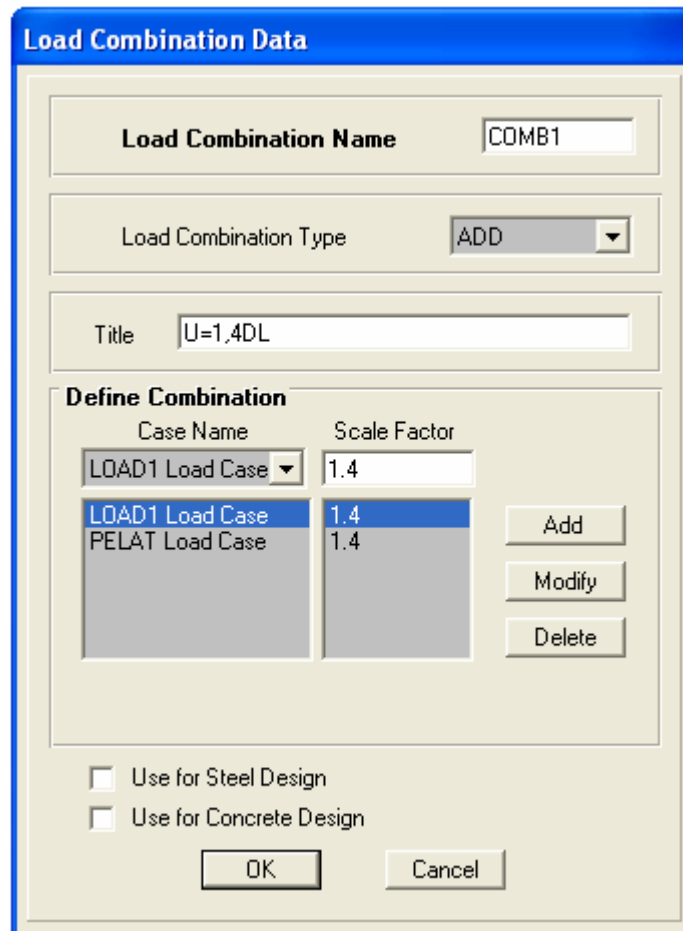
$U = 1,2 DL + 1,6 LL$

(LL = muatan hidup lantai)

$U = 1,2 DL + 1,0 LL \pm 1,6 W$

(W = muatan angin kiri/kanan)

COMB1, Title $U=1,4DL$, LOAD1 load Case + PELAT Load Case,



COMB2, Title $U=1,2DL+1,6LL$,
LOAD1 load Case + PELAT Load Case + MHL1 Load Case,

Load Combination Data

Load Combination Name: COMB2

Load Combination Type: ADD

Title: U=1,2DL+1,6LL

Define Combination

Case Name	Scale Factor
LOAD1 Load Case	1.2
PELAT Load Case	1.2
MHL1 Load Case	1.6

Use for Steel Design
 Use for Concrete Design

OK Cancel

Dan seterusnya,

COMB3, Title $U=1,2DL+1,6LL$,
LOAD1 load Case + PELAT Load Case + MHL2 Load Case

COMB4, Title $U=1,2DL+1,6LL$,
LOAD1 load Case + PELAT Load Case + MHL3 Load Case

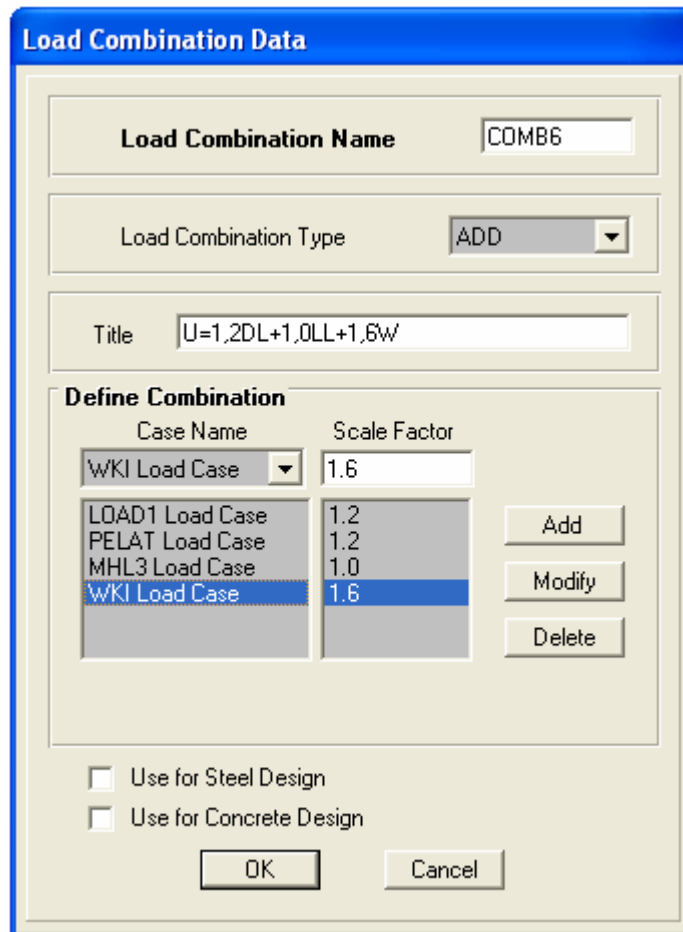
COMB5, Title $U=1,2DL+1,6LL$,
LOAD1 load Case + PELAT Load Case + MHL4 Load Case

COMB6, Title $U=1,2DL+1,0LL+1,6WKI$,
LOAD1 load Case + PELAT Load Case + MHL4 Load Case + WKI Load Case

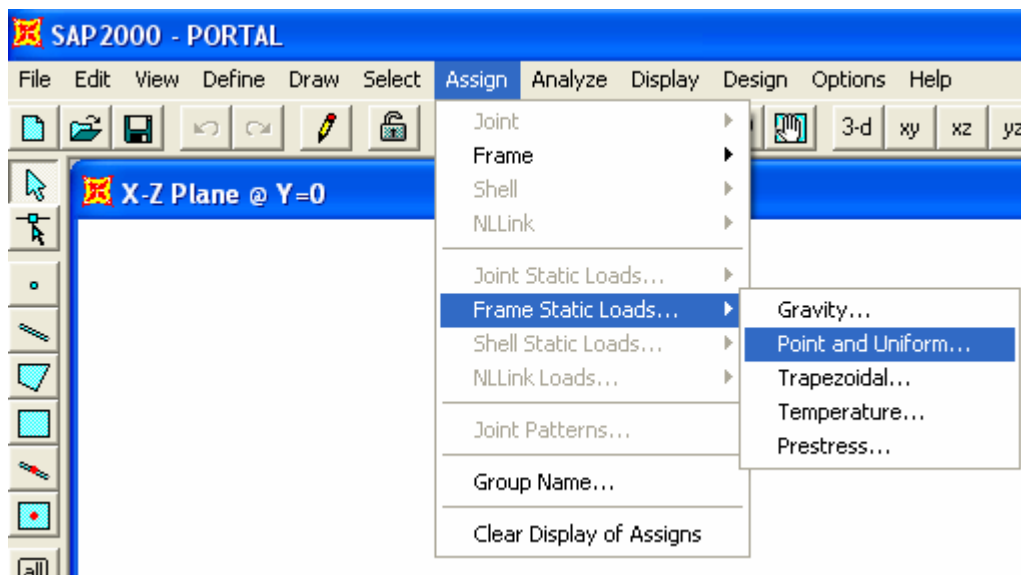
COMB7, Title $U=1,2DL+1,0LL+1,6WKA$,
LOAD1 load Case + PELAT Load Case + MHL4 Load Case + WKA Load Case

SARAN :

Lebih baik membuat kombinasi beban sendiri dengan menggunakan Microsoft Excel, karena dapat dilihat langsung hasil dari gaya-gaya dalam, sehingga dapat diambil keputusan untuk mengkombinasikan, sistem beban mana di kombinasikan dengan sistem beban yang mana sekaligus dapat mengalikannya dengan faktor beban (SK SNI 2002).



12. Menetapkan gaya-gaya yang bekerja.



Menu, Assign → Frame Static Loads → Point and Uniform

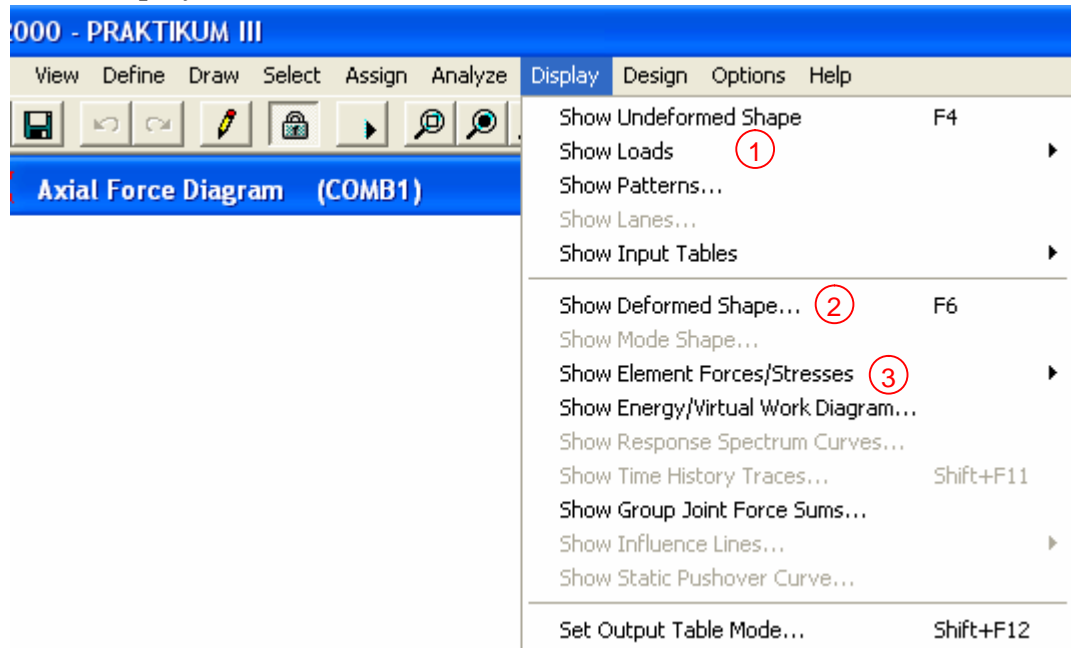
Pilih jenis beban, Load Case Name (PELAT, MHL1, MHL2, MHL3, MHL4, WKI atau WKA).

13. Lakukan eksekusi program.

Menu, Analyze → Run

14. Melihat hasil analisis SAP2000 pada layar monitor.

Menu, Display →



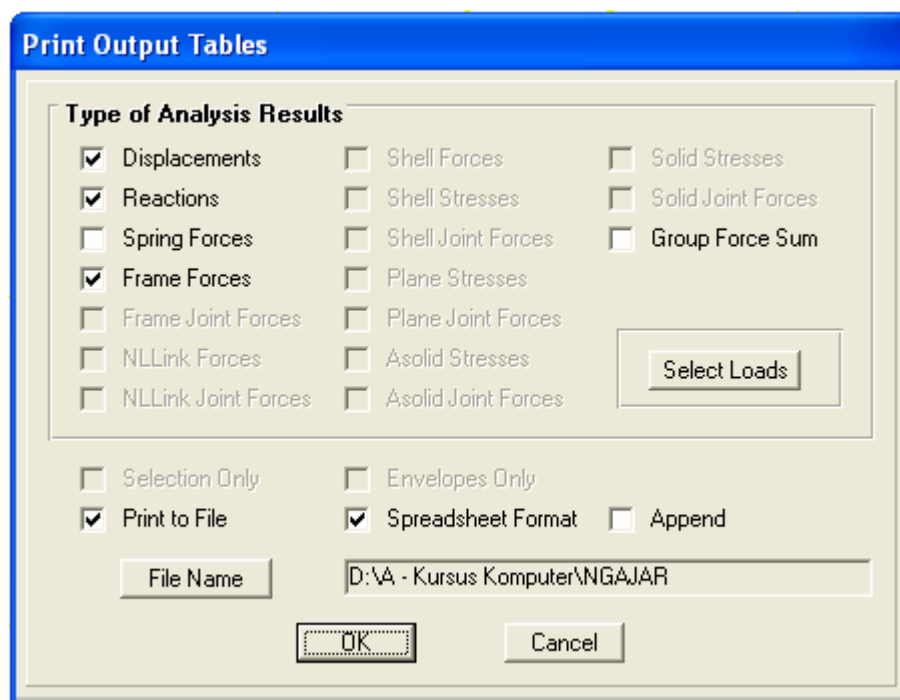
(1). Show Loads = melihat beban-beban yang bekerja dan besar beban.

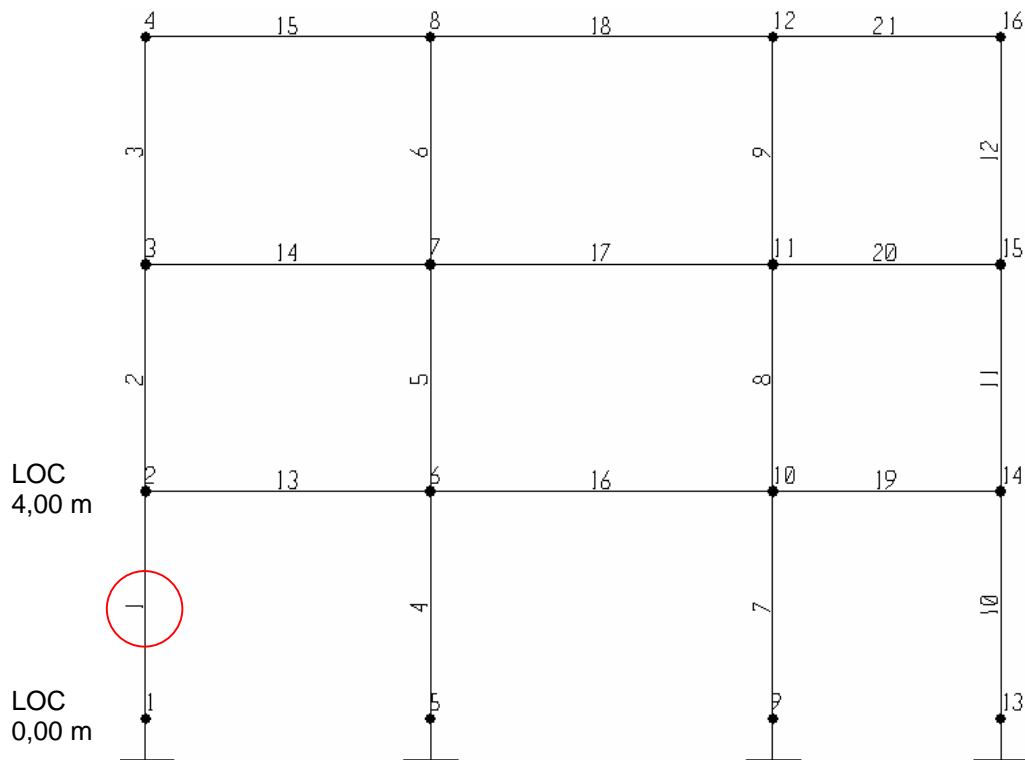
(2). Show Deformed Shape = melihat pelenturan dan besar pelenturan.

(3). Show Element Forces/Stresses = melihat gaya dalam (aksial).

15. Melihat hasil analisis SAP2000 pada print out.

Menu, File → Print Output Tables





Gambar struktur portal dengan nomor buhul (joint) dan nomor batang (frame)

DATA PRINT OUT

Satuan
ton-m'

FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
1	LOAD1	0.000	-3.711	-0.045	0.000	0.000	0.000	-0.059
1	LOAD1	2.000	-3.279	-0.045	0.000	0.000	0.000	0.031
1	LOAD1	4.000	-2.847	-0.045	0.000	0.000	0.000	0.120
1	PELAT	0.000	-13.166	-0.295	0.000	0.000	0.000	-0.389
1	PELAT	2.000	-12.734	-0.295	0.000	0.000	0.000	0.201
1	PELAT	4.000	-12.302	-0.295	0.000	0.000	0.000	0.792
1	MHL1	0.000	-5.748	0.075	0.000	0.000	0.000	0.091
1	MHL1	2.000	-5.316	0.075	0.000	0.000	0.000	-0.058
1	MHL1	4.000	-4.884	0.075	0.000	0.000	0.000	-0.207
1	MHL2	0.000	-8.357	-0.383	0.000	0.000	0.000	-0.498
1	MHL2	2.000	-7.925	-0.383	0.000	0.000	0.000	0.268
1	MHL2	4.000	-7.493	-0.383	0.000	0.000	0.000	1.035
1	MHL3	0.000	-10.295	-0.251	0.000	0.000	0.000	-0.315
1	MHL3	2.000	-9.863	-0.251	0.000	0.000	0.000	0.188
1	MHL3	4.000	-9.431	-0.251	0.000	0.000	0.000	0.690
1	MHL4	0.000	-3.223	-0.029	0.000	0.000	0.000	-0.060
1	MHL4	2.000	-2.791	-0.029	0.000	0.000	0.000	-0.003
1	MHL4	4.000	-2.359	-0.029	0.000	0.000	0.000	0.055
1	WKI	0.000	-3.262	0.248	0.000	0.000	0.000	0.656
1	WKI	2.000	-2.830	0.248	0.000	0.000	0.000	0.160
1	WKI	4.000	-2.398	0.248	0.000	0.000	0.000	-0.337
1	WKA	0.000	-4.160	-0.336	0.000	0.000	0.000	-0.770
1	WKA	2.000	-3.728	-0.336	0.000	0.000	0.000	-0.098
1	WKA	4.000	-3.296	-0.336	0.000	0.000	0.000	0.575

Modul SAP 2000,

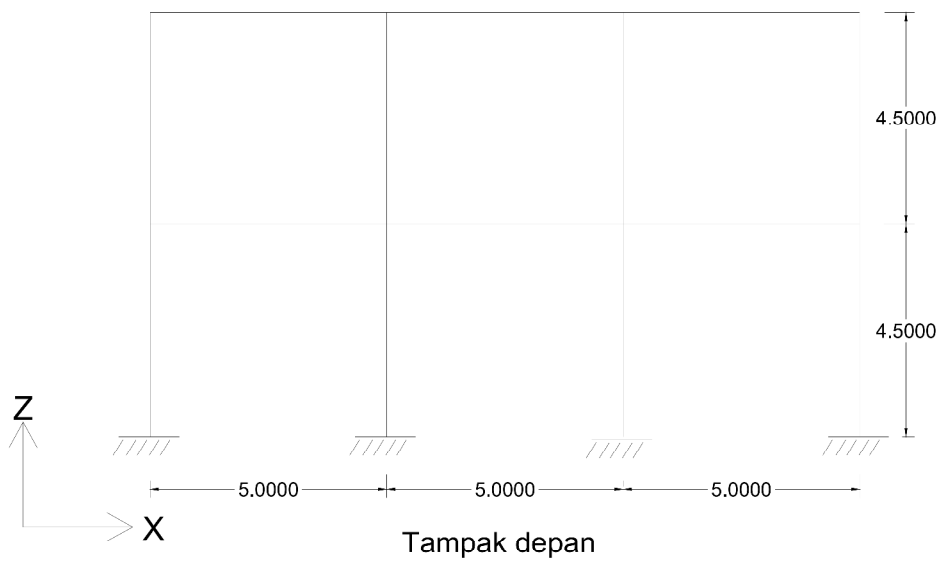
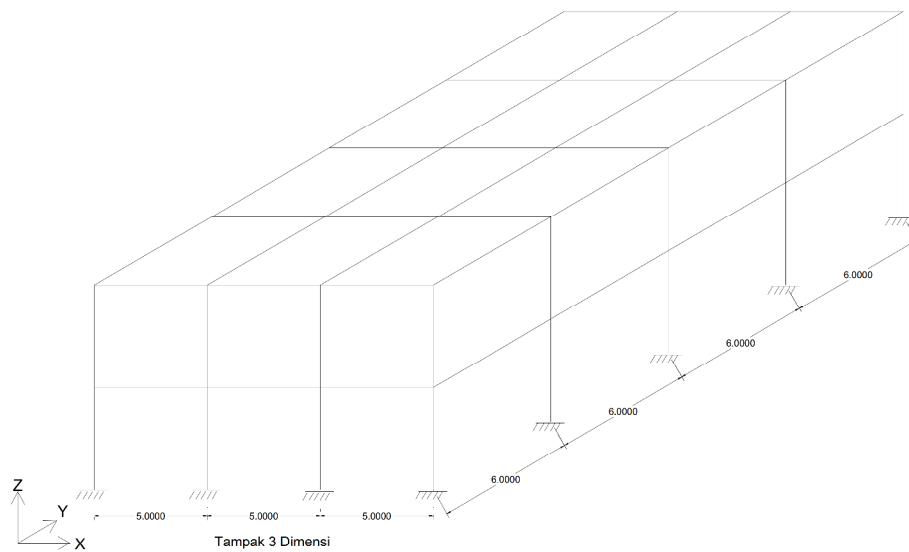
1	COMB1	0.000	-23.628	-0.476	0.000	0.000	0.000	-0.628
1	COMB1	2.000	-22.418	-0.476	0.000	0.000	0.000	0.325
1	COMB1	4.000	-21.209	-0.476	0.000	0.000	0.000	1.278
1	COMB2	0.000	-29.449	-0.289	0.000	0.000	0.000	-0.392
1	COMB2	2.000	-27.721	-0.289	0.000	0.000	0.000	0.186
1	COMB2	4.000	-25.993	-0.289	0.000	0.000	0.000	0.764
1	COMB3	0.000	-33.624	-1.021	0.000	0.000	0.000	-1.335
1	COMB3	2.000	-31.896	-1.021	0.000	0.000	0.000	0.708
1	COMB3	4.000	-30.168	-1.021	0.000	0.000	0.000	2.751
1	COMB4	0.000	-36.725	-0.810	0.000	0.000	0.000	-1.041
1	COMB4	2.000	-34.997	-0.810	0.000	0.000	0.000	0.579
1	COMB4	4.000	-33.269	-0.810	0.000	0.000	0.000	2.199
1	COMB5	0.000	-25.409	-0.454	0.000	0.000	0.000	-0.634
1	COMB5	2.000	-23.681	-0.454	0.000	0.000	0.000	0.274
1	COMB5	4.000	-21.953	-0.454	0.000	0.000	0.000	1.183
1	COMB6	0.000	-35.767	-0.262	0.000	0.000	0.000	0.197
1	COMB6	2.000	-33.607	-0.262	0.000	0.000	0.000	0.722
1	COMB6	4.000	-31.447	-0.262	0.000	0.000	0.000	1.246
1	COMB7	0.000	-30.131	-0.975	0.000	0.000	0.000	-1.830
1	COMB7	2.000	-27.971	-0.975	0.000	0.000	0.000	0.120
1	COMB7	4.000	-25.811	-0.975	0.000	0.000	0.000	2.069

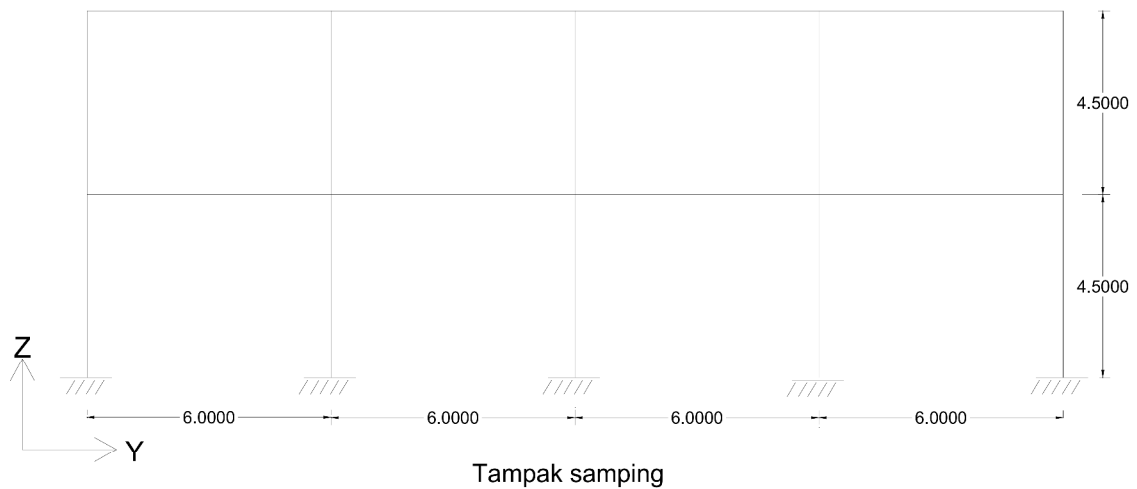
ANALISA STRUKTUR BAJA 3 DIMENSI

CONTOH 3 :

Struktur bangunan gedung baja dengan data-data perencanaan sebagai berikut :

Gambar denah balok kolom :





Dimensi penampang:

- Kolom = WF 400x400x13x21
- Balok Lantai = WF 350x175x7x11
- Balok Atap = WF 250x125x6x9

Material Baja (BJ 37):

- Berat volume = 7850 kg/m^3
- Modulus Elastis (E) = 200.000 Mpa
- Poisson ratio = 0,3
- Koefisien pemuaian (α) = $12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
- Tegangan Leleh (f_y) = 240 Mpa
- Tegangan Putus (f_u) = 370 Mpa

Pembebanan:

Atap

- Hidup = 100 kg/m^2
- Mati = 250 kg/m^2

Lantai

- Hidup = 250 kg/m^2
- Mati = 500 kg/m^2

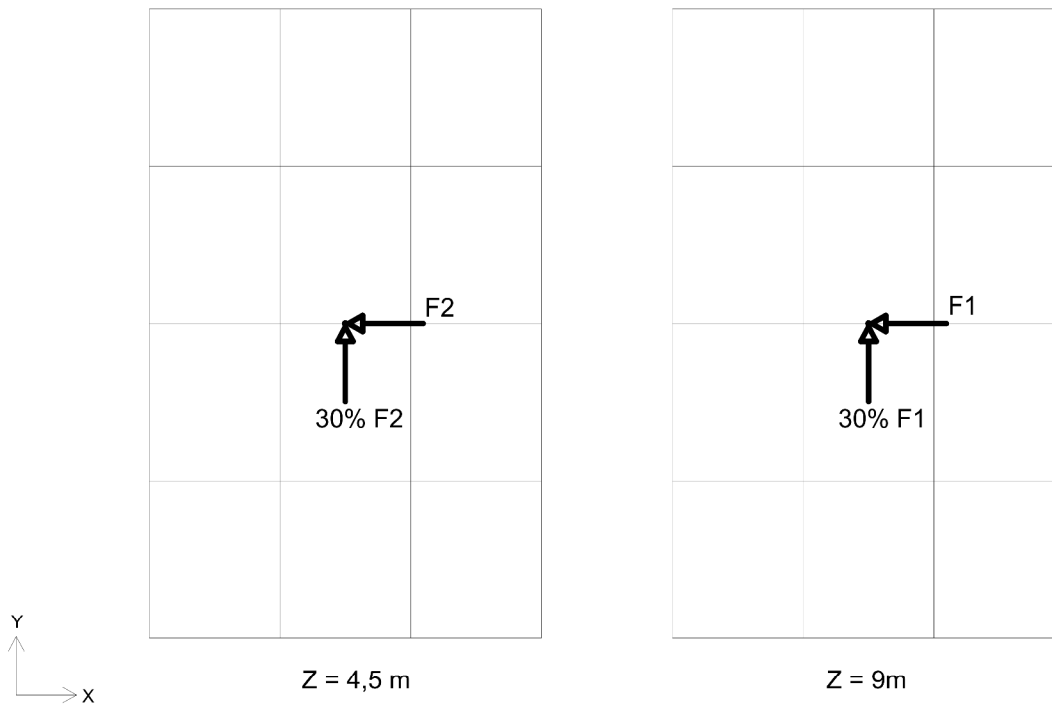
Gempa

- F1 = 2000 kg
- F2 = 1000 kg

Kombinasi Pembebanan:

- 1,4D
- 1,2D + 1,6L
- 1,2D+ 1L + 1E
- 1,2D+ 1L - 1E
- 0.9D + 1E
- 0.9D - 1E

Gambar Beban Gempa :



Langkah-langkah penyelesaian analisa struktur bangunan gudang baja di atas sbb :

4.1. Awalan

1. Buka Program SAP 2000 v14.01
2. Ubah satuan menjadi
3. Klik **File > New Model**
4. Klik **3D Frame** Pada **Frame Select Template**
5. Pada Form 3D Frames, isikan data seperti gambar dibawah ini

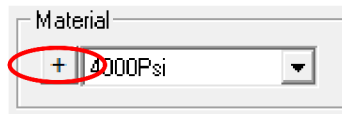
The screenshot shows the 'Open Frame Building Dimensions' dialog box. It contains the following fields and values:
Number of Stories: 4
Story Height: 4.5
Number of Bays, X: 3
Bay Width, X: 5
Number of Bays, Y: 4
Bay Width, Y: 6
There is a checkbox labeled 'Use Custom Grid Spacing and Locate Origin' which is currently unchecked. To the right of this checkbox is a button labeled 'Edit Grid...'. The dialog box has a title bar with a mouse cursor icon.

6. Klik tanda Plus (+) disamping beams atau Columns

The screenshot shows two dropdown menus. The top one is labeled 'Beams' and has 'Default' selected. The bottom one is labeled 'Columns' and also has 'Default' selected. To the right of the 'Beams' dropdown, there is a small square button with a plus sign (+) inside, which is circled in red.

7. Setelah Muncul Form Frame Properties, Klik **Add New Property**
8. Pada Frame Section Property Type, Pilih **Steel > I/Wide Flange**
9. Tulis **Balok Lantai** Pada kotak Section Name.

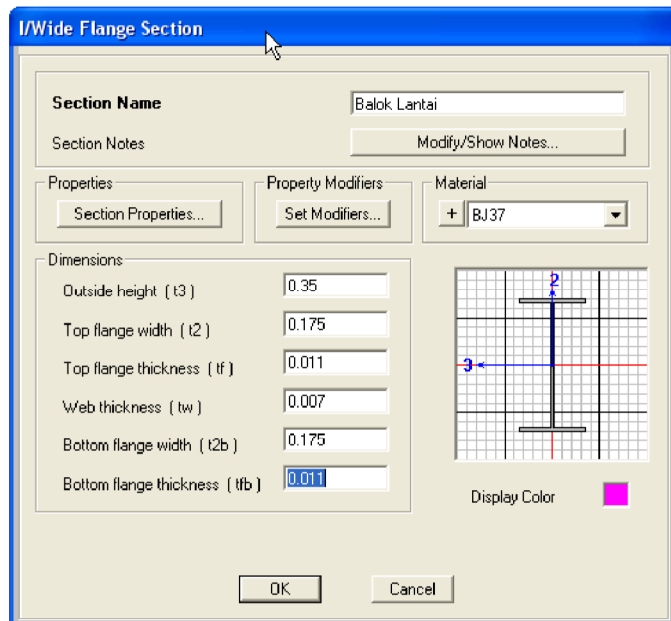
10. Pada kolom material Klik Tanda (+) di bawah tulisan material, kemudian akan muncul Form Define Materials



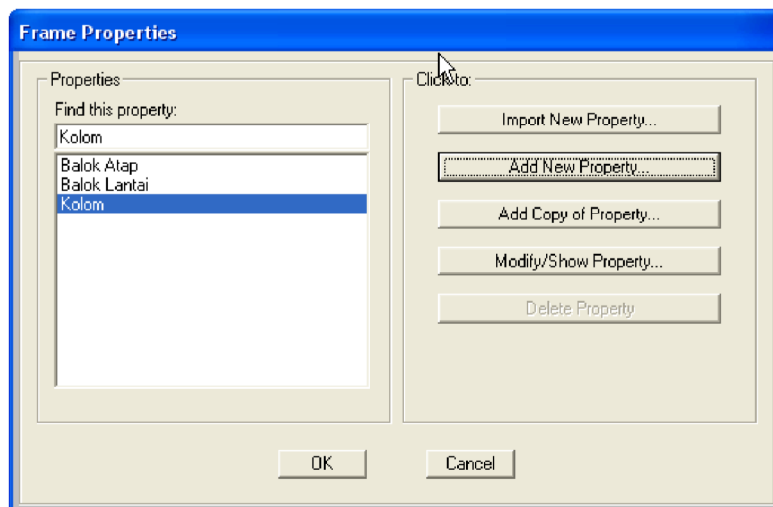
11. Pada Form Define Materials Klik **Add New Material**, setelah diklik maka akan muncul Material Property Data

- Pada material Name and display color, Tuliskan **BJ 37** (sebagai nama)
 - Ubah material Type menjadi **Steel**
 - *Weight per unit volume* = 7850 kg/m^3
 - Modulus Elastis (E) = 200.000 Mpa
 - Poisson ratio = 0,3
 - Koefisien pemuaian (α) = $12 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$
 - Ubah $f_y = 240 \text{ Mpa (N/mm}^2\text{)}$
 - Ubah $f_u = 370 \text{ Mpa (N/mm}^2\text{)}$
- >Klik *Ok* 2x sampai kembali pada form *I/Wide Flange Section*.

12. Ubah Material menjadi BJ37
Dan isikan data balok lantai seperti berikut :



13. Kemudian dilanjutkan dengan memasukkan data Balok Atap dan Kolom.
Seperti gambar dibawah :



Dan klik OK sampai ke Form 3D Frames.

14. Pada Section Properties, **Ubah *Beam Menjadi Balok Lantai*** dan ***Columns menjadi Kolom*** > klik *OK*
15. Pada lantai atas diganti menjadi *Balok Atap*. Dengan cara memblok bagian yang akan diganti > *Assign > Frame > Frame Sections > Balok Atap* klik *Modify/Show Property* > *Klik OK 2x*
16. Tutup Jendela 3D.

4.2. Define Data

Mendefinisikan Beban

Klik Menu **Define > Load Patterns**, Setelah muncul Form Define Load Patterns, masukkan Input seperti terlihat pada gambar dibawah ini

Load Pattern Name	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load Pattern
QUAKE	QUAKE	0	None
DEAD	DEAD	1	
DEAD++	SUPER DEAD	0	
LIVE	LIVE	0	
QUAKE	QUAKE	0	None

Dead: beban mati untuk berat profil dan berat beton

Super dead: beban mati selain berat profil & beton (ex:berat keramik, spesi,dll)

Mendefinisikan Kombinasi Pembebanan.

Klik menu **Define >Load Combinations**,

setelah muncul Define Load combinations form, klik **add new Combo**.

Masukkan semua kombinasi yang akan digunakan.

Contoh :

Cara Membuat kombinasi pembebanan **1,2D + 1,6L** adalah sebagai berikut :

- Setelah muncul Form Load Combination Data., Isikan Load Combination Name sesuai dengan keinginan. Misal 1,2D+1,6L
- Pada pilihan Load Case Name, pilih **Dead** dan **scale Factor 1.2** Klik Add
- Pada pilihan Load Case Name, pilih **Dead++** dan **scale Factor 1.2** Klik Add
- Pada pilihan Load Case Name, pilih **Live** dan **scale Factor 1.6** Klik Add
- Klik OK


Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
LIVE	Linear Static	1.6
DEAD	Linear Static	1.2
DEAD++	Linear Static	1.2
LIVE	Linear Static	1.6



4.3. Assign

Memasukkan Pembebanan pada Struktur

Memasukkan Beban Mati dan Beban Hidup

(contoh memasukkan beban mati pada balok atap sebesar 250 kg/m² dan beban hidup sebesar 100 kg/m²)

- Klik XY,
- kemudian klik  sampai di sebelah pojok kiri atas window tertulis z=9

- Select **Semua balok atap**
- Klik menu **Assign>Frame Load>Distributed**
- Setelah muncul Form Distributed Loads, pilih **Dead++** pada Load Pattern Name, dan isikan **250** Pada kotak Uniform Load. Klik OK
- Klik  , kemudian Klik menu **Assign>Frame Load>Distributed**. Setelah muncul *Form Distributed Loads*, pada Load Pattern Name pilih **Live**, dan pada Uniform Load, diisikan **100**, Klik OK
- Klik  untuk membersihkan layar dari gambar pembebanan

Memasukkan Beban Gempa

- Klik Joint di pusat massa pada lantai atap. pilih menu **Assign > Joint Loads > Force >** Masukkan Besarnya beban gempa pada kotak **Force Global X** dengan nilai **-2000** dan pada kotak **Force Global Y** dengan nilai **30%.2000**.
- Kemudian blok semua titik dalam satu lantai, kemudian klik **Assign > Joint > Constraint**, pilih **diaphragma**, kemudian klik **add new constraint**.
- Lakukan cara yang sama untuk *joint* pusat massa di lantai.


4.4. Analysis

Setting Degree Of Freedom

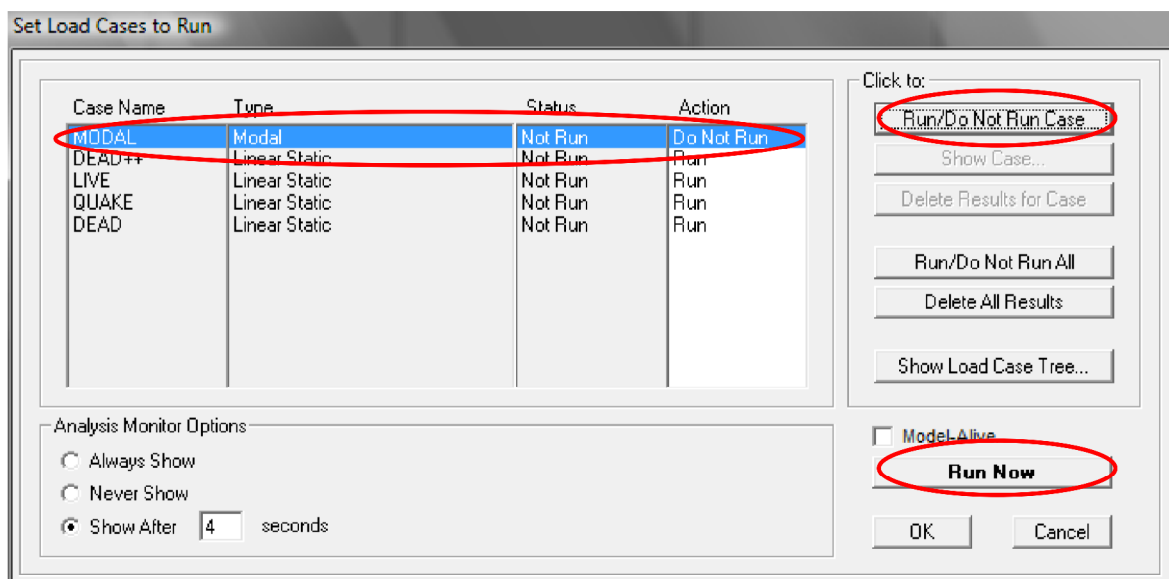
Klik menu **Analyze> Set Analysis Options**,

setelah muncul Analysis Options Form, pada Fast DOFs Pilih **Space Frame**.

Running Program

- klik icon  atau tekan F5.
- Setelah muncul Form Set Load Cases to Run, Klik **MODAL** dan klik **Run/Do Not Run Case**, untuk tidak menges"Run" Modal. Kemudian Klik *Run Now*

Modal digunakan untuk menghitung beban tidak terduga. Modal tidak di "Run" jika analisa hanya analisa statis.

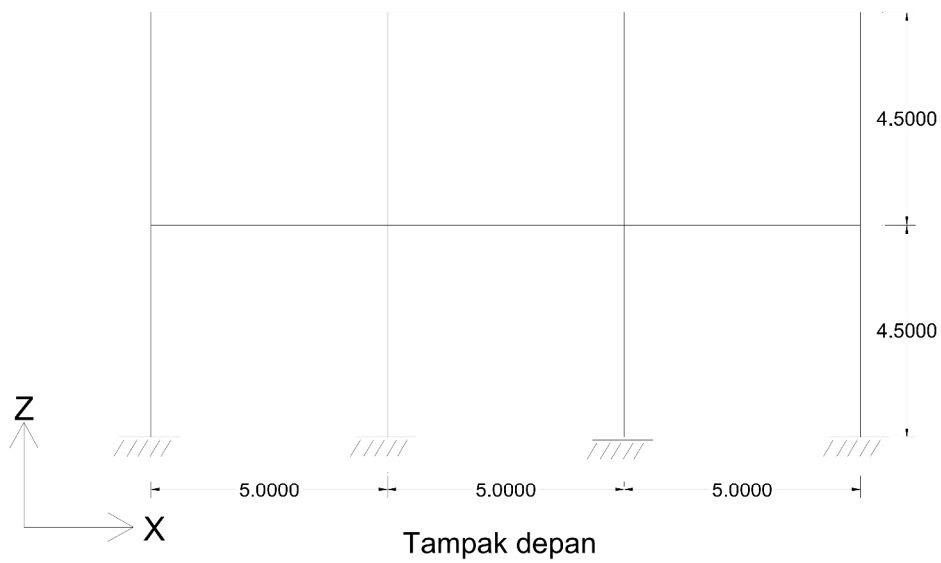
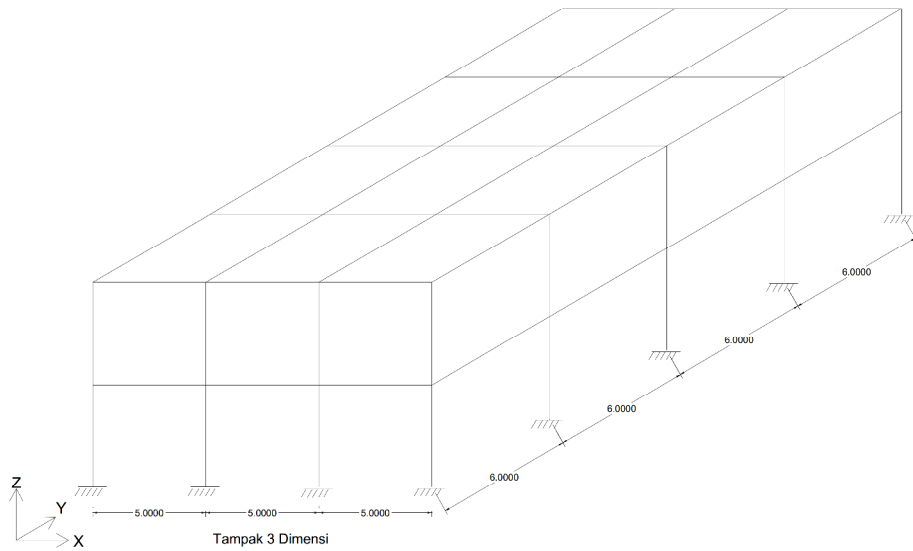


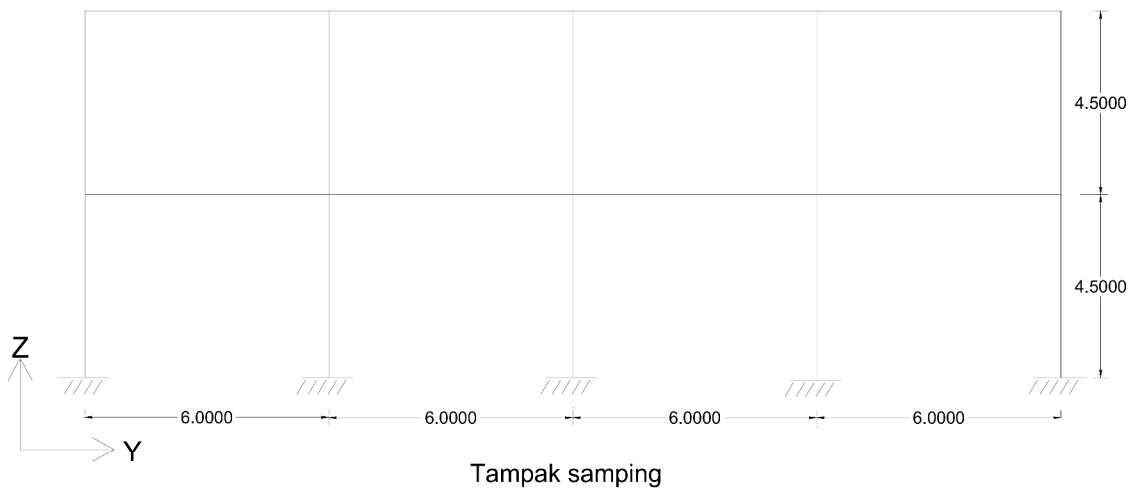
ANALISA STRUKTUR BETON 3 DIMENSI

CONTOH 4 :

Struktur bangunan gedung baja dengan data-data perencanaan sebagai berikut :

Gambar denah balok kolom :





Dimensi:

- Kolom = 600 mm x 600 mm
- Balok Lantai = 300 mm x 400 mm

Material Beton:

- Berat Volume Beton = 2400 Kg/m³
- Mutu f[']c = 30 MPa
- Modulus Elastis = 20.000 Mpa
- Poisson rasio = 0,2

Data Material Tulangan:

- Berat volume baja (γ_{baja}) = 7850 kg/m³
- Modulus Elastisitas (E) = 200.000 MPa
- Poisson rasio (μ) = 0,3
- Koefisien pemuaian (α) = $12 \times 10^{-6}/^{\circ}C$
- Tegangan leleh baja (fy) = 240 MPa
- Tegangan putus baja (fu) = 370 MPa

Beban:

Atap

- Hidup = 100 kg/m²
- Mati = 250 kg/m²

Lantai

- Hidup = 250 kg/m²
- Mati = 500 kg/m²

Gempa

- F1 = 2000 kg
- F2 = 1000 kg

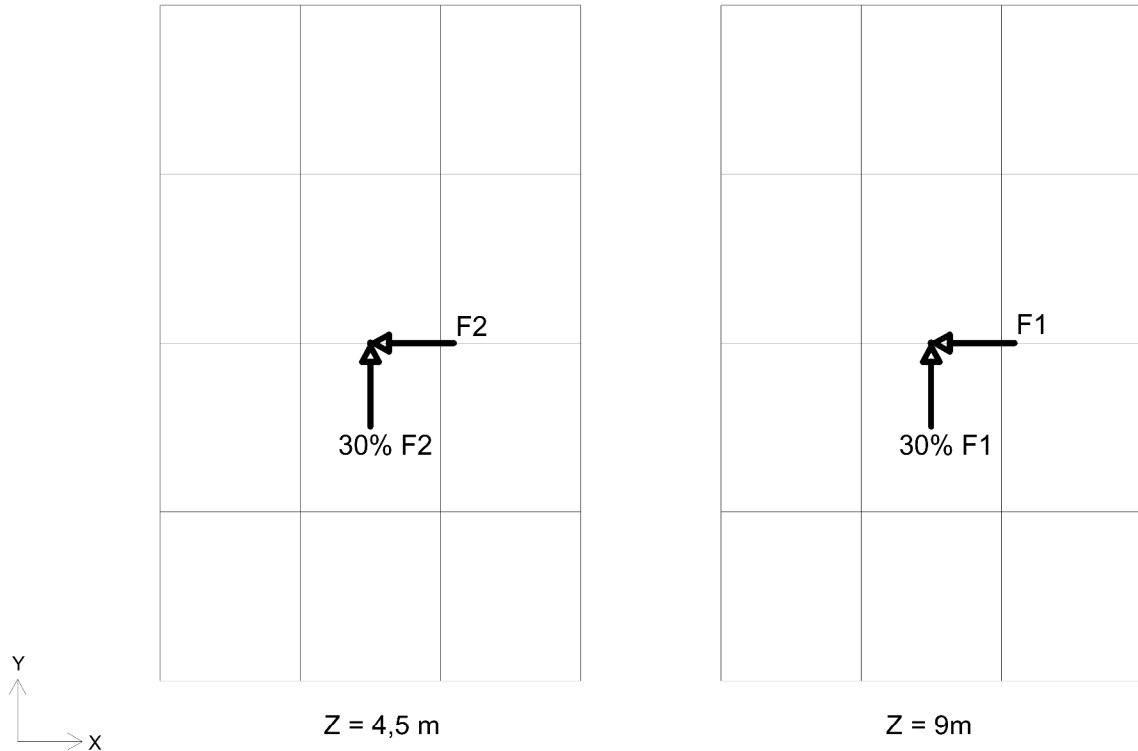
Kombinasi Pembebanan

- 1,4D
- 1,2D + 1,6L
- 1,2D+ 1L + 1E
- 1,2D+ 1L - 1E
- 0,9D + 1E
- 0,9D - 1E

Proyeksi Beban Gempa:

Langkah-langkah penyelesaian analisa struktur bangi

idang baja di atas sbb :



5.1. Awalan

1. Buka Program SAP 2000 v14.01
2. Ubah satuan menjadi
3. Klik **File > New Model**
4. Klik **3D Frame** Pada **Frame Select Template**
5. Pada Form 3D Frames, isikan data seperti gambar dibawah ini

The screenshot shows the 'Open Frame Building Dimensions' dialog box. It contains the following fields and values:

- Number of Stories: 2
- Story Height: 4.5
- Number of Bays, X: 3
- Bay Width, X: 5
- Number of Bays, Y: 4
- Bay Width, Y: 6

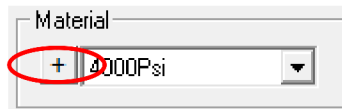
At the bottom, there is a checkbox labeled 'Use Custom Grid Spacing and Locate Origin' which is unchecked, and a button labeled 'Edit Grid...'.

6. Klik tanda Plus (+) disamping beams atau Columns

The screenshot shows two dropdown menus. The top one is labeled 'Beams' and has 'Default' selected. The bottom one is labeled 'Columns' and also has 'Default' selected. A red circle highlights the plus sign (+) to the right of the 'Beams' dropdown.

7. Setelah Muncul Form Frame Properties, Klik **Add New Property**
8. Tulis Balok **300x400** pada kotak Section Name
9. Pada Frame Section Property Type, Pilih **Concrete** kemudian Klik **Rectangular**

10. Pada Klik Tanda (+) di bawah tulisan material, kemudian akan muncul Form Define Materials



11. Pada Form Define Materials Klik **Add New Material**, setelah diklik maka akan muncul Material Property Data

- Pada material Name and display color, Tuliskan **fc=30** (sebagai nama)
- Ubah material Type menjadi **Concrete**
- Masukkan Weight per Unit Volume menjadi **2400 Kg/m**
- Ubah Poison Rasio Menjadi **0.2**
- Masukkan E = 20.000 MPa
- Ubah $f^c = 30$ Mpa (N/mm^2)>Klik **Ok**

12. Pada Form Define Materials Klik **Add New Material**, setelah diklik maka akan muncul Material Property Data

- Pada material Name and display color, Tuliskan **BJ 37** (sebagai nama)
- Ubah material Type menjadi **rebar**
- Masukkan Weight per Unit Volume menjadi **7850 Kg/m**
- Ubah Poison Rasio Menjadi **0.3**
- Masukkan E = 200.000 MPa
- Ubah $f_y = 240$ Mpa
- Ubah $f_u = 370$ Mpa > Klik **Ok dan OK** lagi hingga kembali ke window *section property*.

13. Ubah material menjadi **fc=30**

Masukkan **Depth = 40cm Width = 30cm**,

Kemudian Klik **Concrete Reinforcement > Design Type : Beam**

Ubah material menjadi **rebar**

Pada concrete cover masukan **Top : 4cm , Bottom : 4cm** klik **OK 2x**

14. Setelah kembali pada frame properties, klik lagi **add new properties**
 Pada Frame Section Property Type, Pilih **Concrete** kemudian Klik **Rectangular**
 Tulis Kolom **600x600** pada kotak Section Name
 Ubah Material Menjadi **$f_c=30$**
 Masukkan **Depth = 0.6** dan **Width = 0.6**
 Kemudian Klik **Concrete Reinforcement > Design Type : Column**
 Ubah material menjadi **rebar**
Reinforcement Configuration : Rectangular
 Klik OK Sampai kembali Ke Form 3D Frames
15. Pada Section Properties, Ubah **Beam Menjadi Balok 300x400** dan **Columns menjadi Kolom 600x600** > klik **OK**
16. Tutup Jendela 3D.

5.2. Define Data

Mendefinisikan Beban

Klik Menu **Define > Load Patterns**, Setelah muncul Form Define Load Patterns, masukkan Input seperti terlihat pada gambar dibawah ini:

Load Pattern Name	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load Pattern
QUAKE	QUAKE	0	None
DEAD	DEAD	1	
DEAD++	SUPER DEAD	0	
LIVE	LIVE	0	
QUAKE	QUAKE	0	None

Dead: beban mati untuk berat profil dan berat beton

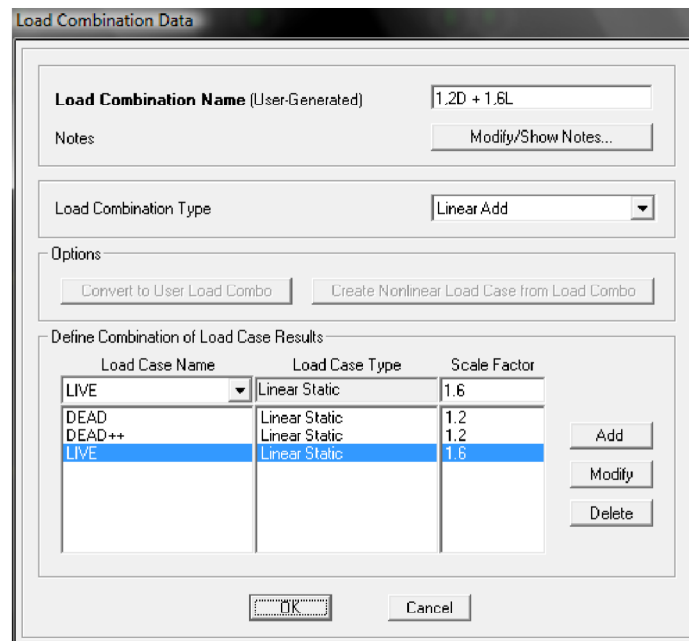
Super dead: beban mati selain berat profil & beton (ex:berat keramik, spesi,dll)

Mendefinisikan Kombinasi Pembebanan.

Klik menu **Define > Load Combinations**,
 setelah muncul form Define Load combinations, klik **add new Combo**.
 Masukkan semua kombinasi yang akan digunakan.

(membuat kombinasi pembebanan 1,2D + 1,6L)

- Cara Membuat kombinasi pembebanan **1,2D + 1,6L** adalah sebagai berikut
- Setelah muncul Form Load Combination Data., Isikan Load Combination Name sesuai dengan keinginan. Misal 1,2D+1,6L
- Pada pilihan Load Case Name, pilih **Dead** dan **scale Factor 1.2** Klik Add
- Pada pilihan Load Case Name, pilih **Dead++** dan **scale Factor 1.2** Klik Add
- Pada pilihan Load Case Name, pilih **Live** dan **scale Factor 1.6** Klik Add
- Klik OK





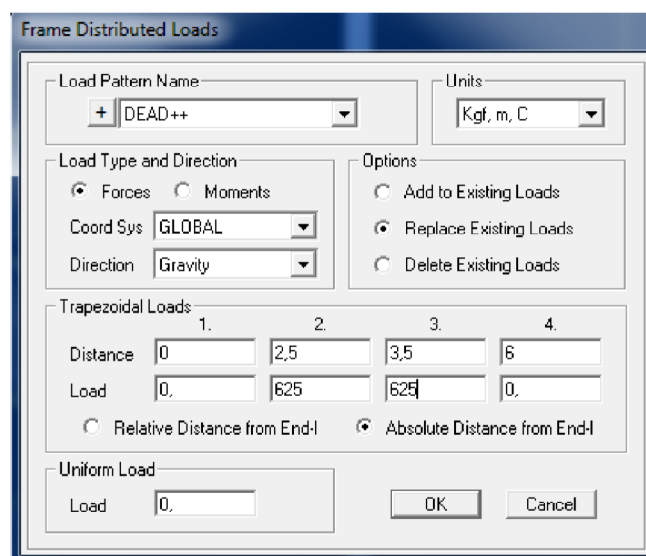
Buat juga kombinasi pembebanan lain dengan cara yang sama

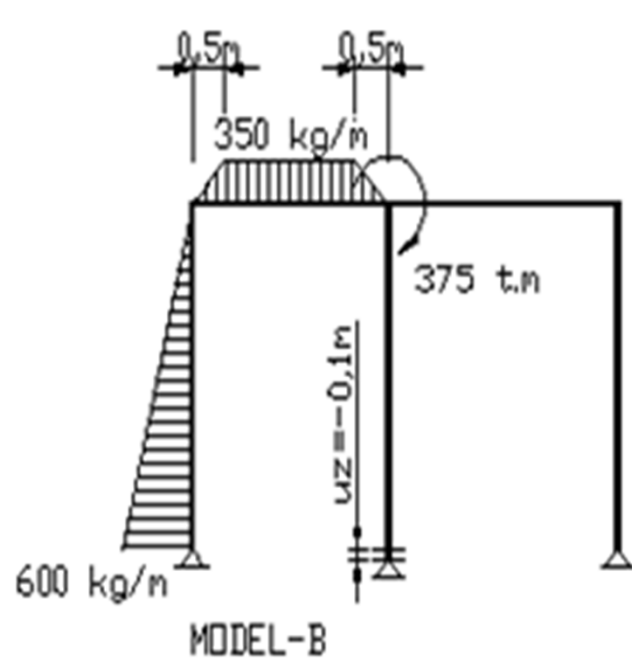
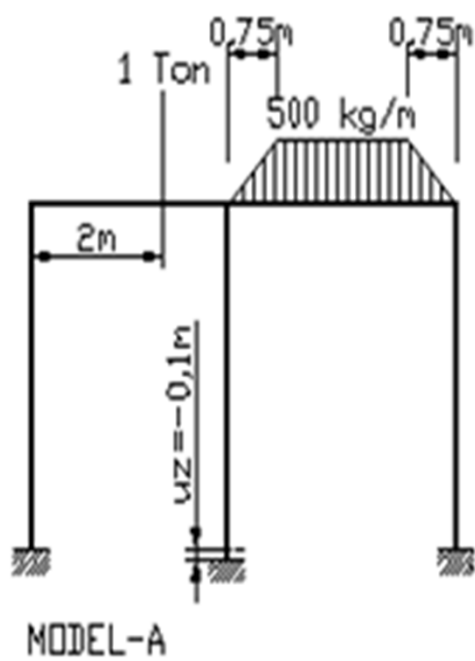
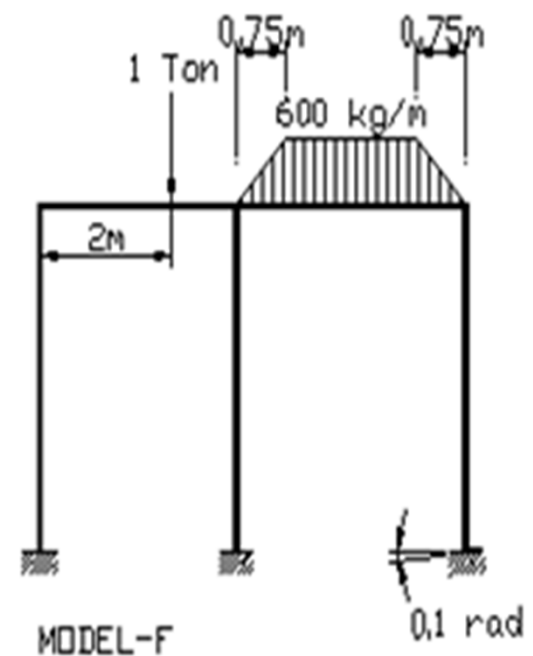
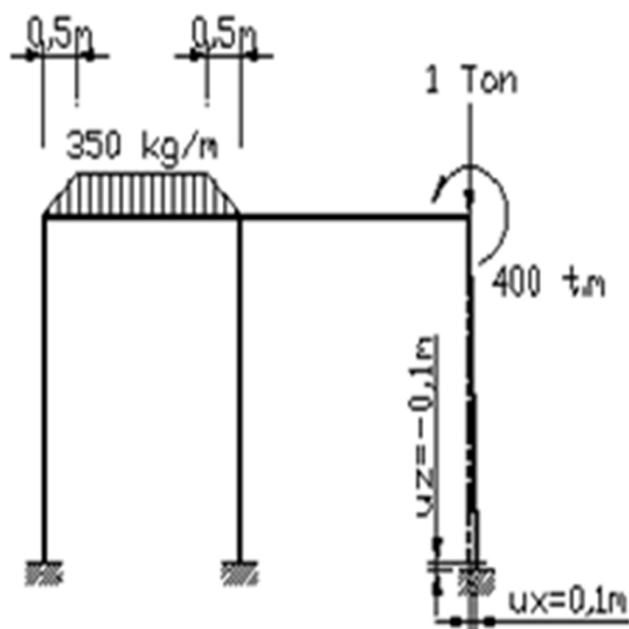
5.3. Assign

1. Memasukkan Beban Mati

(contoh memasukkan beban mati pada balok atap memanjang sebesar 250 kg/m2)

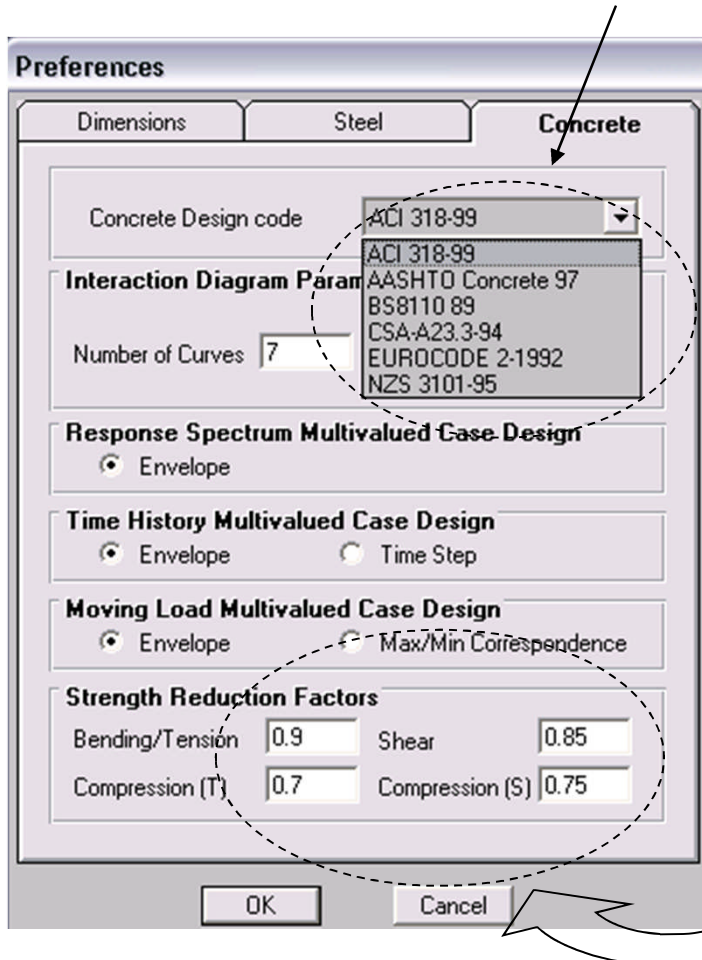
- Klik ,
- kemudian klik  sampai di sebelah pojok kiri atas window tertulis z=9
- Select Semua balok atap memanjang
- Klik menu *Assign>Frame Load>Distributed*
- Setelah muncul *Form Distributed Loads*, pada Load Pattern Name pilih **Dead++**, dikarenakan beban berbentuk **trapesium**, pada kolom **trapezoidal loads**, pilih **absolute distance**, diisi pada distance berturut-turut **0 - 2,5 - 3,5 - 6**, load diisi berturut-turut **0 - 625 - 625 - 0**, **Uniform load = 0**. Seperti gambar di bawah berikut:





DESAIN BETON BERTULANG

Desain penampang pada struktur beton bertulang oleh SAP2000 dilakukan secara interaktif berdasarkan design-code internasional, seperti : ACI318-99, AASHTO Concrete 97, BS8110 89, CSA-A23.3-94, EUROCODE 2-1992 dan NZS 3101-95



Sedangkan peraturan beton di Indonesia menggunakan SK SNI-T15-1991-03 (atau yang terbaru SNI 03-2847-2002)

Oleh karena peraturan di Indonesia ini mengacu kepada peraturan ACI maka program SAP2000 masih dapat digunakan untuk perencanaan menurut SNI dengan penyesuaian pada **Strength Reduction Factors** yang berlaku di SNI, yaitu :

- Bending/Tension = 0.80
(Lentur)
- Shear = 0.60
(Geser)
- Compression (T) = 0.65
(Aksial dg Tul.Senggang)
- Compression (S) = 0.70
(Aksial dg Tul.Spiral)

Untuk mengakses concrete design code tersebut dilakukan dengan perintah **Options – Preferences – Concrete**

Dalam mendesain dengan SAP2000 perlu informasi khusus apakah suatu elemen frame akan didesain sebagai balok atau kolom.

Catatan : Gaya-gaya yang dominan bekerja pada balok adalah momen lentur dan gaya geser, sementara pada kolom adalah gaya aksial.

DESAIN BALOK :

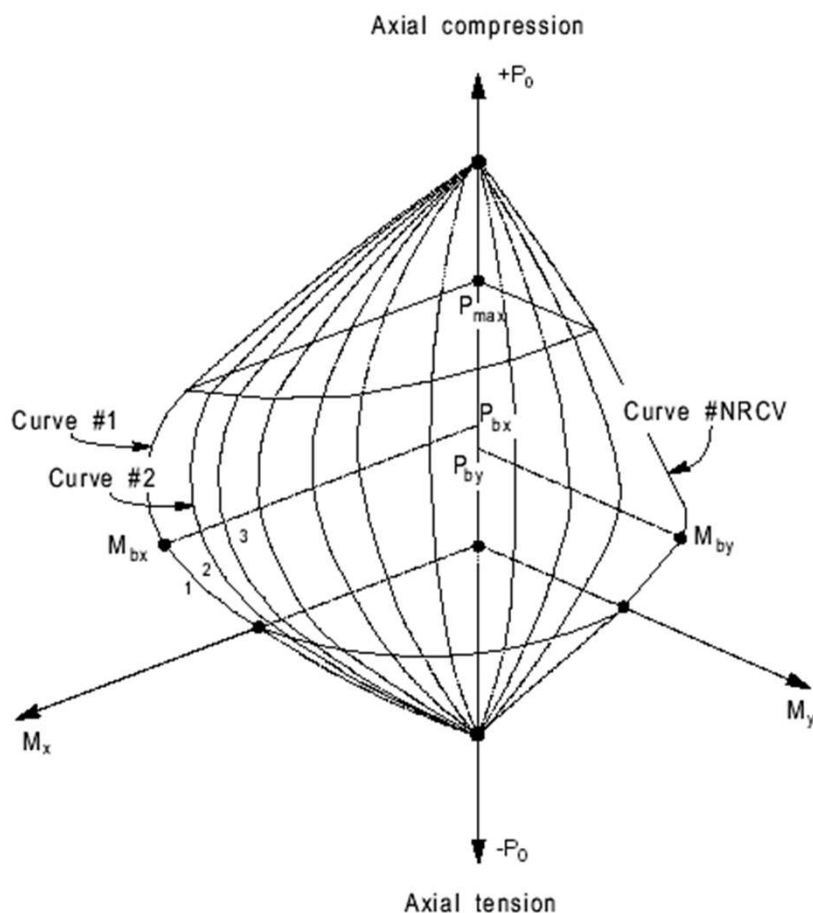
Pada Desain Balok, program SAP2000 menghitung dan melaporkan luas tulangan baja yang diperlukan untuk momen lentur dan gaya geser pada sumbu mayor (sumbu kuat) berdasarkan nilai ekstrim dari berbagai kombinasi beban yang telah ditetapkan.

Untuk tulangan geser pada balok, tahapan perhitungan yang dilakukan meliputi perhitungan gaya geser yang dapat ditahan oleh beton, V_c , kemudian menghitung gaya geser yang harus ditahan oleh tulangan geser, V_s , dan menampilkan jumlah tulangan geser yang diperlukan.

DESAIN KOLOM :

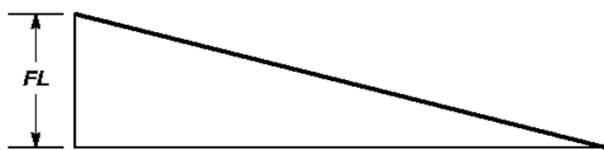
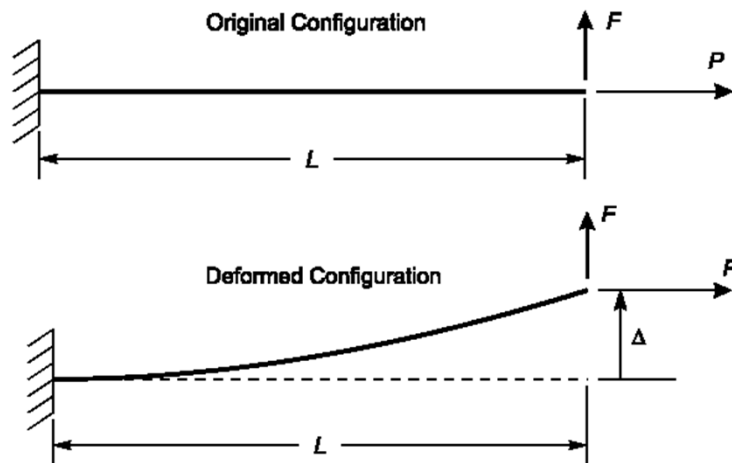
Pada Kolom, prosedur perancangan oleh SAP2000 meliputi :

1. Penyusunan diagram interaksi gaya aksial dan momen biaxial.

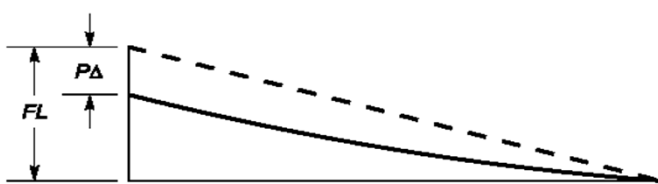


2. Cek kapasitas kolom terhadap gaya aksial dan momen terfaktor berdasarkan kombinasi beban yang paling menentukan, dan yang dilaporkan SAP2000 sbb:
 - jika tulangan belum ditentukan (oleh perencana), SAP2000 melaporkan jumlah tulangan (longitudinal) yang diperlukan yang akan menghasilkan rasio kapasitas kolom = 1.0
 - jika tulangan telah ditentukan, SAP2000 melaporkan besarnya rasio kapasitas kolom
3. Desain tulangan geser yang prosedurnya sama dengan desain tulangan geser pada balok, hanya saja gaya aksial tekan akan meningkatkan kapasitas geser kolom dan sebaliknya untuk gaya aksial tarik

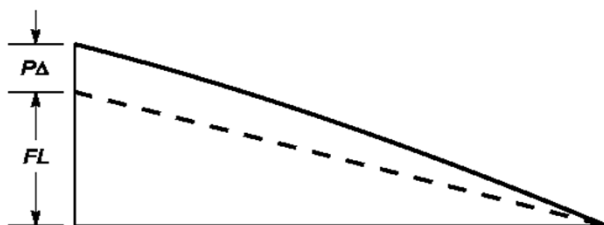
Akibat beban gravitasi (termasuk beban mati dan hidup) pada bangunan tinggi dapat timbul momen sekunder akibat defleksi lateral khususnya pada kolom langsing, kejadian ini disebut dengan efek P-Delta. Konsep dasar P-Delta ini diterangkan sebagai berikut :



Moment in Original Configuration without P-Delta



Moment for Tensile Load P with P-Delta



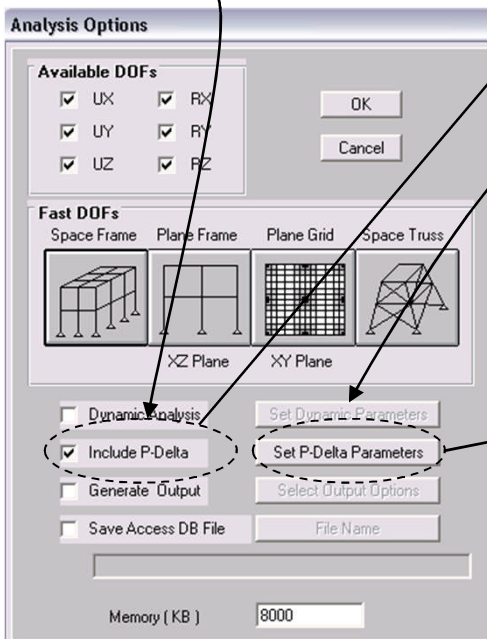
Moment for Compressive Load P with P-Delta

- Suatu elemen frame menerima gaya aksial P dan gaya transversal F, kondisi ini mengakibatkan momen pada tumpuan sebesar $M^1 = F \cdot L$
- Gaya F mengakibatkan balok berdeformasi sebesar Δ
- Keseimbangan yang baru terjadi dengan besarnya momen pada tumpuan adalah $M^2 = F \cdot L \pm P \cdot \Delta$ (plus +, jika P berupa gaya aksial tekan, dan minus - jika P gaya aksial tarik)

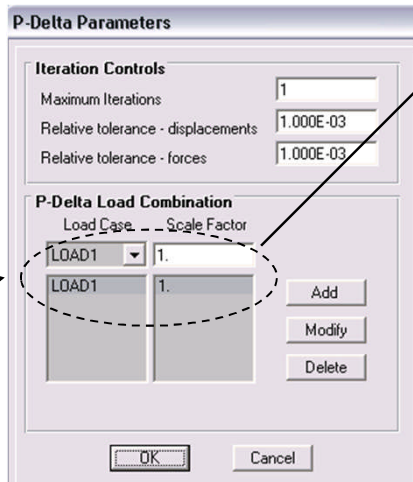
SAP2000 mempunyai opsi untuk memperhitungkan efek P-Delta, dengan asumsi dan keterbatasan sbb:

- Efek P-Delta hanya dianalisa pada elemen frame saja,
- Yang diperhitungkan hanya pengaruh tegangan yang besar dari gaya aksial pada bending transversal dan deformasi geser,
- Semua lendutan, regangan dan rotasi diasumsikan kecil,
- Lendutan transversal pada elemen frame diasumsikan berbentuk kubik untuk bending dan linear untuk geser pada daerah rigid zone offset,
- Gaya P-Delta aksial diasumsikan konstan sepanjang elemen.

Cara mengaktifkan pengaruh P-Delta pada analisis dengan perintah Analyze – Set Option...

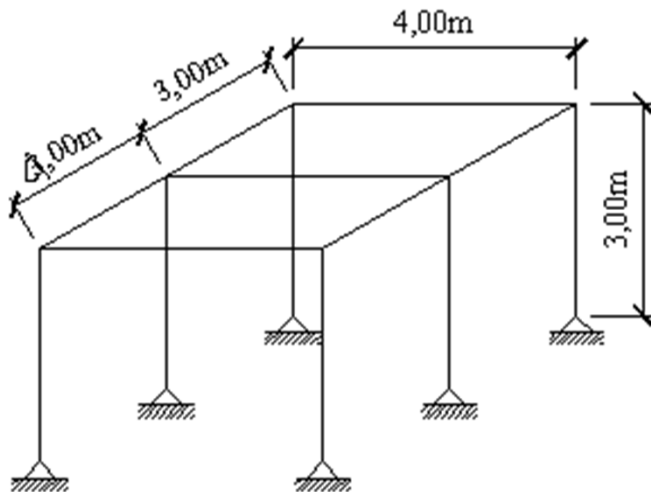


Klik **Include P-Delta** sehingga muncul tanda \checkmark dan klik **Set P-Delta Parameters**



Definisikan Load Case yang memperhitungkan pengaruh P-Delta

CONTOH APLIKASI :



Suatu struktur portal ruang dengan ukuran terlihat seperti pada gambar.

Diminta merencanakan dimensi balok dan kolom termasuk penulangannya

$$E = 100.000 \text{ kg/cm}^2$$

$$BJ \text{ beton} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

Baja U24

$$f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{ys} = 0.60 f_y$$

Beton K250

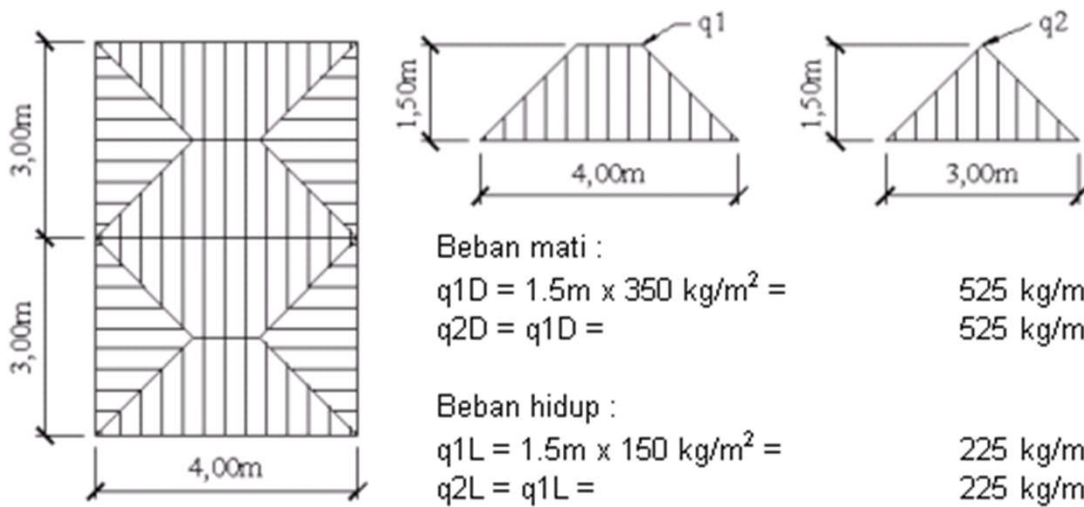
$$f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$$

Beban rencana :

- Berat sendiri elemen
- Berat pelat lantai atap tebal 12 cm, penggantung dan langit-langit = 350 kg/m^2
- Beban hidup pada pelat lantai atap = 150 kg/m^2

Kombinasi beban rencana : $U = 1.2 D + 1.6 L$

Distribusi beban lantai ke balok :

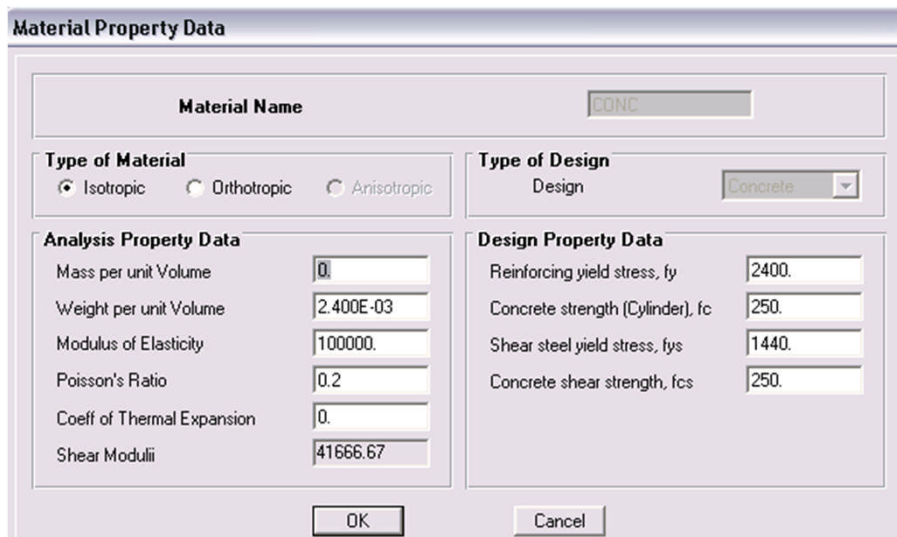


Langkah-langkah penyelesaian :

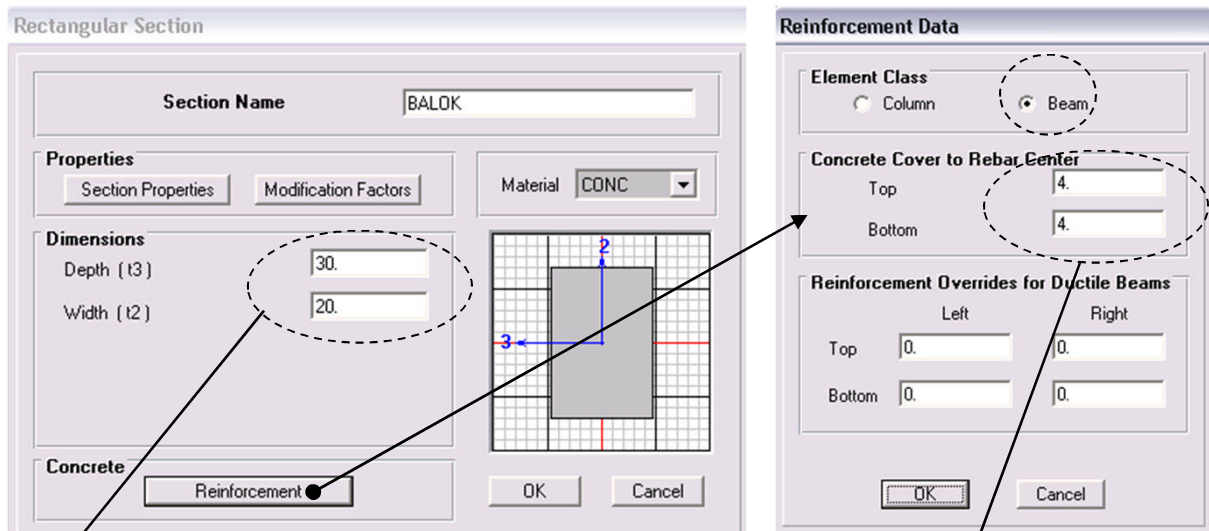
1. Aktifkan program SAP2000, tetapkan satuan kgf-m
2. Susun model geometri dengan File – New Model from Template pilih model space frame, masukkan parameter sbb :



3. Definisikan data material dengan Define – Materials – Modify/Show Material (CONC) ingat satuannya, dalam contoh ini Kgf-cm



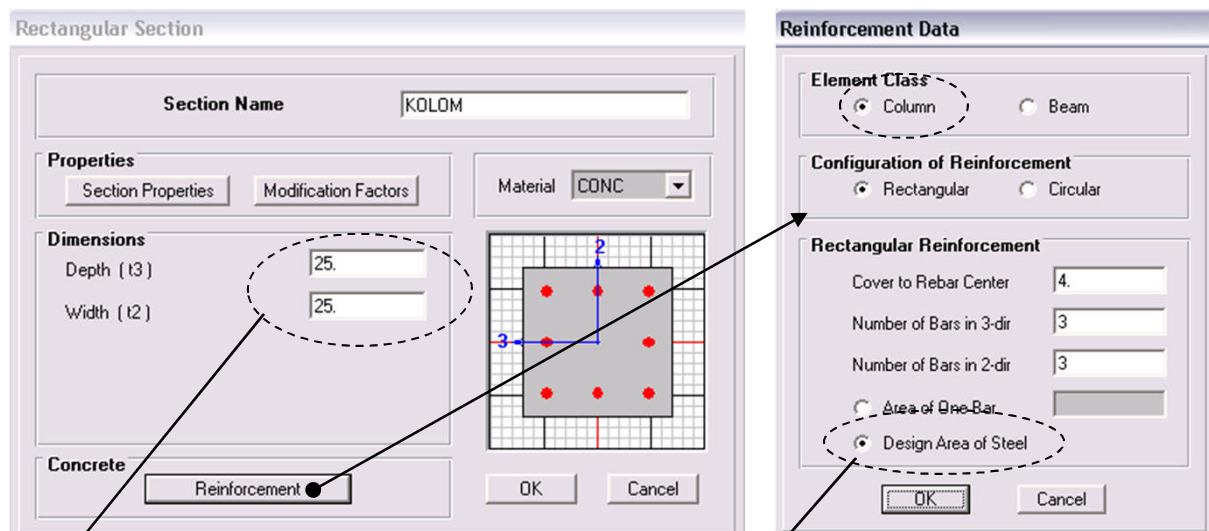
- Definisikan frame section untuk balok dengan Define – Frame Sections – Add Rectangular, pada desain ini dimisalkan rencana ukuran balok 20/30... selanjutnya isikan data-data sbb :



balok 20/30

jarak tepi beton ke pusat tulangan

- Dengan cara yang sama definisikan frame section untuk kolom, dimisalkan rencana ukuran kolom 25/25... selanjutnya isikan data-data sbb :



kolom 25/25

Pilihan ini berarti SAP2000 akan mendesain tulangan yang diperlukan yang menghasilkan rasio kapasitas = 1.0

- Definisikan Load Case dengan Define – Static Load Cases... Perhatikan !!! Self Weight Multiplier untuk D (beban mati) = 1 adalah untuk memperhitungkan berat sendiri elemen balok / kolom, sedangkan Self Weight Multiplier untuk L (beban hidup) = 0 agar tidak terjadi duplikasi (perhitungan dua kali) terhadap berat sendiri elemen balok / kolom.

Load	Type	Self Weight Multiplier
D	DEAD	1
L	LIVE	0

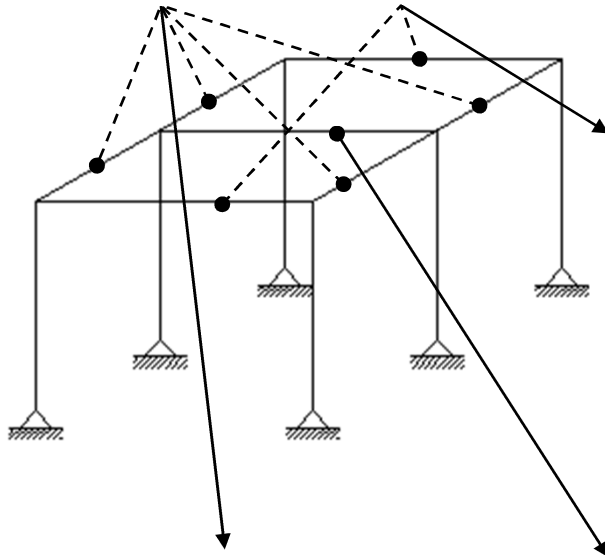
- Definisikan Kombinasi Pembebanan dengan Define – Load Combinations – Add New Combo

Case Name	Scale Factor
D Load Case	1.2
L Load Case	1.6

Masukkan Scale Factor untuk
D Load Case = 1.2
L Load Case = 1.6

Klik juga Use for Concrete Design sehingga muncul karena kombinasi pembebanan ini akan digunakan untuk desain beton

- Aplikasikan beban ke elemen frame dengan terlebih dahulu pilih elemen yang akan dibebani, selanjutnya Assign – Frame Static Loads – Trapezoidal... dan isikan nilai beban untuk **Load Case D** yang sesuai



Trapezoidal Span Loads

Load Case Name: **D**

Load Type and Direction: Forces Moments
 Direction: Gravity

Options: Add to existing loads
 Replace existing loads
 Delete existing loads

Trapezoidal Loads:

	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	1.5	2.5	4.
Load	0.	525.	525.	0.

Relative Distance from End-I Absolute Distance from End-I

OK Cancel

Trapezoidal Span Loads

Load Case Name: **D**

Load Type and Direction: Forces Moments
 Direction: Gravity

Options: Add to existing loads
 Replace existing loads
 Delete existing loads

Trapezoidal Loads:

	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	1.5	3.	0.
Load	0.	525.	0.	0.

Relative Distance from End-I Absolute Distance from End-I

OK Cancel

Trapezoidal Span Loads

Load Case Name: **D**

Load Type and Direction: Forces Moments
 Direction: Gravity

Options: Add to existing loads
 Replace existing loads
 Delete existing loads

Trapezoidal Loads:

	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	1.5	2.5	4.
Load	0.	1050	1050	0.

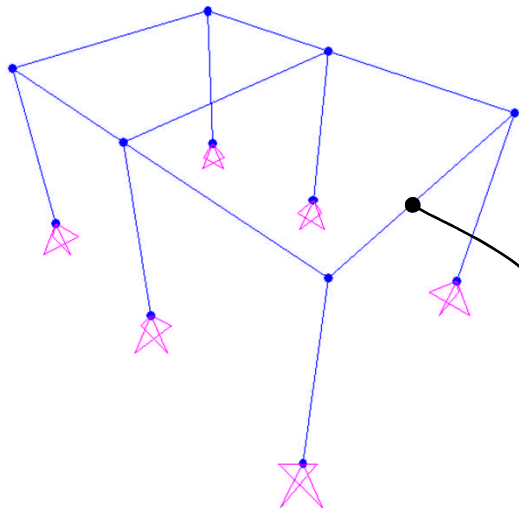
Relative Distance from End-I Absolute Distance from End-I

OK Cancel

- Dengan cara sama, aplikasikan beban elemen frame untuk **Load Case L**
- Lakukan Run Analysis

Selanjutnya proses desain beton :

- Sesuaikan terlebih dahulu **Strength Reduction Factors** menurut ketentuan SNI dengan Options – Preferences – Concrete
- Mulai mendesain dengan perintah Design – Start Design / Check of Structure dan selanjutnya SAP2000 akan melaporkan luas tulangan yang diperlukan atau akan melaporkan rasio kapasitas penampang



CONTOH PENULANGAN PADA BALOK

FRAME ELEMENT FORCES

FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
7	COMB1							
		0.00	-263.25	-1583.10	0.00	0.00	-17.71	-69991.11
		100.00	-263.25	-1080.30	0.00	0.00	-17.71	68678.89
		200.00	-263.25	0.00	0.00	0.00	-17.71	125443.89
		300.00	-263.25	1080.30	0.00	0.00	-17.71	68678.89
		400.00	-263.25	1583.10	0.00	0.00	-17.71	-69991.11

Units : Kgf-cm

Concrete Design Information ACI 318-99

ACI 318-99 BEAM SECTION DESIGN Type: Sway Special Units: Kgf-cm

Frame ID 7
 Station Loc 200.000
 Section ID BALOK
 Combo ID COMB1

Understrength Factors
 Bending/Tension=0.8 Shear=0.6
 Compression(Tied)=0.65 Compression(Spiral)=0.7

L=400.000
 B=20.000 D=30.000 bf=20.000 ds=0.000 dct=4.000 dcb=4.000
 E=100000.000 fy=2400.000 fc=250.000 fcs=250.000 fys=1440.000

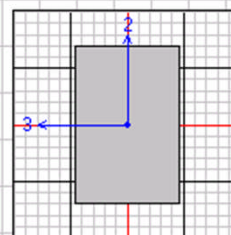
DESIGN MOMENTS, M3	Positive Moment	Negative Moment	Special +Moment	Special -Moment
	125443.892	0.000	17497.777	-17497.777

FLEXURAL REINFORCEMENT FOR MOMENT, M3	Required Rebar	+Moment Rebar	-Moment Rebar	Minimum Rebar
Top (+2 Axis)	0.469	0.000	0.352	0.469
Bottom (-2 Axis)	3.047	2.585	0.000	3.047

SHEAR REINFORCEMENT FOR SHEAR, U2	Design Rebar	Shear Uu	Shear phi*Uc	Shear phi*Us	Shear Up
	0.000	542.049	2616.097	0.000	542.049

TUL. BALOK PADA TENGAH BENTANG

TUL. BALOK PADA UJUNG ELEMEN



ACI 318-99 BEAM SECTION DESIGN Type: Sway Special Units: Kgf-cm

Frame ID 7
 Station Loc 400.000
 Section ID BALOK
 Combo ID COMB1

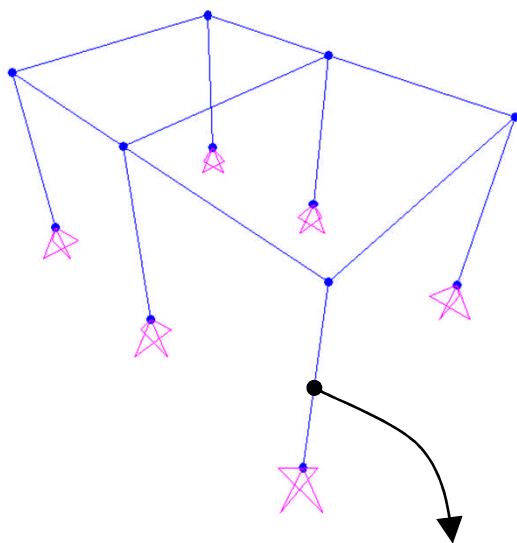
Understrength Factors
 Bending/Tension=0.8 Shear=0.6
 Compression(Tied)=0.65 Compression(Spiral)=0.7

L=400.000
 B=20.000 D=30.000 bf=20.000 ds=0.000 dct=4.000 dcb=4.000
 E=100000.000 fy=2400.000 fc=250.000 fcs=250.000 fys=1440.000

DESIGN MOMENTS, M3				
	Positive Moment	Negative Moment	Special +Moment	Special -Moment
	0.000	-69991.108	34995.554	-69991.108

FLEXURAL REINFORCEMENT FOR MOMENT, M3				
	Required Rebar	+Moment Rebar	-Moment Rebar	Minimum Rebar
Top (+2 Axis)	1.899	0.000	1.424	1.899
Bottom (-2 Axis)	0.942	0.706	0.000	0.942

SHEAR REINFORCEMENT FOR SHEAR, U2				
	Design Rebar	Shear Uu	Shear phi*Uc	Shear phi*Us
	0.000	2125.149	2616.097	542.049



CONTOH PENULANGAN PADA KOLOM

FRAME ELEMENT FORCES

FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
1	COMB1							
		0.00	-2948.15	-263.05	-74.84	0.00	0.00	0.00
		150.00	-2678.15	-263.05	-74.84	0.00	11225.95	39457.67
		300.00	-2408.15	-263.05	-74.84	0.00	22451.90	78915.33

Units : Kgf-cm

Concrete Design Information ACI 318-99

TULANGAN KOLOM

File

ACI 318-99 COLUMN SECTION DESIGN Type: Sway Special Units: KgF-cm

Frame ID 1
 Station Loc 300.000
 Section ID KOL0M
 Combo ID COMB1

Understrength Factors
 Bending/Tension=0.8 Shear=0.6
 Compression(Tied)=0.65 Compression(Spiral)=0.7

L=300.000
 B=25.000 D=25.000 dc=4.000
 E=100000.000 Fy=2400.000 Fc=250.000 Fcs=250.000 Fys=1440.000

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN FOR PU, M2, M3							
	Rebar Area	Design Pu	Design M2	Design M3	Minimum M2	Minimum M3	
	6.250	2408.146	22451.896	78915.334	5476.124	5476.124	

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT FACTORS						
	Cm Factor	Delta_ns Factor	Delta_s Factor	K Factor	L Length	
Major Bending(M3)	0.600	1.000	1.000	1.000	300.000	
Minor Bending(M2)	0.600	1.000	1.000	1.000	300.000	

SHEAR DESIGN FOR U2,U3					
	Design Rebar	Shear Uu	Shear phi*Uc	Shear phi*Us	Shear Up
Major Shear(U2)	0.000	1448.125	0.000	1448.125	1448.125
Minor Shear(U3)	0.000	1448.125	0.000	1448.125	1448.125

Catatan :

- Default pada SAP2000 merancang sebagai struktur tahan gempa (Sway Special) sehingga dalam perencanaan tulangan ada penambahan momen spesial dan geser spesial
- Pada tulangan lentur, SAP2000 telah memperhitungkan kebutuhan minimum dari jumlah tulangan yang diperlukan
- Sementara pada tulangan geser, SAP2000 belum memperhitungkan kebutuhan minimum tulangan geser, sehingga harus dihitung sendiri

Tulangan geser harus memenuhi ketentuan jarak maksimum, S_{maks} , sbb :

- Jika $V_s \leq 1/3 \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$ (dlm Newton) \rightarrow nilai terkecil dari 600 mm atau $1/2 d$
- Jika $V_s > 1/3 \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$ (dlm Newton) \rightarrow nilai terkecil dari 300 mm atau $1/4 d$

Apabila $V_u < \phi \cdot V_c$ dan $V_u \geq 1/2 \phi \cdot V_c$, maka luas tulangan geser minimum yang diperlukan adalah :

$$A_v \text{ min} = b_w \cdot S / (3 \cdot f_y) \text{ dalam mm}^2$$

Dimana : b_w , d dan S masing-masing adalah lebar penampang, jarak pusat tulangan tarik ke tepi beton tekan dan jarak sengkang dalam milimeter, sedangkan f_c dan f_y adalah kuat tekan beton dan tegangan leleh baja dalam satuan Mpa

Pada kasus contoh penulangan diatas :

1. Untuk balok pada tengah bentang :

1) Tulangan longitudinal :			
- Top (+ 2 Axis)	=	0.469 cm ² --> Digunakan : 2 ϕ 12 =	2.262 cm ²
- Bottom (- 2 Axis)	=	3.047 cm ² --> Digunakan : 3 ϕ 12 =	3.393 cm ²
2) Tulangan geser, Aw/S	=	0.000 cm ² /cm	

Check Ketentuan Tulangan Geser :

a) Jarak Maksimum :

$$\begin{aligned} V_s = 0 \text{ --> maka } S_{maks} &= 600 \text{ mm, atau} \\ S_{maks} &= 1/2 d = 1/2 (300 - 40) = 130 \text{ mm} \\ \text{Dipakai } S_{maks} &= 130 \text{ mm} \end{aligned}$$

b) Luas tulangan geser minimum :

$$\begin{aligned} V_u &= 542.049 \text{ Kg} \\ \phi V_c &= 2616.097 \text{ Kg} > V_u \\ 1/2 \phi V_c &= 1308.049 > V_u \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} V_u \\ \phi V_c \\ 1/2 \phi V_c \end{aligned}} \right\} \text{ --> Tidak diperlukan pembatasan tulangan minimum}$$

Jadi tulangan geser yang digunakan hanya dibatasi pada jarak maksimum tulangan saja, dalam hal ini dipakai tulangan geser ϕ 8 - 100

2. Kebutuhan tulangan pada ujung elemen balok :

1) Tulangan longitudinal :			
- Top (+ 2 Axis)	=	1.899 cm ² --> Digunakan : 2 ϕ 12 =	2.262 cm ²
- Bottom (- 2 Axis)	=	0.942 cm ² --> Digunakan : 2 ϕ 12 =	2.262 cm ²
2) Tulangan geser, Aw/S	=	0.000 cm ² /cm	

Tulangan geser digunakan ϕ 8 - 100 (lihat pembahasan untuk tulangan balok pada tengah bentang)

3. Kebutuhan tulangan untuk kolom :

- 1) Tulangan longitudinal :
 Luas Total Diperlukan = 6.25 cm² --> Digunakan : 8 ϕ 12 = 9.048 cm²
- 2) Tulangan geser, Aw/S = 0.080 cm²/cm = 0.80 mm²/mm

Check Ketentuan Tulangan Geser :

a) Jarak Maksimum :

$$\phi \cdot V_s = 1448.125 \text{ Kg} \rightarrow V_s = 1448.125 / 0.6 = 2413 \text{ Kg} = 23663 \text{ Newton}$$

$$f_c = 250 \text{ kg/cm}^2 = 24.5 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2 = 235 \text{ Mpa}$$

$$1/3 \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d = 1/3 \sqrt{24.5} \cdot 250 \cdot (250 - 40) = 86620 \text{ Newton} > V_s = 23663 \text{ Newton}$$

maka dipakai ketentuan : Smaks = 600 mm, atau
 Smaks = 1/2 d = 1/2 (250 - 40) = 105 mm
 Dipakai Smaks = 105 mm

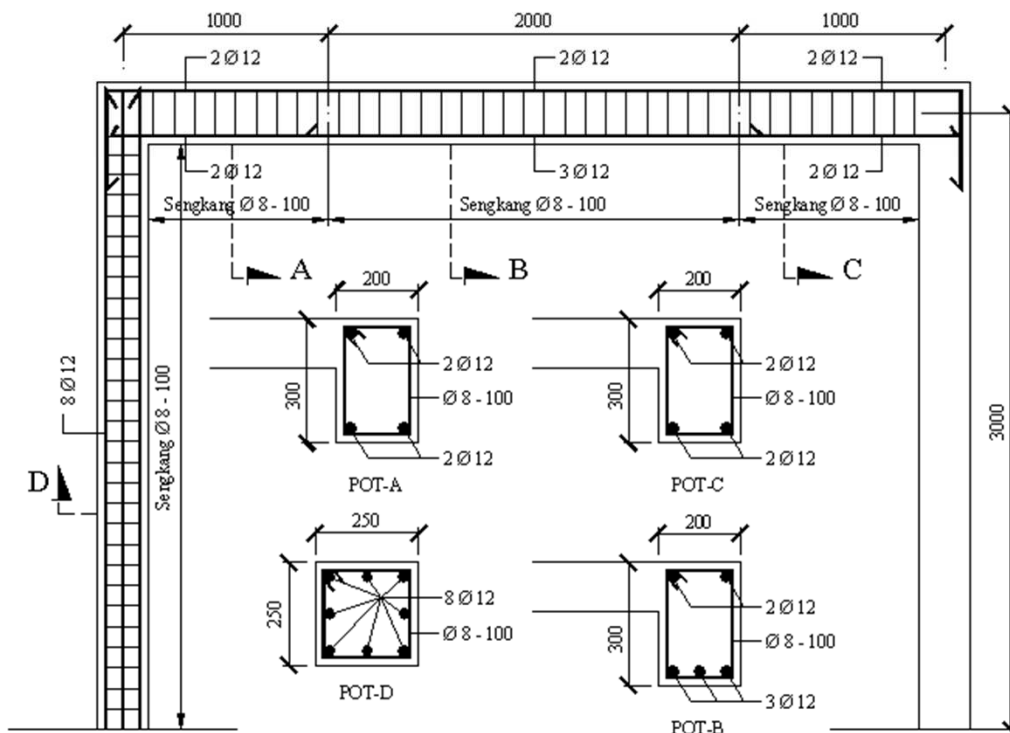
b) Luas tulangan geser minimum :

$$\left. \begin{array}{l} V_u = 1448.125 \text{ Kg} \\ \phi \cdot V_c = 0 < V_u \end{array} \right\} \rightarrow \text{Diperlukan tulangan geser dengan } A_w/S = 0.80 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\text{Digunakan } \phi 8 \rightarrow A_v = 2 \times \pi/4 \cdot 8^2 = 100.53 \text{ mm}^2$$

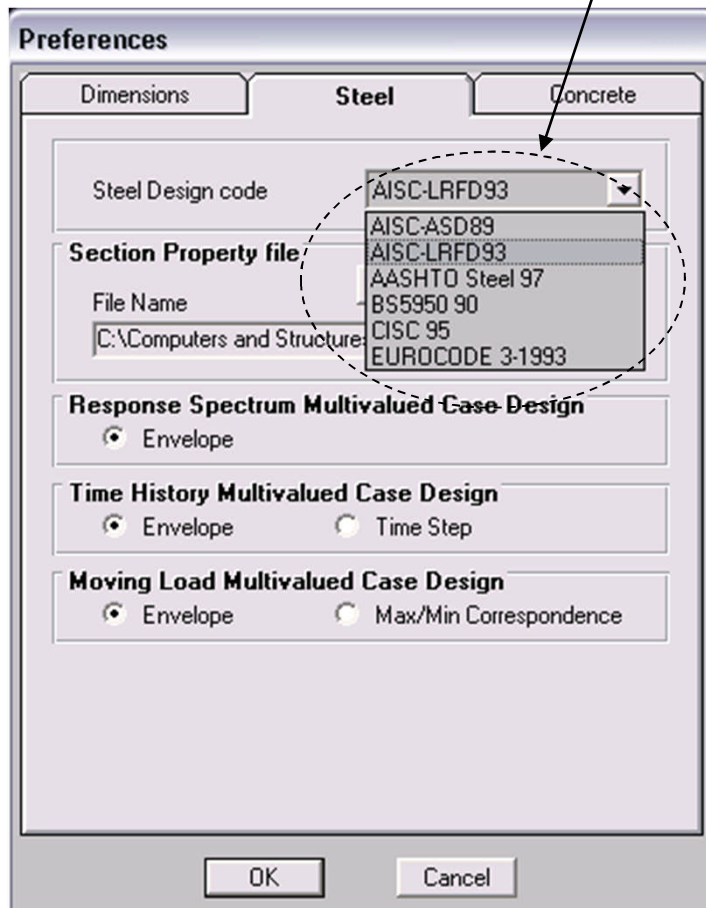
$$S = 100.53 / 0.80 = 125 \text{ mm}$$

Jadi ditetapkan tulangan geser $\phi 8 - 100$



DESAIN STRUKTUR BAJA

Perancangan struktur baja menggunakan SAP2000 dapat dipilih berdasarkan beberapa design-code internasional, seperti : AISC-ASD89, AISC-LRFD93, AASHTO Steel 97, BS5950 90, CISC 95 dan EUROCODE 3-1993



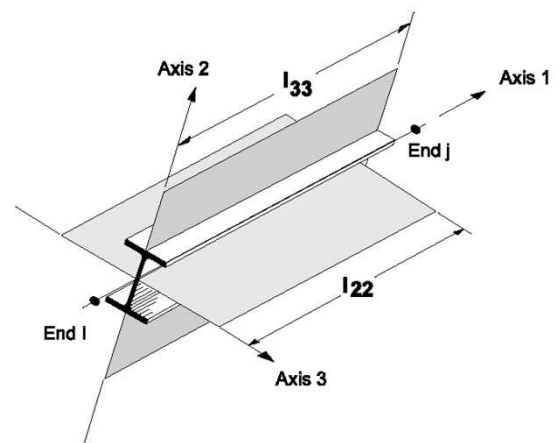
Sedangkan peraturan baja Indonesia SNI 03-1729-2000 mengadopsi kepada AISC-LRFD, dengan demikian perancangan struktur baja menurut SNI menggunakan SAP2000 dapat memilih design-code AISC-LRFD93

Untuk mengakses Steel design code tersebut dilakukan dengan perintah **Options – Preferences – Steel**

PANJANG ELEMEN DAN PERTAMBATAN LATERAL

Panjang elemen berpengaruh terhadap kelangsingan batang dan juga stabilitasnya terhadap lentur. Umumnya panjang elemen $l_{33} = l_{22} = l$, dimana (lihat gambar) :

- l_{33} = panjang elemen terhadap lentur pada sumbu mayor
- l_{22} = panjang elemen terhadap lentur pada sumbu minor
- l = panjang elemen dari joint i ke joint j



Panjang l_{33} berhubungan dengan stabilitas penampang terhadap lentur pada sumbu 3-3, dan panjang l_{22} berhubungan dengan stabilitas penampang terhadap lentur pada sumbu 2-2. Disamping itu panjang l_{22} juga menentukan stabilitas penampang terhadap **tekuk torsi-lateral** (lateral-torsional buckling), yaitu adanya momen lentur pada sumbu 3-3 yang mengakibatkan penampang terpelintir sekaligus penampang tekannya mengalami tekuk.

Untuk mencegah terjadinya tekuk torsi-lateral, panjang l_{22} diperpendek dengan memasang pertambahan lateral pada setiap interval tertentu.

PERHITUNGAN RASIO KAPASITAS

Perhitungan rasio kapasitas penampang terhadap gaya aksial / momen biaksial oleh SAP2000, dilakukan menurut tahapan sbb :

- Menghitung gaya / momen aktual pada batang berdasarkan setiap kombinasi beban yang diaplikasikan
- Menghitung kapasitas dari batang yang bersangkutan
- Menghitung rasio kapasitas batang akibat pengaruh dari setiap kombinasi beban tersebut

Jika Rasio Kapasitas > 1 , berarti Kapasitas Penampang Terlampaui

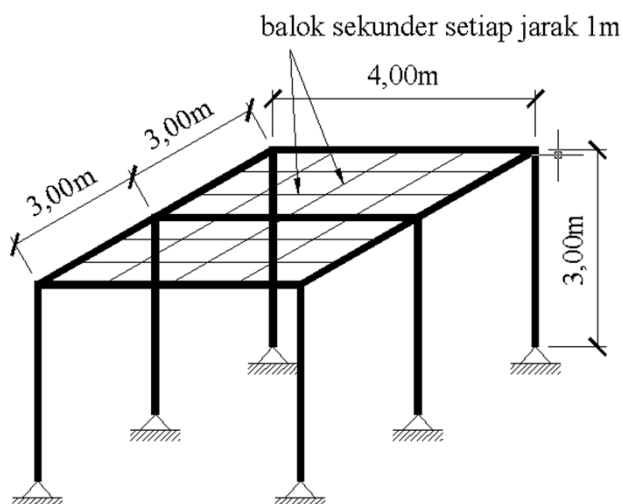
Desain baja menurut AISC-LRFD93, akan memperhitungkan rasio kelangsingan pada batang tekan dan batang tarik. Peringatan akan diberikan apabila :

- Rasio kelangsingan, $K l / r > 200$ (batang tekan)
- Rasio kelangsingan, $l / r > 300$ (batang tarik)

dimana, K , l , dan r adalah faktor panjang efektif, panjang elemen batang dan radius girasi.

Didalam desain, pengaruh baut, las dan juga sambungan belum diperhitungkan dan harus dihitung terpisah.

CONTOH APLIKASI :



Suatu struktur portal ruang dengan ukuran terlihat seperti pada gambar.

Diminta merencanakan profil baja untuk balok dan kolom.

$$E = 2.100.000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{BJ baja} = 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Teg. Leleh, } f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

Diasumsikan semua sambungan antara balok dan kolom menggunakan sambungan momen (moment connection)

Beban rencana :

- Berat sendiri elemen
- Berat pelat lantai atap baja yang ditutup beton ringan, penggantung, langit-langit dan lain-lain = 350 kg/m^2
- Beban hidup pada pelat lantai atap = 150 kg/m^2

Kombinasi beban rencana : $U = 1.2 D + 1.6 L$

Penyelesaian :

Sebelum melakukan perhitungan struktur, terlebih dahulu ditetapkan beberapa profil baja yang akan digunakan dan diperkirakan signifikan dengan beban yang bekerja. Pada kasus ini dimisalkan beberapa profil yang akan digunakan sbb :

Profil	A (mm)	B (mm)	tw (mm)	tf (mm)
WF100.100.6.8	100	100	6	8
WF125.125.6,5.9	125	125	6,5	9
WF150.150.7.10	150	150	7	10
WF200.200.8.12	200	200	8	12

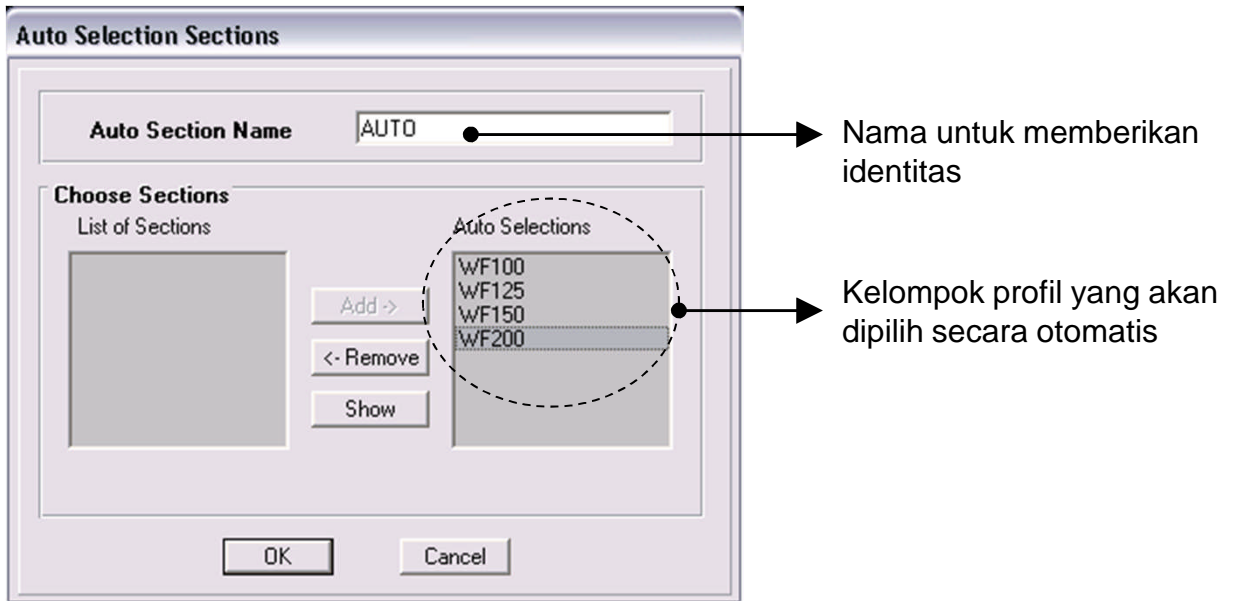
Catatan :

Pada contoh ini bentuk geometri model dan pembebanan sama seperti dengan contoh pada struktur beton, sehingga cara mengaplikasikannya tidak dibahas lagi.

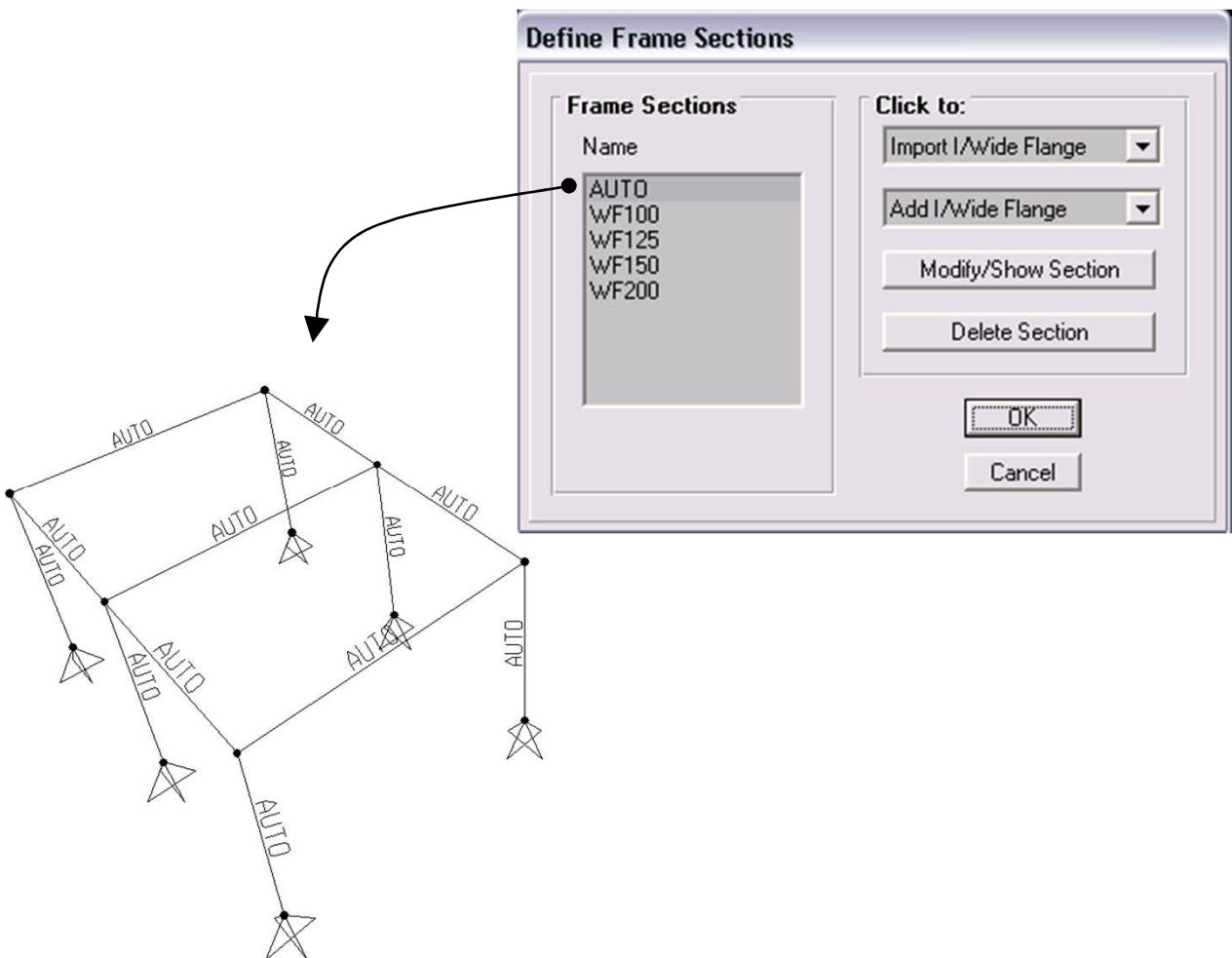
Langkah-langkah penyelesaian :

1. Aktifkan program SAP2000
2. Susun model geometri dan pembebanan sebagaimana contoh pada struktur beton
3. Definisikan material baja yang digunakan
4. Definisikan frame section yang akan digunakan, dalam hal ini adalah keempat profil baja menurut tabel diatas
5. Definisikan pemilihan profil secara otomatis (Auto Selection Sections) dengan maksud agar program memilih jenis profil yang paling optimal dari beberapa jenis profil yang telah didefinisikan. Caranya dengan perintah : **Define – Frame Sections** – klik pada Add drop down arrow dan pilih **Add Auto Select**

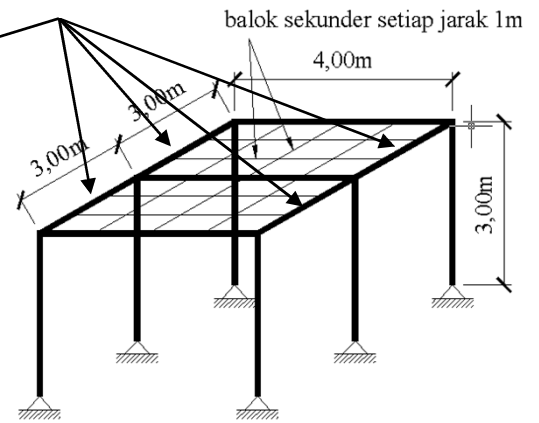
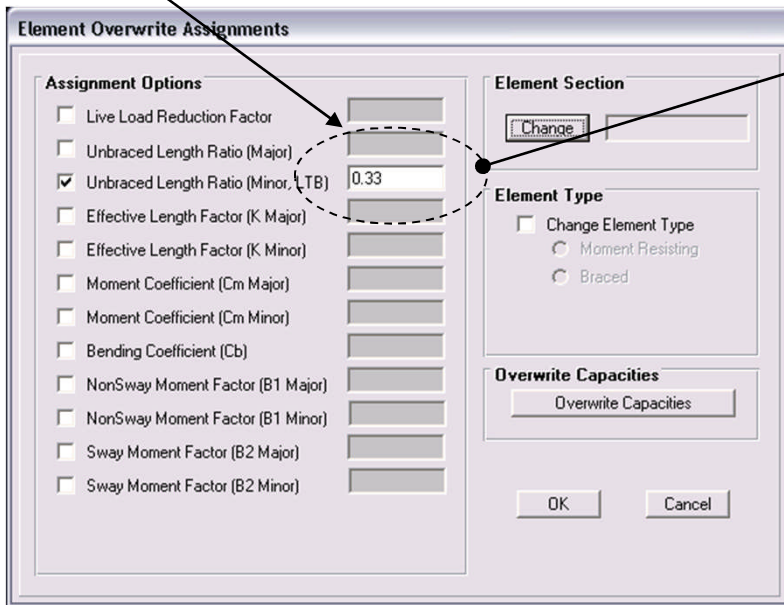
6. Tempatkan keempat profil tersebut kedalam kolom Auto Selection, sbb :



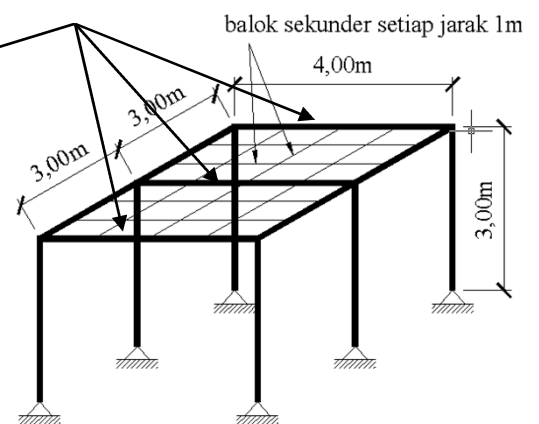
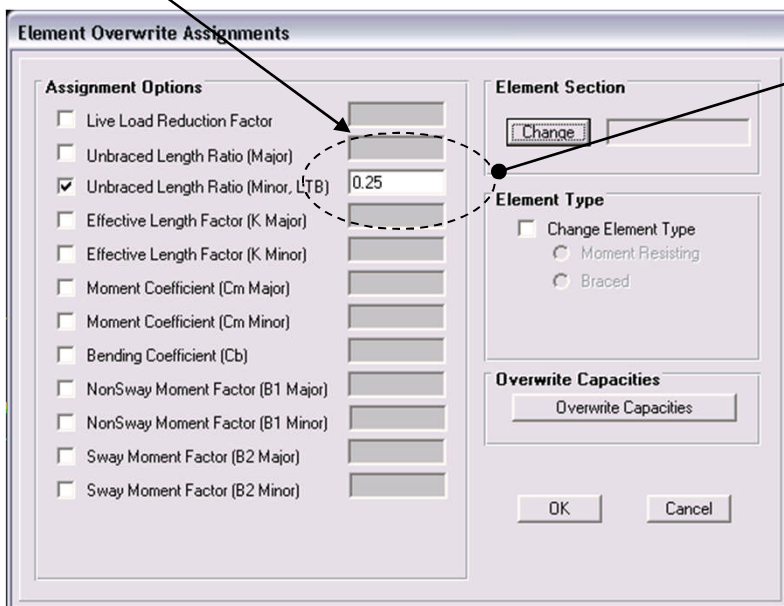
7. Aplikasikan AUTO Section ke model struktur dengan perintah : **Assign – Frame – Sections** dan pilih nama AUTO (sesuai nama yang didefinisikan pada langkah 6)



8. Definisikan pengaruh Balok Sekunder sebagai pertambahan lateral pada balok atap searah sumbu Y. Dalam hal ini pertambahan lateral akan mempengaruhi panjang elemen pada sumbu minor (l_{22}) dengan rasio panjang dari batang adalah $1/3$ atau 0.33 . Perintah yang dilakukan : **Design – ReDefine Element Design Data**

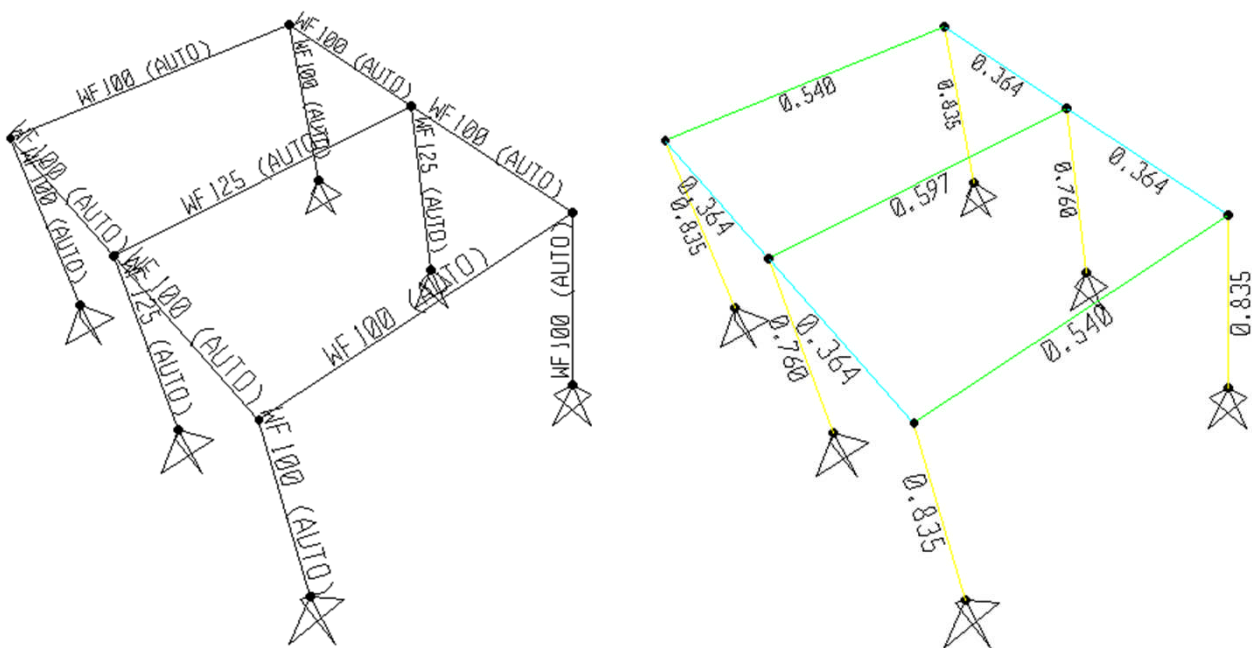


9. Definisikan pengaruh Balok Sekunder sebagai pertambahan lateral pada balok atap searah sumbu X. Dalam hal ini pertambahan lateral akan mempengaruhi panjang elemen pada sumbu minor (l_{22}) dengan rasio panjang dari batang adalah $1/4$ atau 0.25

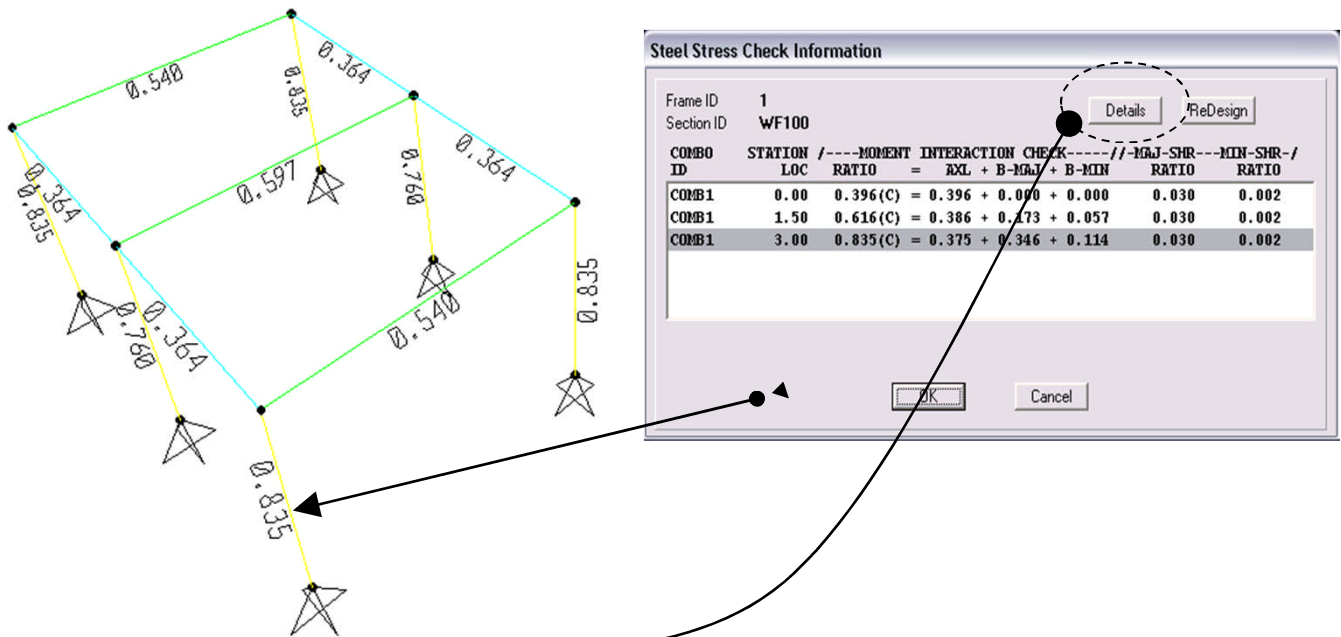


10. Jika input data telah komplet, maka lakukan **Run Analyze** dan jika tidak ada kesalahan, program akan melaporkan ANALYSIS COMPLETE dan tekan OK.
11. Selanjutnya gaya-gaya dan momen yang timbul dapat diperiksa, atau langsung melakukan desain dengan terlebih dahulu menyesuaikan design code yang diinginkan. Lakukan : **Options – Preferences – Steel** dan pilih AISC-LRFD93 yang sesuai dengan peraturan SNI.
12. Mulai mendesain penampang, pastikan yang dilakukan adalah Steel Design (pilih opsi yang sesuai sehingga muncul tanda \checkmark pada steel design). Pastikan juga design combo-nya juga telah sesuai. Selanjutnya lakukan perintah design dengan **Design – Start Design/Check of Structure** dan yang tampil selanjutnya adalah rasio kapasitas penampang. Periksa jika tidak ada rasio kapasitas yang lebih dari 1 maka profil yang dipakai sudah OK.
13. Periksa jenis profil yang dipilih program secara otomatis dengan perintah : **View – Set Elements** dan pilih **Frames Sections**, sehingga muncul tampilan seperti gambar dibawah.

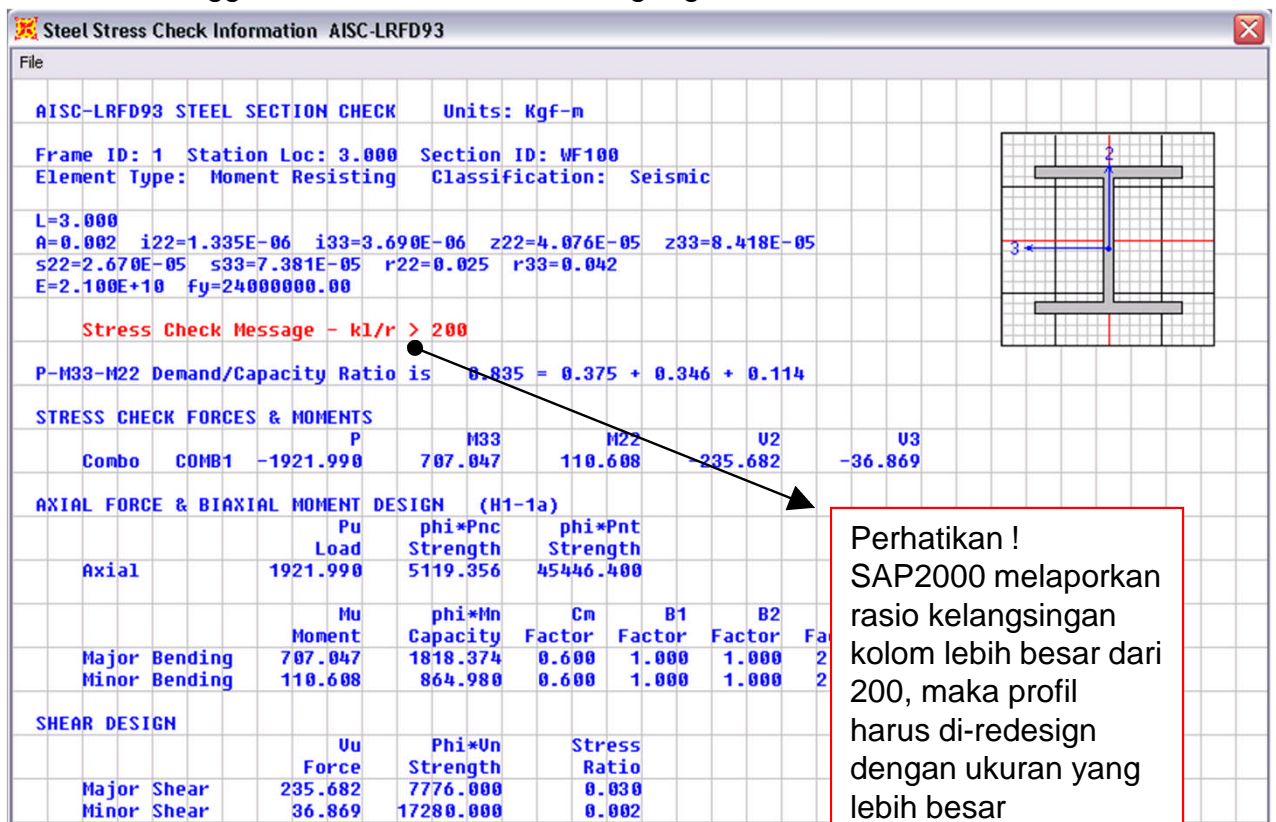
Perhatikan pada profil, selain jenis profil yang muncul juga terdapat Label AUTO, perhatikan dan periksa juga rasio kapasitasnya !!!




14. Periksa lebih detail tegangan yang terjadi pada kolom (khususnya pada kolom sudut) dengan Klik mouse kanan tepat pada kolom tsb.



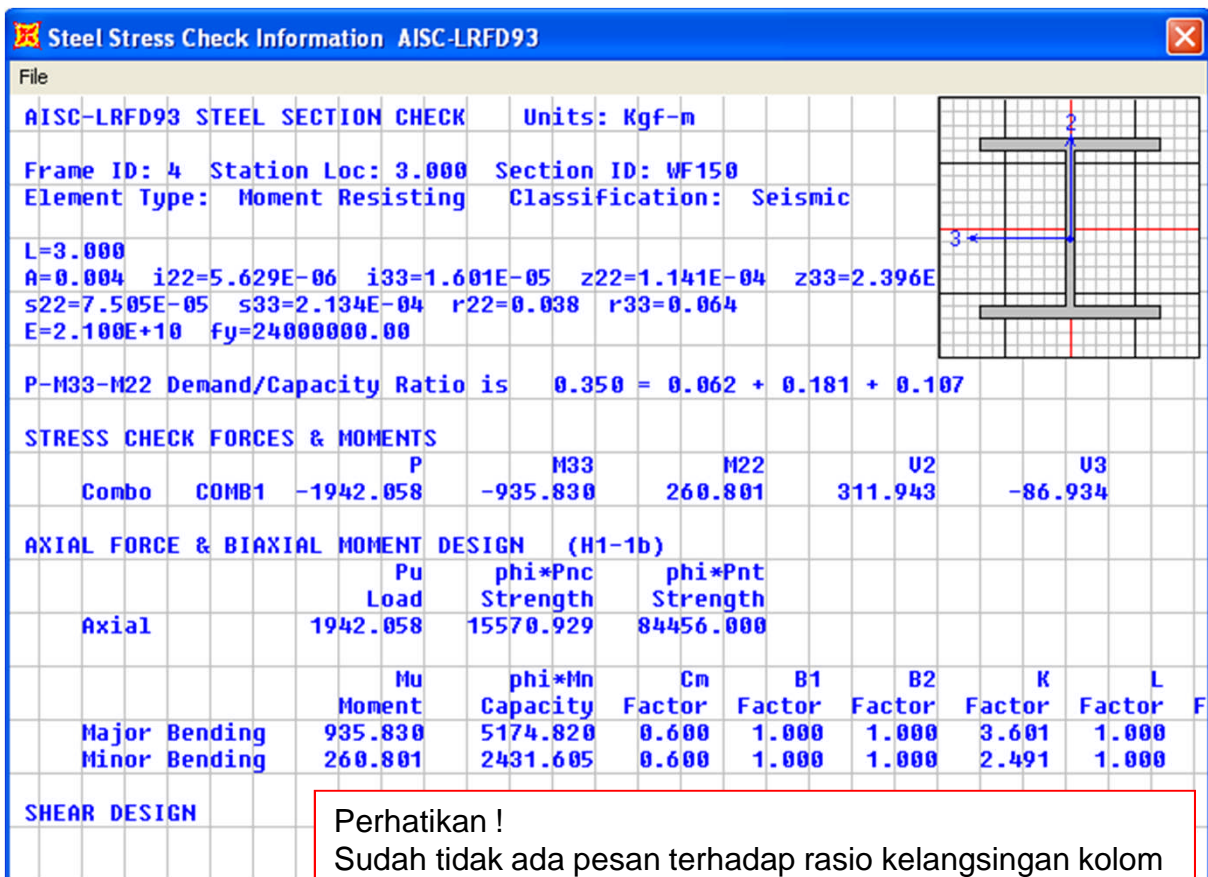
● Klik Detail, sehingga muncul detail informasi tegangan kolom, sbb :



Catatan :
Hal yang sama juga terjadi pada 3 kolom sudut yang lain.

15. Perbesar ukuran profil sudut (secara manual) misalnya dengan mengganti dengan profil WF150. Langkah-langkah yang dilakukan sbb :
 - Buka Lock/Unlock Model dengan menekan toolbar 
 - Tekan OK jika muncul peringatan " *Unlocking model will delete analysis result* "
 - Ganti keempat kolom sudut dengan profil WF150
 - Lakukan kembali **Run Analyze**
 - Lakukan kembali **Steel Design** dengan perintah **Design – Start Design/Check of Structure**

16. Periksa kembali detail tegangan yang terjadi pada kolom sudut



Steel Stress Check Information AISC-LRFD93

File

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK Units: Kgf-m

Frame ID: 4 Station Loc: 3.000 Section ID: WF150
 Element Type: Moment Resisting Classification: Seismic

L=3.000
 A=0.004 i22=5.629E-06 i33=1.601E-05 z22=1.141E-04 z33=2.396E-04
 s22=7.505E-05 s33=2.134E-04 r22=0.038 r33=0.064
 E=2.100E+10 fy=24000000.00

P-M33-M22 Demand/Capacity Ratio is 0.350 = 0.062 + 0.181 + 0.107


STRESS CHECK FORCES & MOMENTS						
Combo		P	M33	M22	U2	U3
COMB1		-1942.058	-935.830	260.801	311.943	-86.934

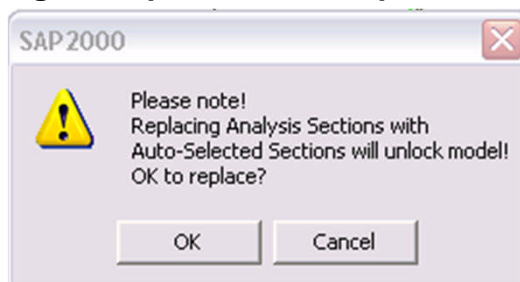
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)			
	Pu Load	phi*Pnc Strength	phi*Pnt Strength
Axial	1942.058	15570.929	84456.000

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	Cm Factor	B1 Factor	B2 Factor	K Factor	L Factor
Major Bending	935.830	5174.820	0.600	1.000	1.000	3.601	1.000
Minor Bending	260.801	2431.605	0.600	1.000	1.000	2.491	1.000

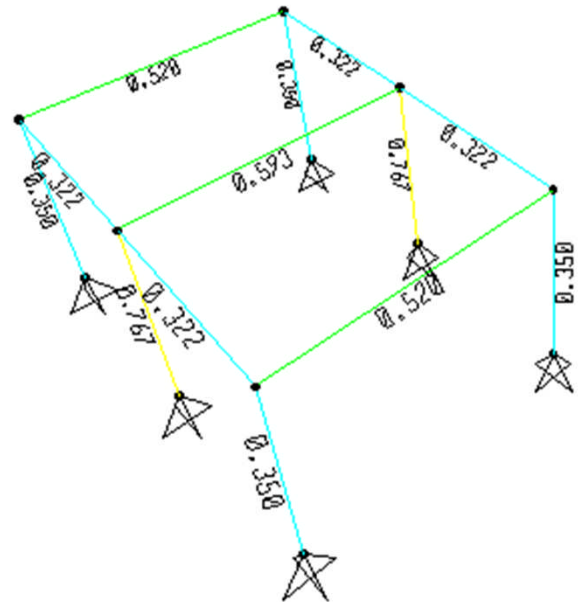
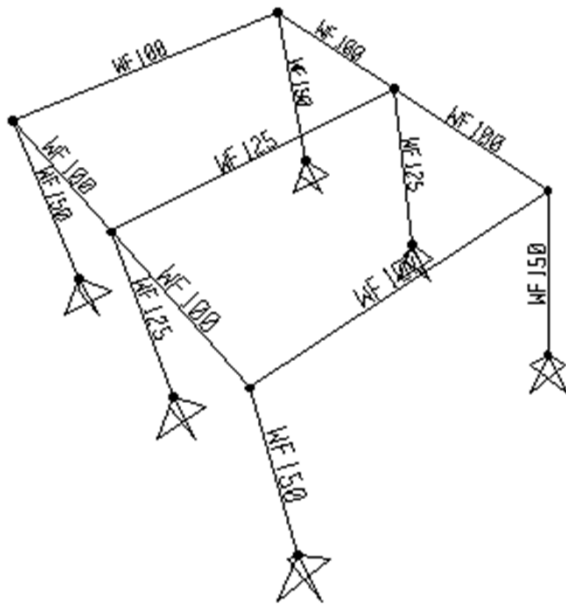
SHEAR DESIGN


Perhatikan!
Sudah tidak ada pesan terhadap rasio kelangsingan kolom

17. Seluruh profil yang dipakai sudah OK, selanjutnya permanenkan pemilihan profil yang dilakukan secara otomatis oleh program (profil AUTO), dengan klik  dan lakukan : **Design – Replace Auto w/Optimal Section**, tekan OK jika muncul pesan berikut ini.



18. Lakukan kembali **Run Analysis** dan **Design – Start Design/Check of Structure**, periksa kembali bahwa jenis profil yang dipakai sudah permanen (tanpa label AUTO). Periksa dan bandingkan juga rasio kapasitas yang dilaporkan dengan rasio kapasitas sebelum jenis profil dipermanenkan.

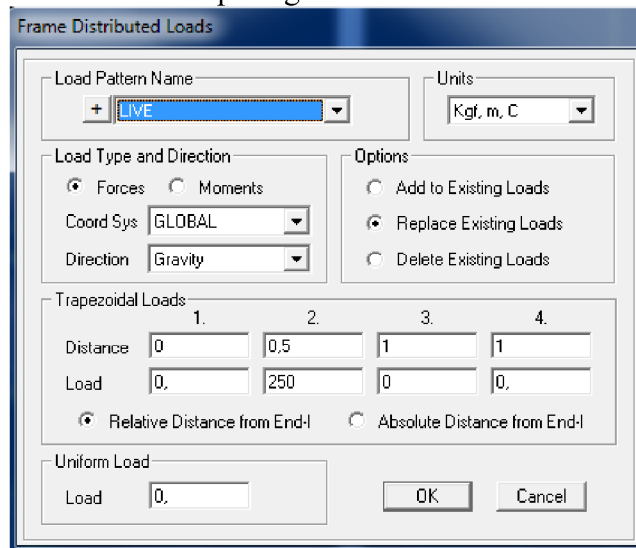



- Klik  untuk membersihkan layar dari gambar pembebanan
- **Dikarenakan balok memanjang bagian dalam menerima 2 beban trapesium, maka proses pembebanan dilakukan sekali lagi untuk balok melintang dalam.**
- Ulangi cara yang sama untuk memasukkan beban sesuai dengan nilai dan jenis pembebanan ke struktur tersebut.

2. Memasukkan Beban Hidup

(contoh memasukkan beban hidup pada balok atap melintang sebesar 100 kg/m²)

- Select semua balok melintang, kemudian Klik menu **Assign>Frame Load>Distributed**.
- Setelah muncul *Form Distributed Loads*, pada Load Pattern Name pilih Live, dikarenakan beban berbentuk **segitiga**, pada kolom **trapezoidal loads**, pilih **relative distance**, diisi pada distance berturut-turut **0 - 0,5 - 1 - 1**, load diisi berturut-turut **0 - 250 - 0 - 0**, **Uniform load = 0**. Seperti gambar di bawah berikut:



- Klik  untuk membersihkan layar dari gambar pembebanan
- **Dikarenakan balok melintang bagian dalam menerima 2 beban segitiga, maka proses pembebanan dilakukan sekali lagi untuk balok melintang dalam.**
- Ulangi cara yang sama untuk memasukkan beban sesuai dengan nilai dan jenis pembebanan ke struktur tersebut.

3. Memasukkan Beban Gempa


- Klik Joint di pusat massa pada lantai atap. pilih menu **Assign > Joint Loads > Force > Masukkan Besarnya beban gempa pada kotak **Global Force X** dengan nilai **-2000** dan pada kotak **Global Force Y** dengan nilai **30%.2000**.**
- Kemudian blok semua titik dalam satu lantai, kemudian klik **Assign > Joint > Constraint**, pilih **diaphragma**, kemudian klik **add new constraint**, klik OK.
- Lakukan cara yang sama untuk *joint* pusat massa di lantai.

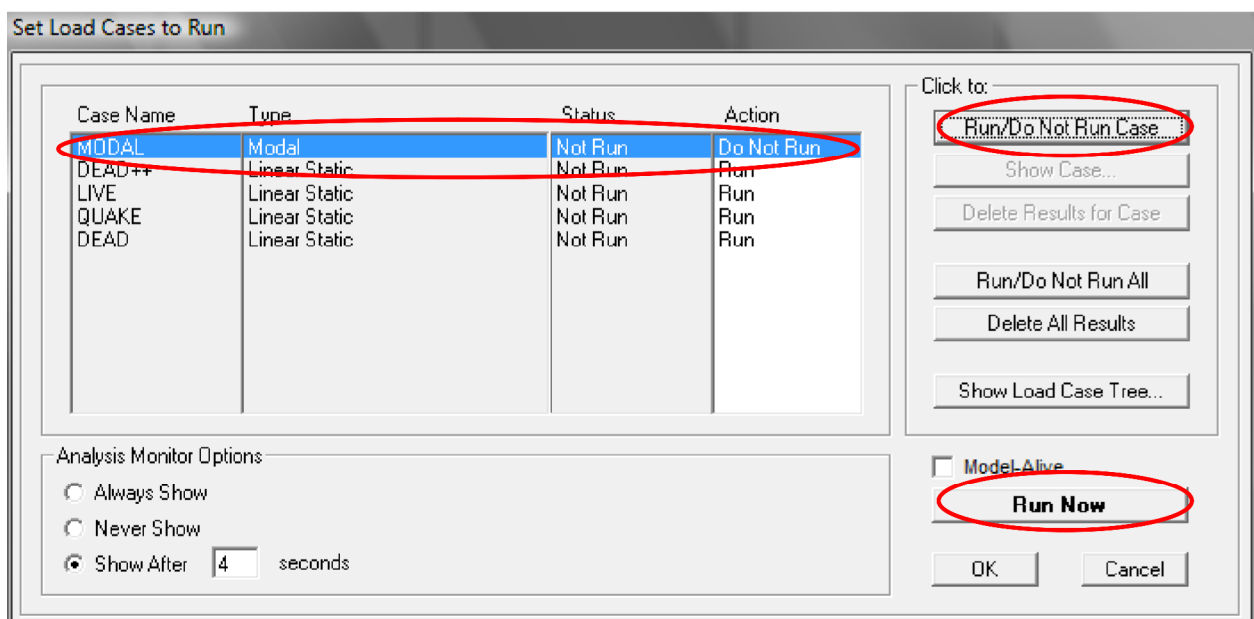
5.4. Analysis

1. Setting Degree Of Freedom

Klik menu **Analyze > Set Analysis Options**, setelah muncul Analysis Options Form, pada Fast DOFs Pilih **Space Frame**.

2. Running Program

- klik icon  atau tekan F5.
- Setelah muncul Form Set Load Cases to Run, Klik **MODAL** dan klik **Run/Do Not Run Case**, untuk tidak menge"Run" Modal. Kemudian Klik *Run Now*
Modal digunakan untuk menghitung beban tidak terduga. Modal tidak di "Run" jika analisa hanya analisa statis.



CEK DESAIN STRUKTUR

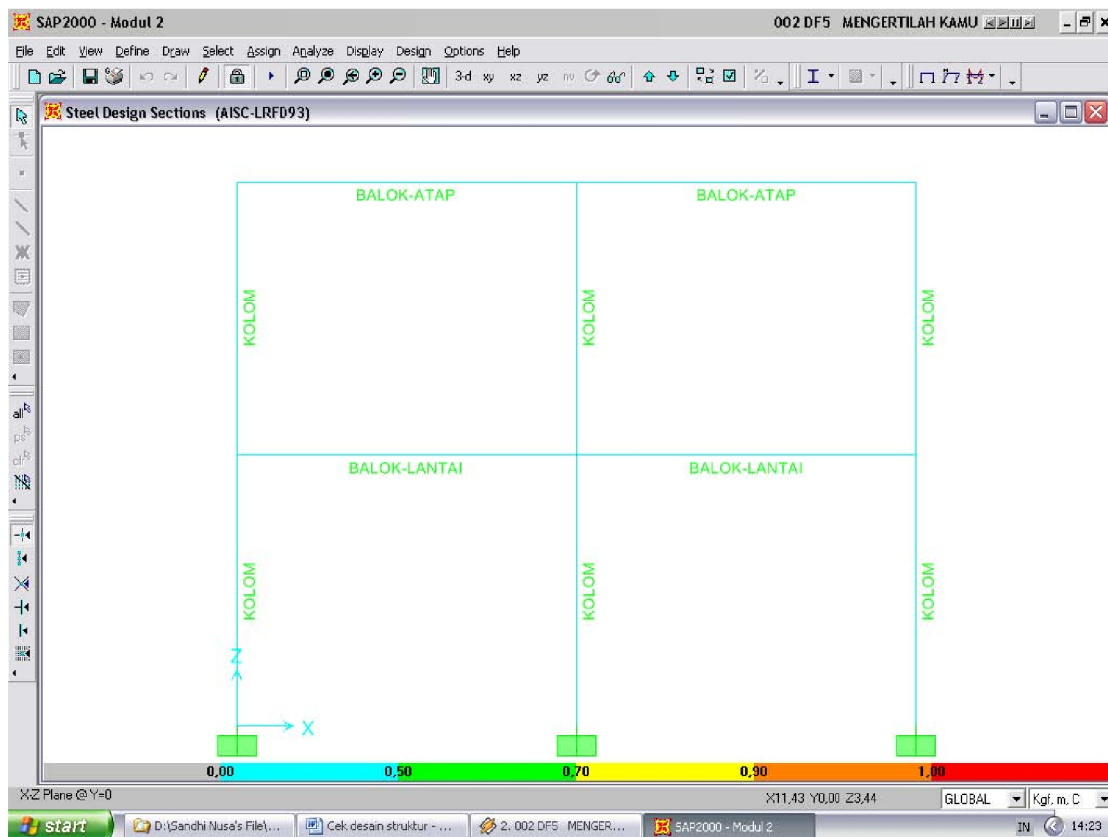
CEK DESAIN STRUKTUR :

Bagian terpenting dari analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000 adalah cek desain struktur yang direncanakan. Cek desain struktur ini memiliki 3 fungsi, yaitu :

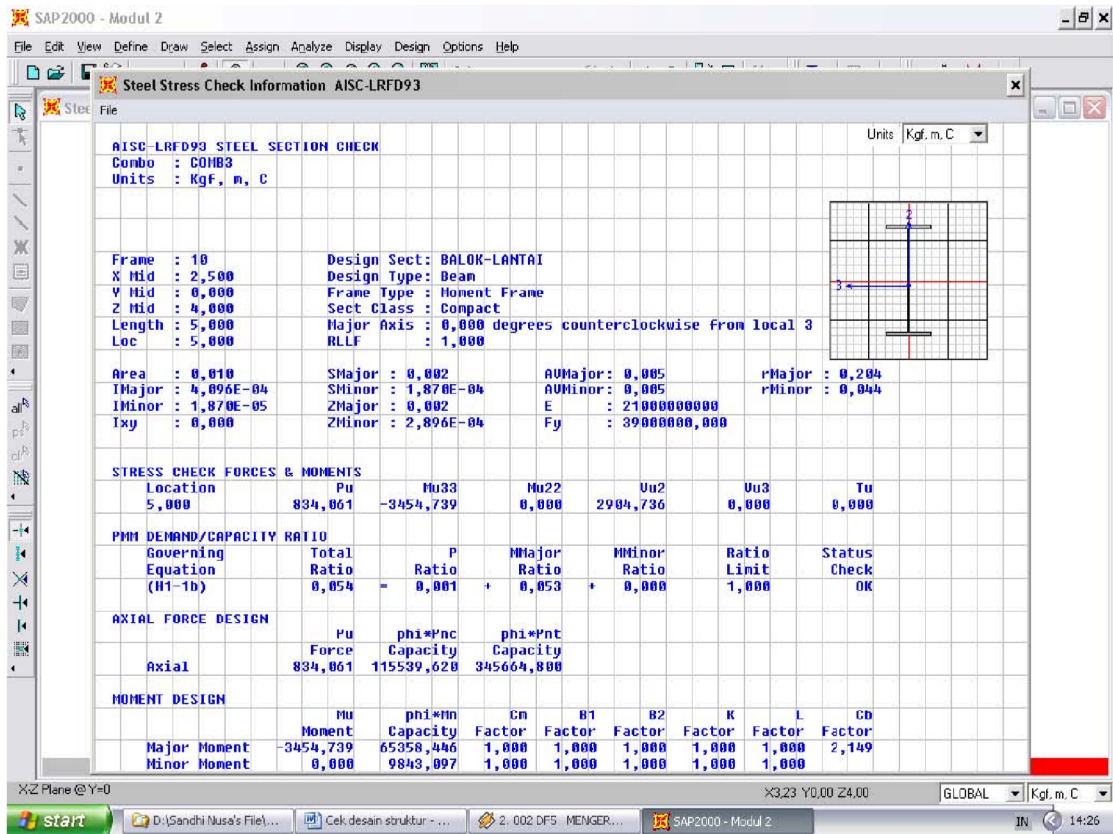
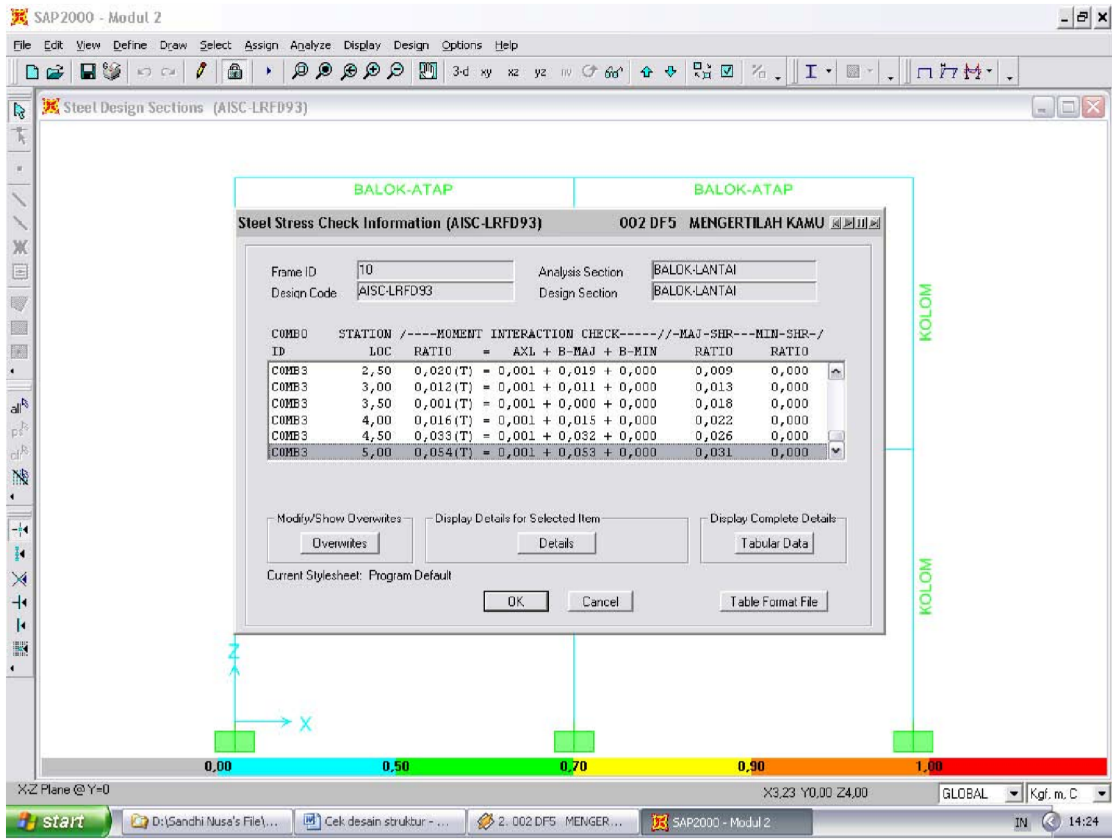
1. Mengetahui kekuatan profil baja dalam memikul beban luar yang terjadi.
2. Mengetahui tingkat keekonomisan penggunaan profil baja.
3. Memperkirakan jumlah tulangan yang dibutuhkan untuk balok dan kolom.

CEK DESAIN STRUKTUR BAJA :

Untuk cek desain struktur baja akan diambil contoh hasil analisa struktur baja 3 dimensi dari contoh 2.



Dari gambar hasil cek desain struktur baja di atas dapat diperhatikan bahwa kekuatan profil baja ditunjukkan dengan warna yang mewakili interval nilai tertentu dari 0 s.d. 1.



Nilai antara 0 s.d. 1 merupakan nilai perbandingan antara beban ultimate dari beban luar yang terjadi dengan beban nominal yang mampu dipikul oleh profil baja dari hasil perhitungan kekuatan profil baja oleh SAP 2000. Pernyataan tersebut sesuai dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{a) untuk } \frac{N_u}{\phi_c N_n} &\geq 0,2 \\ \frac{N_u}{\phi_c N_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) &\leq 1,0 \\ \text{b) untuk } \frac{N_u}{\phi_c N_n} &< 0,2 \\ \frac{N_u}{2\phi_c N_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) &\leq 1,0 \end{aligned}$$

Keterangan:

M_{nx} adalah kuat lentur nominal terhadap sumbu- x

M_{ny} adalah kuat lentur nominal terhadap sumbu- y

M_{ux} adalah kuat lentur perlu terhadap sumbu- x

M_{uy} adalah kuat lentur perlu terhadap sumbu- y

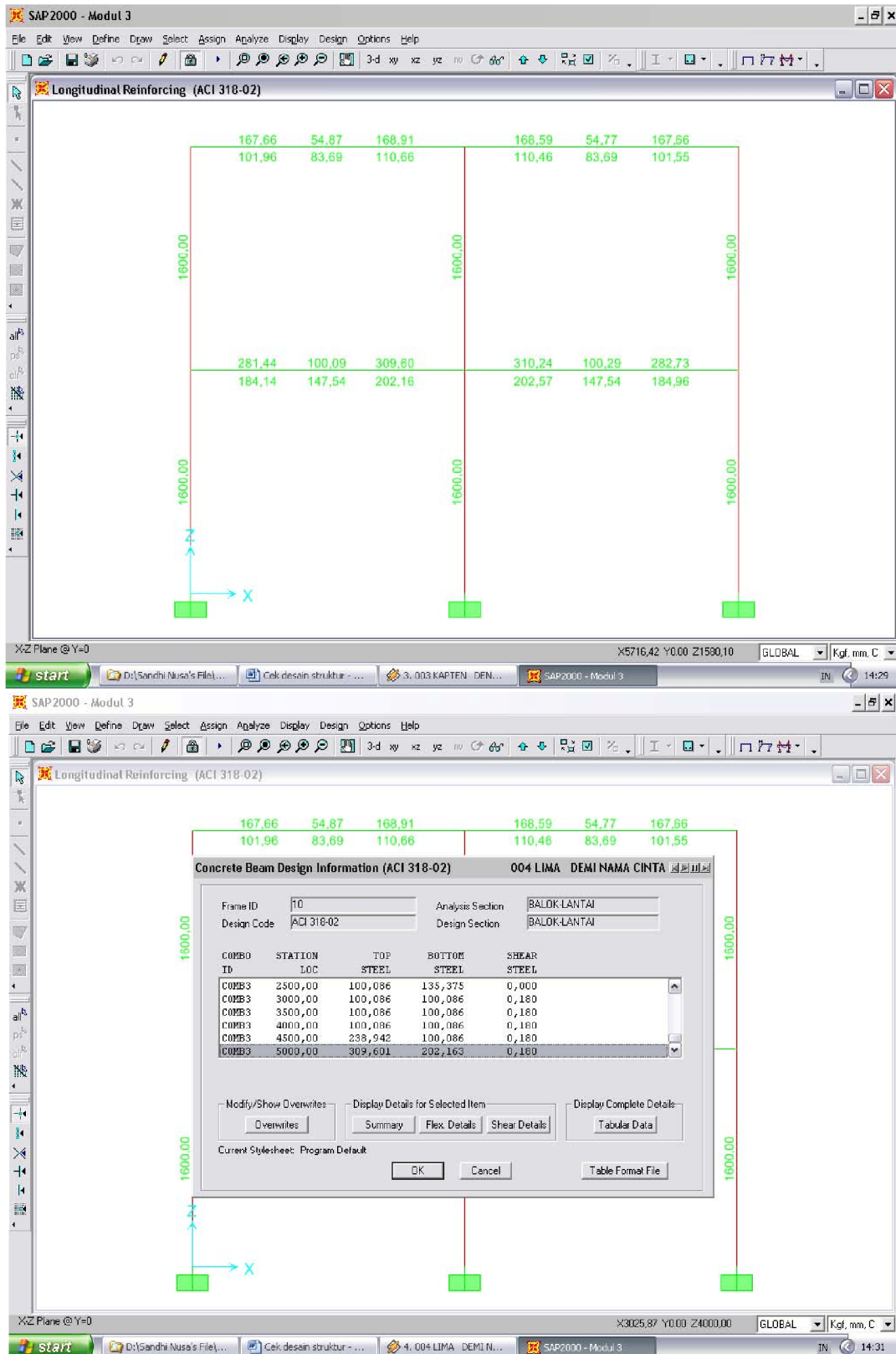
N_n adalah kuat aksial nominal

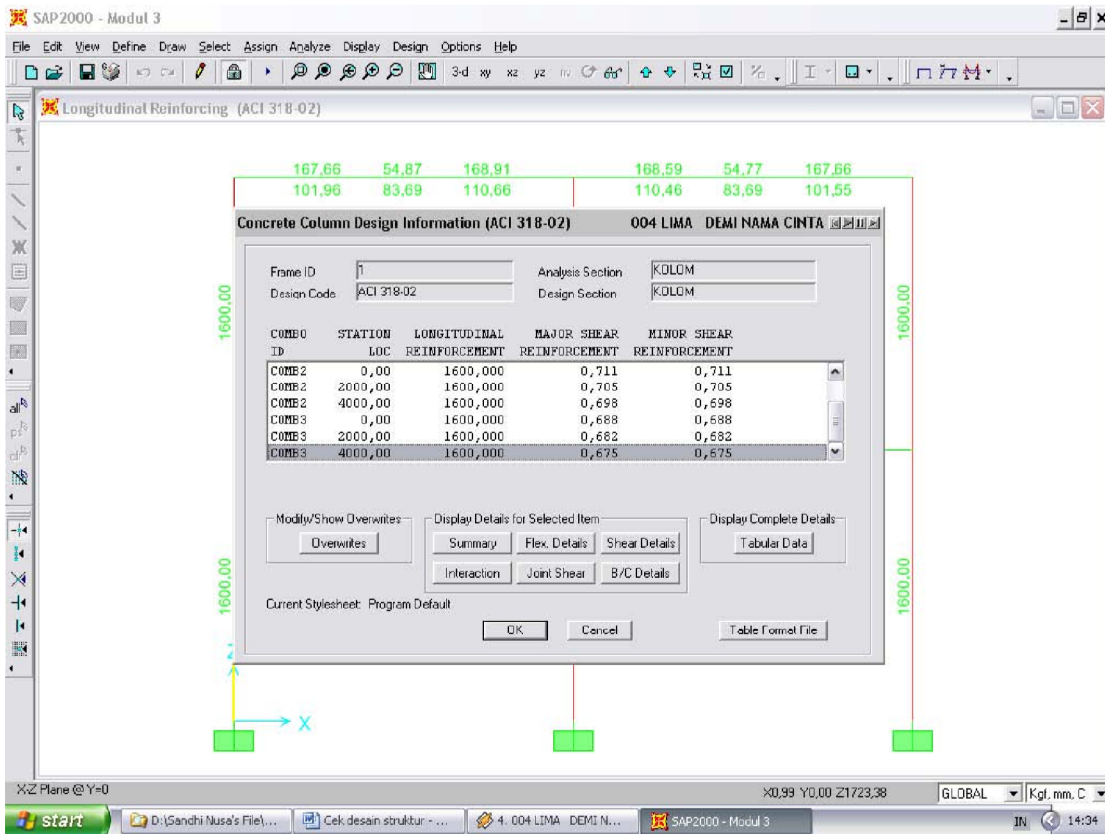
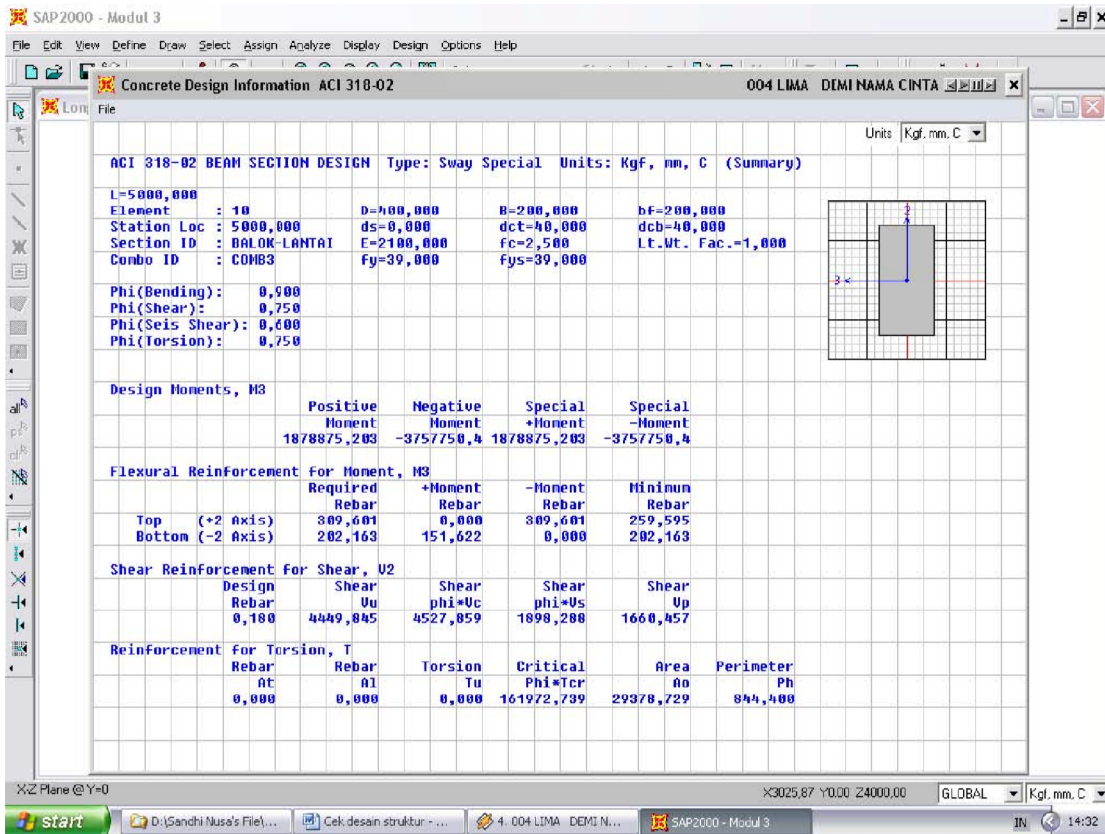
N_u adalah kuat aksial perlu

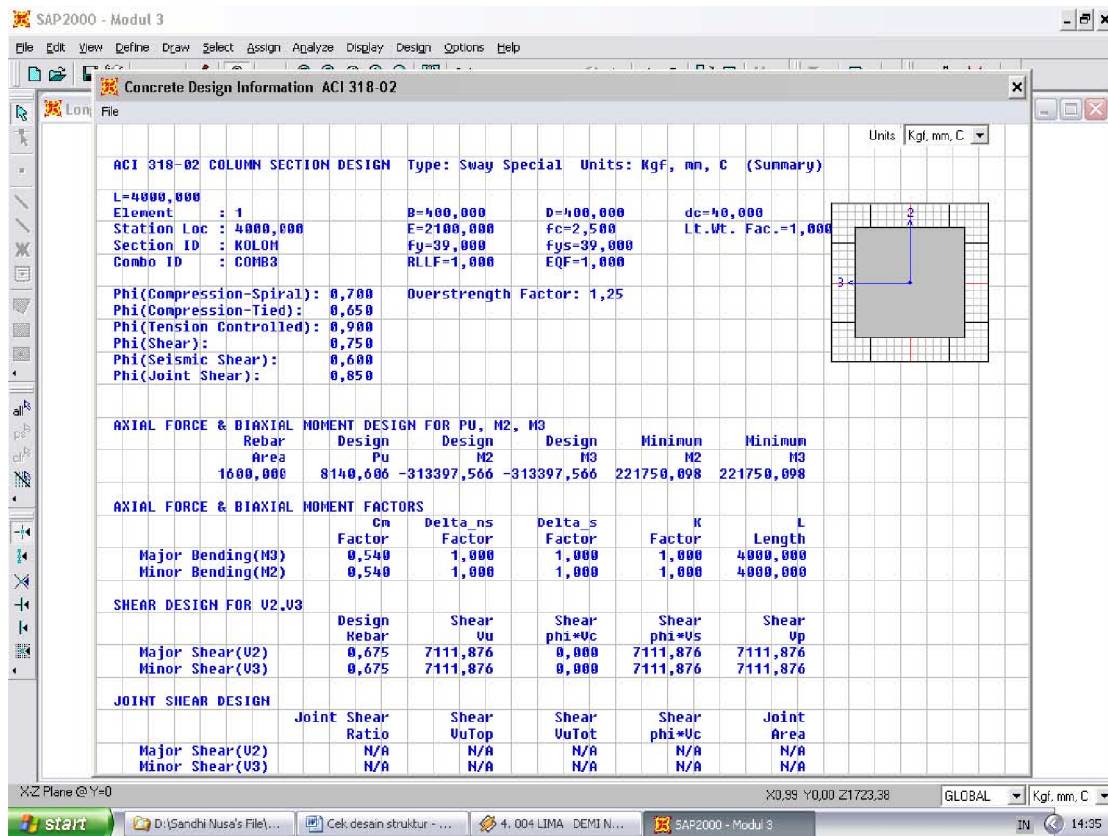
Dari rumus di atas bisa disimpulkan bahwa profil baja dikatakan kuat memikul beban luar yang terjadi, apabila nilai perbandingan lebih kecil atau sama dengan 1. Apabila nilai perbandingan lebih dari 1, maka profil baja harus direncanakan ulang. Selain itu, hasil nilai perbandingan yang mendekati 1 berarti profil sudah cukup ekonomis, sebaliknya apabila nilai perbandingan mendekati 0 berarti profil masih sangat boros. Gambar di atas menunjukkan bahwa perencanaan profil baja untuk contoh 2 sangat kuat untuk memikul beban luar yang terjadi, akan tetapi profil baja yang digunakan masih sangat boros. Disarankan dilakukan desain ulang untuk perencanaan struktur baja pada contoh 2.

CEK DESAIN STRUKTUR BETON :

Untuk cek desain struktur beton akan diambil contoh hasil analisa struktur beton 3 dimensi dari contoh 3.







Berbeda dengan cek desain struktur baja, pada cek desain struktur beton yang ditampilkan adalah luas tulangan yang dibutuhkan balok dan kolom. Karena satuan yang digunakan adalah kgf, m, C, sedangkan luas tulangan menggunakan satuan mm², maka satuan harus diubah menjadi kgf, mm, C.

Tulangan Balok :

Tulangan balok terdiri dari tulangan tumpuan dan tulangan lapangan. Nilai yang ditampilkan pada gambar hasil cek desain struktur beton untuk balok adalah luas tulangan tumpuan dan tulangan lapangan. Luas tulangan tumpuan kanan dan kiri dipilih yang terbesar, momen yang terjadi pada tumpuan adalah momen negatif sehingga nilai luas atas menunjukkan tulangan tarik sedangkan nilai luas bawah menunjukkan tulangan tekan. Sebaliknya momen yang terjadi pada lapangan adalah momen positif sehingga nilai luas bawah menunjukkan tulangan tarik sedangkan nilai luas atas menunjukkan tulangan tekan.

Contoh perhitungan tulangan balok dari hasil cek desain struktur beton contoh 3 :

Tulangan tumpuan :

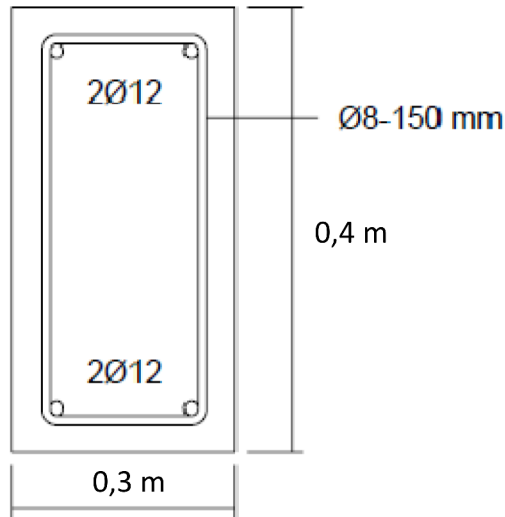
Luas tulangan tarik = 309,60 mm², dipakai tulangan 3Ø12 (As = 339,3 mm²).

Luas tulangan tekan = 202,16 mm², dipakai tulangan 2Ø12 (As = 226,2 mm²).

Tulangan lapangan :

Luas tulangan tarik = $147,54 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan $2\text{Ø}12$ ($A_s = 226,2 \text{ mm}^2$).

Luas tulangan tekan = $100,09 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan $2\text{Ø}12$ ($A_s = 226,2 \text{ mm}^2$).



Tulangan geser :

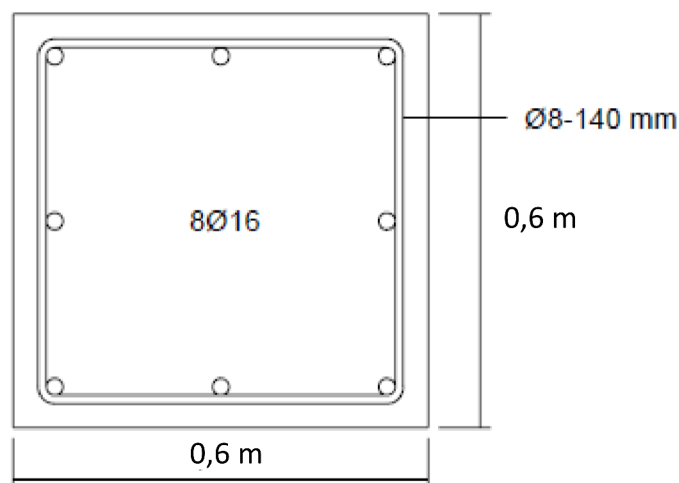
Luas tulangan geser = $0,180 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan $\text{Ø}8 - 150 \text{ mm}$ ($A_s = 335,1 \text{ mm}^2$).

Tulangan Kolom :

Contoh perhitungan tulangan kolom dari hasil cek desain struktur beton contoh 3 :

Tulangan axial dan momen :

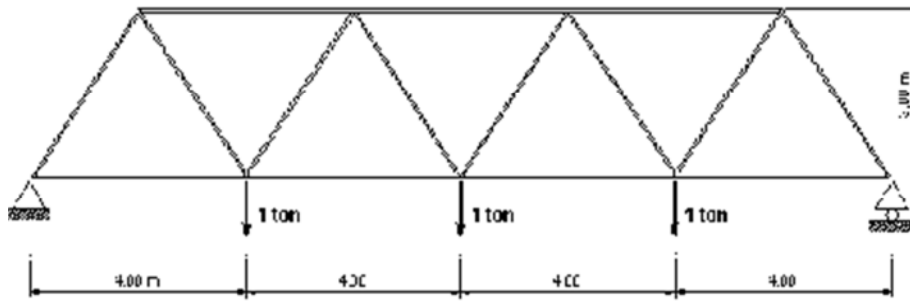
Luas tulangan = 1600 mm^2 , dipakai tulangan $8\text{Ø}16$ ($A_s = 1608,5 \text{ mm}^2$).



Tulangan geser :

Luas tulangan geser = $0,675 \text{ mm}^2$, dipakai tulangan $\text{Ø}8 - 140 \text{ mm}$ ($A_s = 359,0 \text{ mm}^2$).

Menghitung Jembatan Baja dengan SAP 2000 V.14



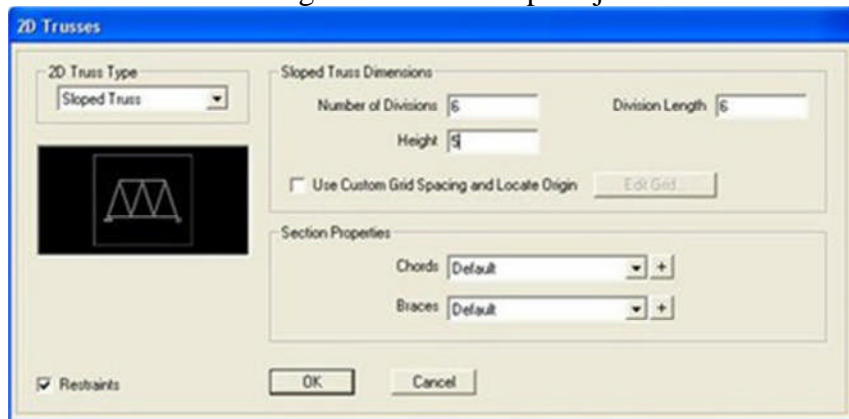
Diketahui suatu jembatan rangka baja dengan data sebagai berikut :

- Bentang 6 x 6,0 m, tinggi 5,0 m
- Profil yang digunakan IWF 14 x 90
- $F_y = 240 \text{ Mpa}$
- Beban yang bekerja adalah beban Mati (DL) dan beban Hidup (LL), dimana berat sendiri struktur sudah termasuk dalam pembebanan
- DL = 100 kN; LL = 400 kN

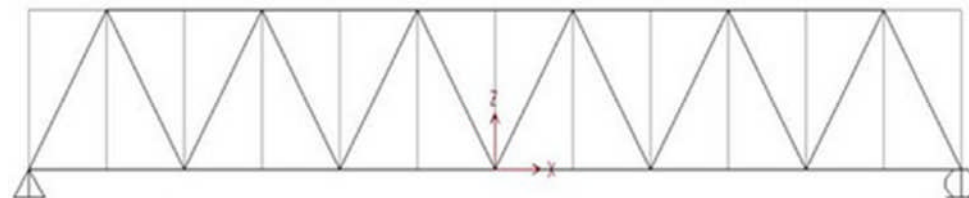
Penyelesaian :

a. Menentukan Model Struktur

- 1) Tentukan unit satuan dalam kN,m,C
- 2) Dari menu File – New Model, dipilih model yang mendekati template yaitu 2D Truss
- 3) Akan tampil kotak dialog 2D truss Type Sloped Truss, isikan Number of Divisions = 6; Heigh = 5; Devision Lenght = 6
- 4) Klik OK
- 5) Model sloped truss yang sudah dimasukkan datanya akan ditampilkan dalam 2 jendela view, aktifkan XZ-View dengan memaximize pada jendela tersebut.

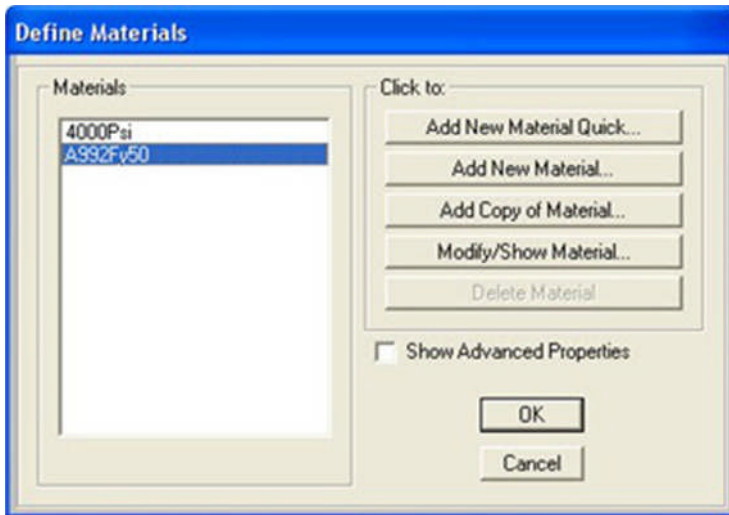


- 6) Akan terlihat gambar seperti di bawah ini

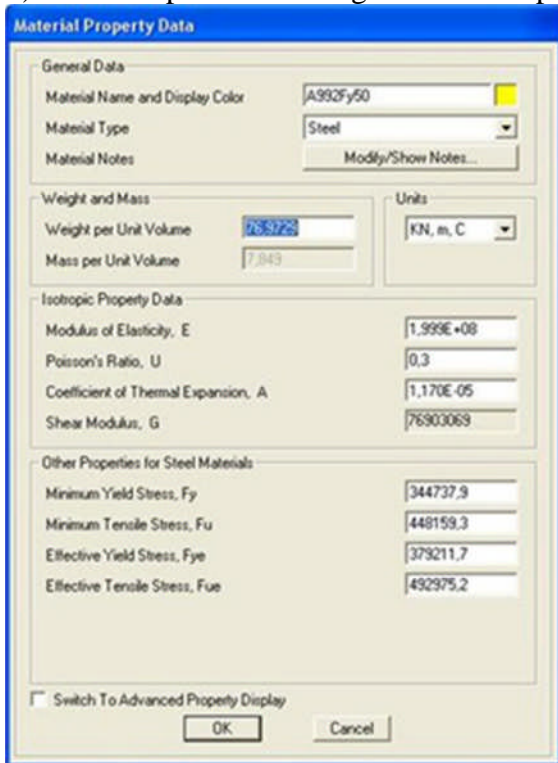


b. Menentukan Material dan Penampang Struktur

- 1) Pilih menu Define – Materials sehingga akan tampil kotak dialog Define Materials.
- 2) Pilih A992Fy50, klik Modify/Show Materials



3) Akan tampil kotak dialog Material Property Data, ubah nilai fy menjadi 240 MPa = 240000



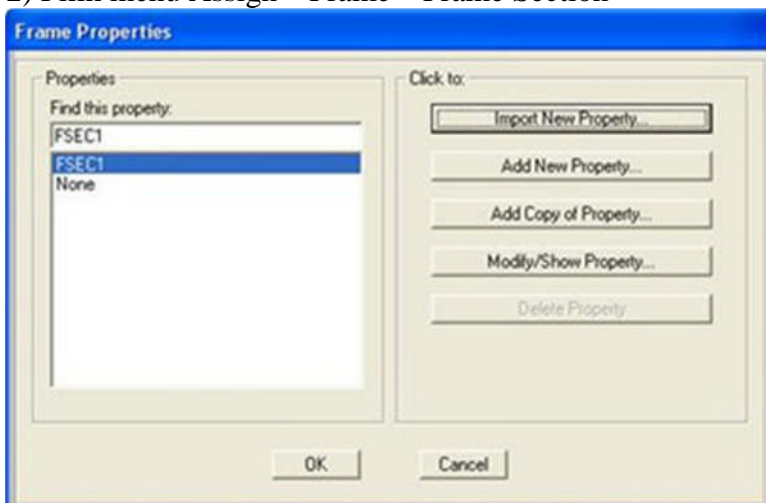
4) Klik OK

5) Klik OK

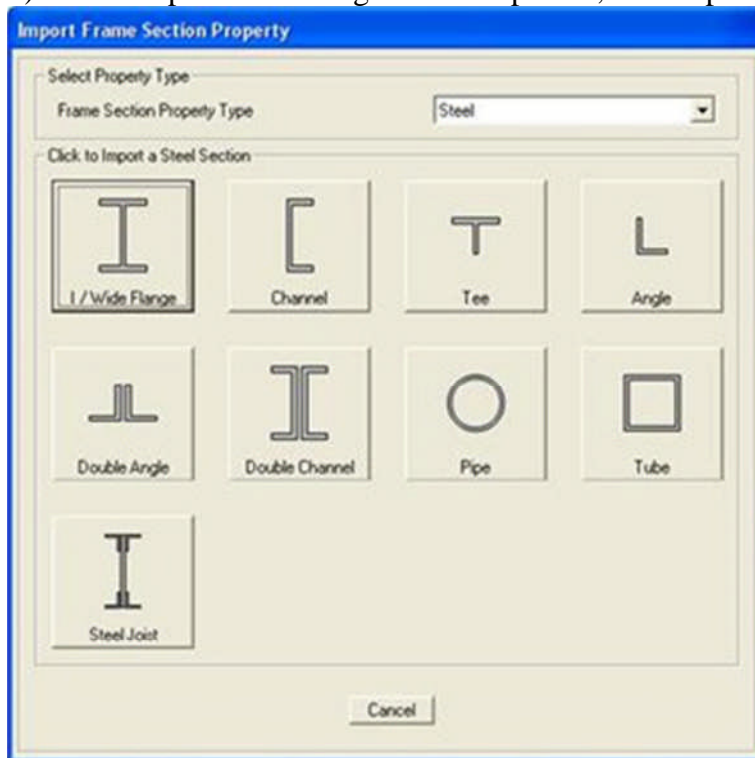
c. Menentukan Penampang elemen Struktur

1) Pilih semua elemen struktur dengan jalan klik satu-satu elemen atau dengan jalan pilihan windows maupun cross, seperti di materi AutoCAD

2) Pilih menu Assign – Frame – Frame Section

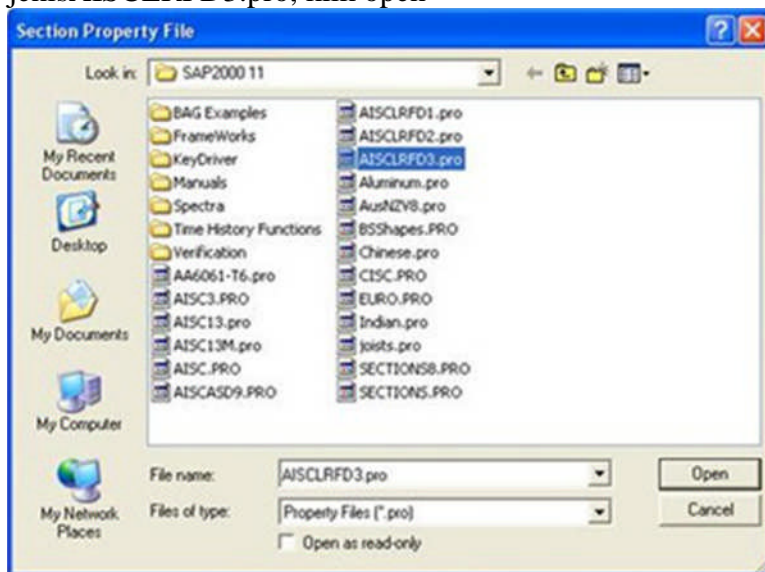


3) Akan tampil kotak dialog Frame Properties, klik Import New Property

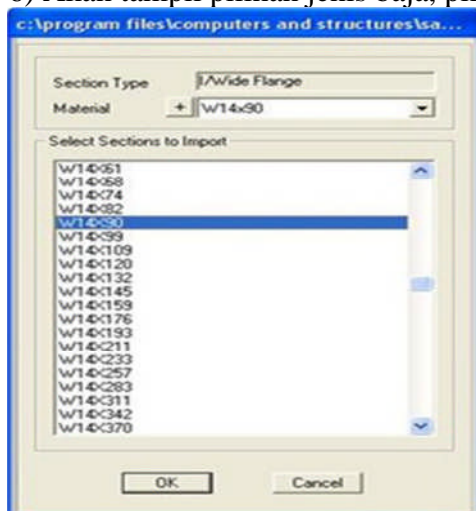


4) Akan tampil Frame Section Property, pilih I / Wide Flange

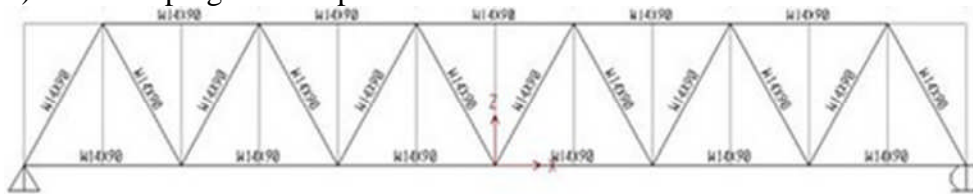
5) Maka kita di suruh memilih file yang akan dipakai untuk memilih jenis baja, pilih jenis AISCLRF3.pro, klik open



6) Akan tampil pilihan jenis baja, pilih W14x90, klik OK



7) Akan tampil gambar seperti di bawah ini

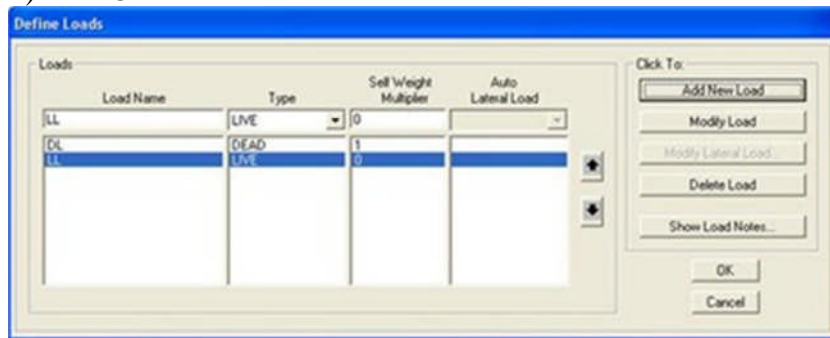


d. Menetapkan FRAME-release (karena sambungan tidak menerima momen)

- 1) Pilih semua = Frame, lalu menu Assign- Frame Fixed/Release, akan tampil kotak dialog
- 2) Pada kotak untuk momen beri tanda centrang dua-duanya

e. Menetapkan Load Case

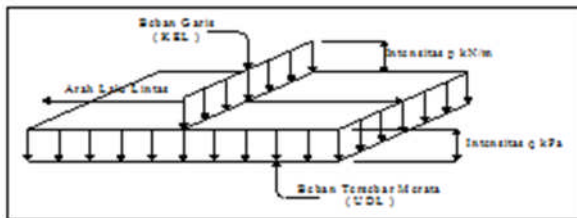
- 1) Pilih menu Define – Load Cases, akan tampil kotak dialog Define Loads
- 2) Pada kotak dialog Load Name ketik DL dengan Type = DEAD, dan self Weight Multiplier defaultnya 1, pilih Modify Load
- 3) Ubah DL menjadi LL, pilih type-nya LIVE, klik Add New Load
- 4) Klik OK



e. Memberikan Beban Pada Model

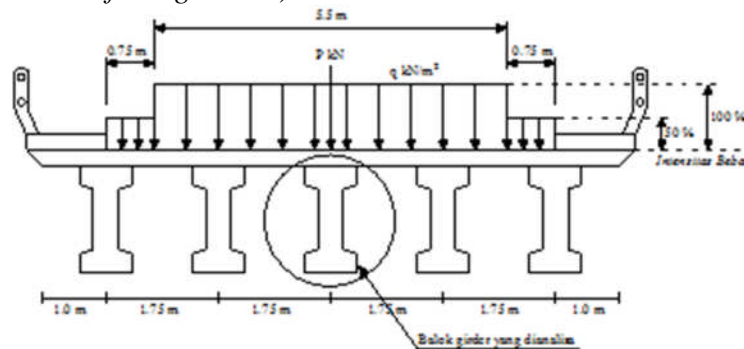
Beban Lalu Lintas

1. Beban lajur “D”



Gambar Penyebaran Beban Lajur

Beban lajur “D” terdiri dari beban tersebar merata (UDL/Uniformly Distributed Load) yang digabung dengan beban garis (KEL/Knife Edge Load).



Gambar Beban Yang Bekerja Pada Arah Melintang Jembatan

- a. Besarnya beban terbagi rata (UDL) tergantung pada panjang total yang dibebani (L). L = 40 m > 30 m, maka:

$$q = 8.0 \times \left(0.5 + \frac{15}{L}\right) \text{ kPa} = 8.0 \times \left(0.5 + \frac{15}{40}\right) = 7 \text{ kPa}$$

Jarak efektif antar gelagar = 175 cm = 1.75 m, maka beban merata yang bekerja di sepanjang gelagar adalah:

$$\begin{aligned}
 ql_1 &= 1.75 \times q \\
 &= 1.75 \times 7 \\
 &= 12.25 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

b. Beban terpusat P yang ditempatkan tegak lurus arah lalu lintas pada jembatan adalah sebesar 44.0 kN/m.

Faktor Beban Dinamik untuk “KEL” lajur “D”, untuk bentang (L_E) = 40 m, nilai DLA = 0.4.

Maka: $K = 1 + DLA$

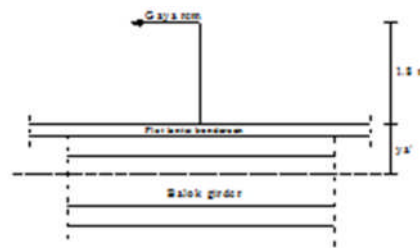
$$K = 1 + 0.4 = 1.4$$

Jarak efektif antar gelagar = 175 cm = 1.75 m, maka beban terpusat yang bekerja pada gelagar adalah:

$$\begin{aligned}
 pl_1 &= 1.75 \times P \times K \\
 &= 1.75 \times 44 \times 1.4 \\
 &= 107.8 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

1. Beban Rem

Pengaruh percepatan dan pengereman dari lalu lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang, dan dianggap bekerja pada permukaan lantai jembatan. Besarnya gaya rem tersebut tergantung dari panjang struktur (L), yaitu untuk $L = 40 \text{ m} \leq 80 \text{ m}$, gaya rem = 250 kN.



Gambar Beban Rem Yang Bekerja Pada Arah Memanjang Jembatan

Aksi Lingkungan

- Beban angin

Kendaraan yang sedang berada di atas jembatan, beban garis merata tambahan arah horizontal diterapkan pada permukaan lantai sebesar:

$$T_{EW} = 0.0012C_w(V_w)^2 \text{ kN/m}$$

Dimana: V_w = kecepatan angin rencana = 30 m/det

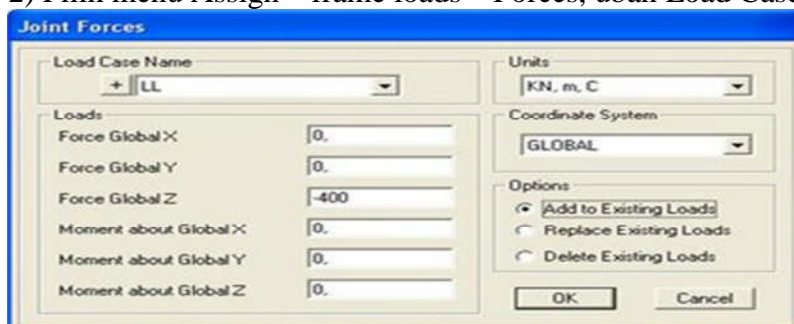
C_w = koefisien Seret = 1.2

$$T_{EW} = 0.0012 \times 1.2 \times 30^2$$

$$= 1.296 \text{ kN/m}$$

1) Pilih seluruh lantai /gelagar lantai

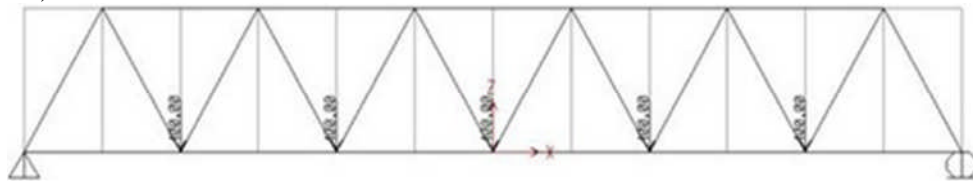
2) Pilih menu Assign – frame loads – Forces, ubah Load Case Name menjadi LL



8) Masukkan angka -400 pada Forces Global Z

9) Pada pilihan Options, klik Add to Existing Loads

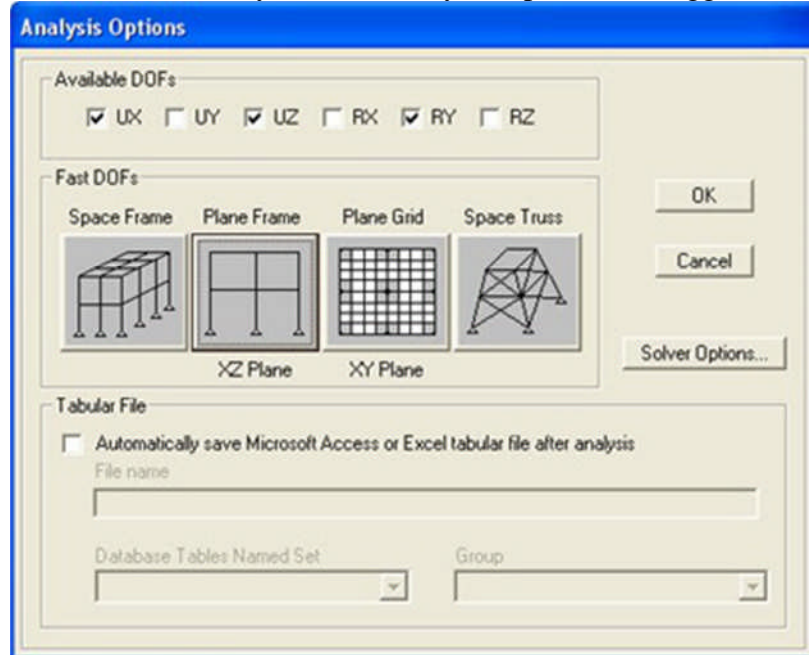
10) Klik OK



f. Menganalisis Model

1) Simpan file dan beri nama

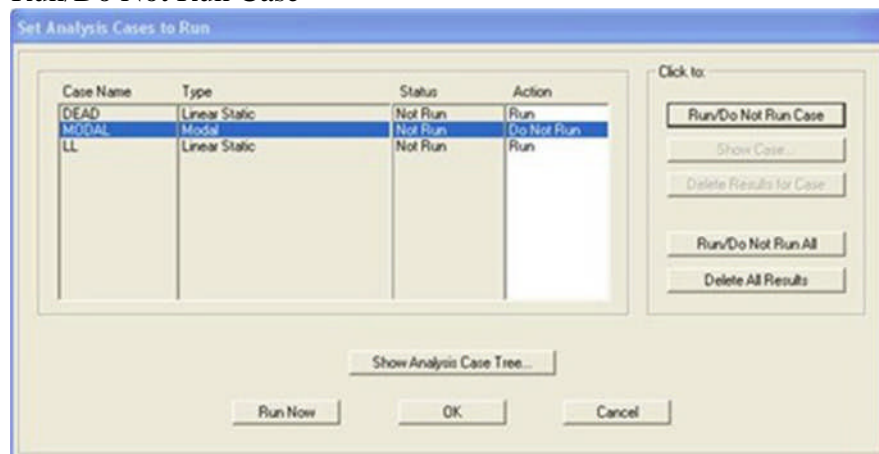
2) Pilih menu Analyze – Set Analysis Options, sehingga akan muncul kotak dialog Analysis Options



3) Pada Fast DOFs pilih Plane Frame (XZ Plane)

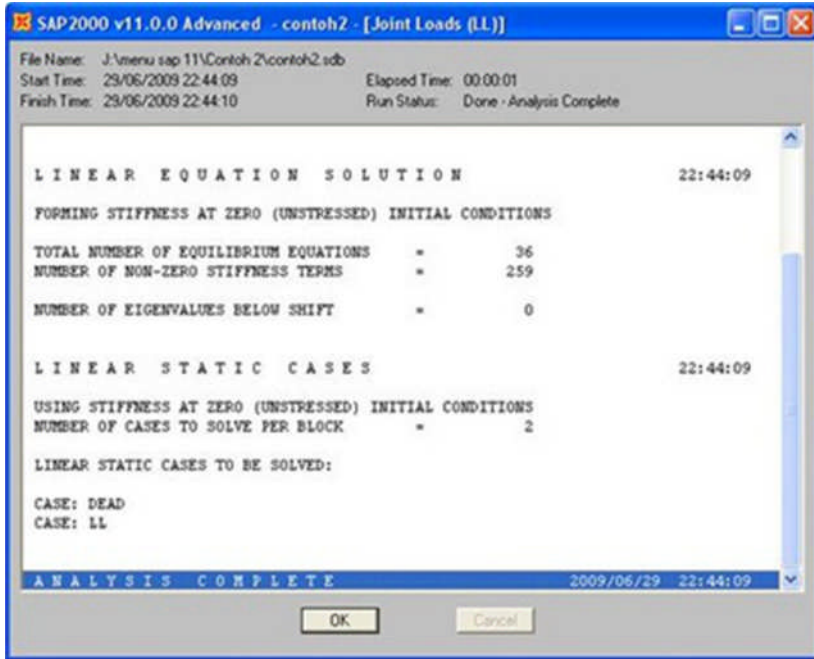
4) Klik OK

5) Selanjutnya adalah mengeset aksi pembebanan dengan menonaktifkan Modal, caranya pilih menu Analyze – Set Analysis Cases to Run, akan ditampilkan kotak dialog, pilih MODAL, klik pada tombol Run/Do Not Run Case

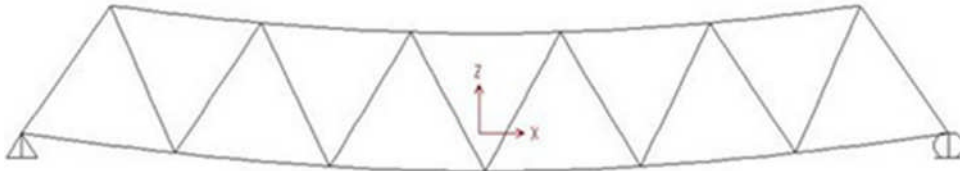


6) Klik Run Now, Proses analisis sedang berlangsung

7) Setelah proses selesai akan muncul pesan ANALYSIS COMPLETE, seperti gambar di bawah ini



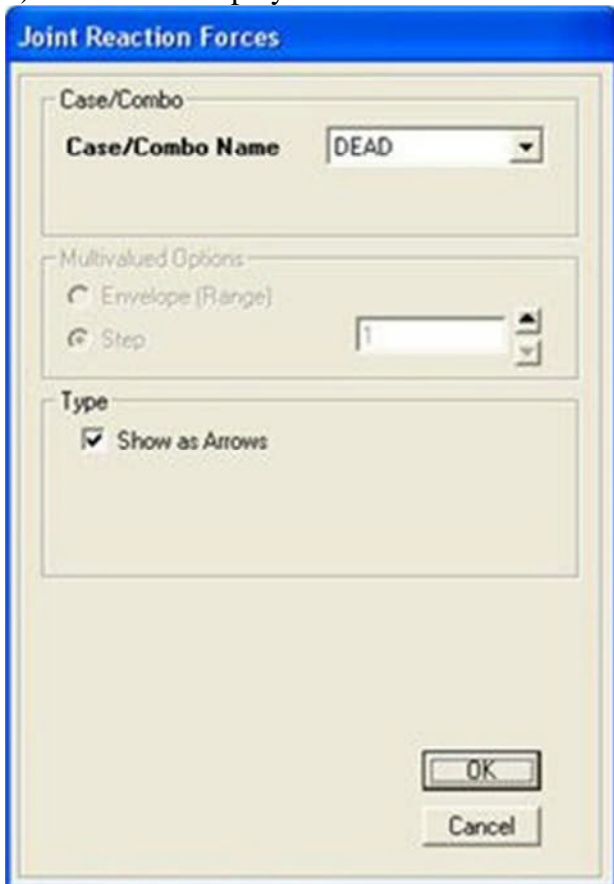
8) Klik OK, maka akan tampil bentuk struktur terdeformasi, seperti gambar di bawah ini



g. Menampilkan Hasil Analisis

1) Reaksi Perletakan

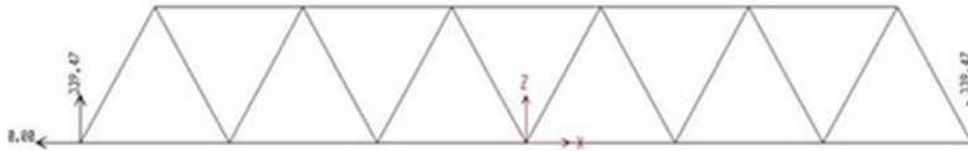
a) Pilih menu Display – Show Forces/Stresses Joints, akan tampil kotak dialog Joint Reaction Forces



b) Pilih Reaction pada type dan beri tanda ? pada Show as Arrows

c) Klik OK

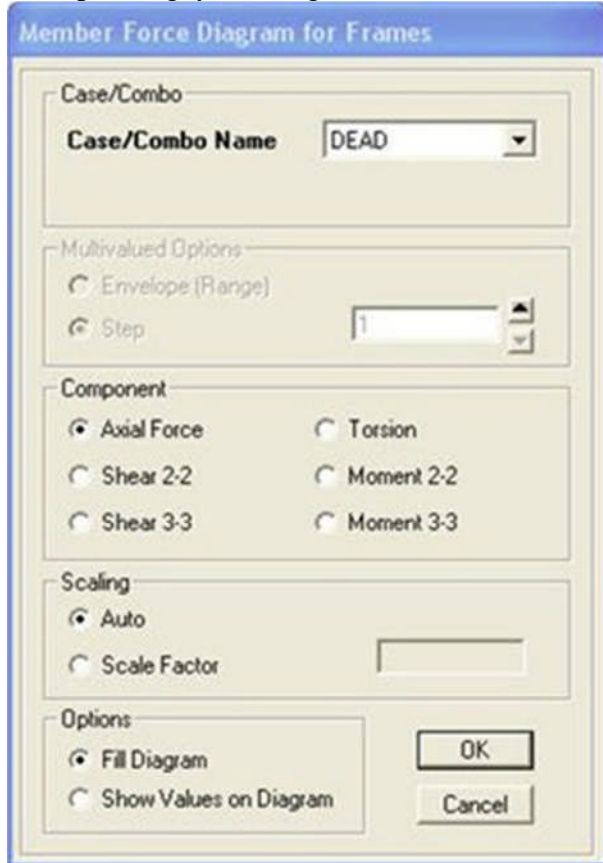
d) Akan tampil gambar seperti di bawah ini :



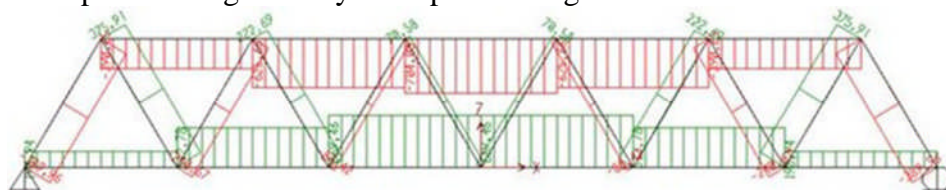
2) Gaya Normal, Lintang dan Momen

a) Pilih menu Display – Show Forces/Stresses – Frame, akan ditampilkan kotak dialog Member Forces Diagram for Frames.

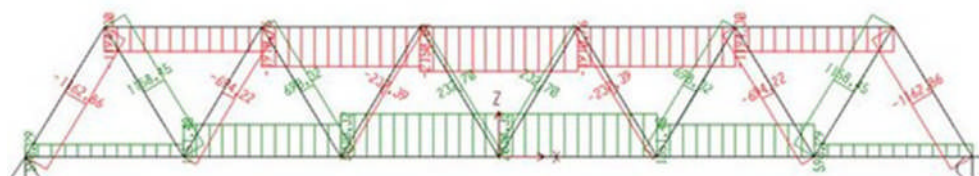
b) Pada Component, pilihan Axial untuk menampilkan gaya normal, pilihan Shear 2-2 untuk menampilkan gaya lintang; Moment 3-3 untuk menampilkan gaya momen.



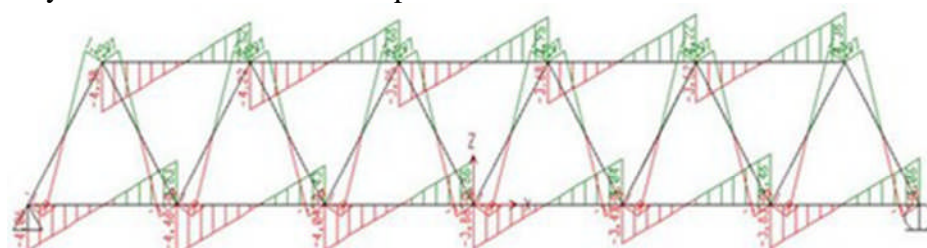
c) Pada Options, bila di klik pada Fill Diagram, maka gaya-gaya akan ditampilkan dalam bentuk gambar blok yang berwarna sesuai , bila pada Show Values on Diagram di klik maka nilainya akan ditampilkan dan gambarnya berupa arsiran garis.



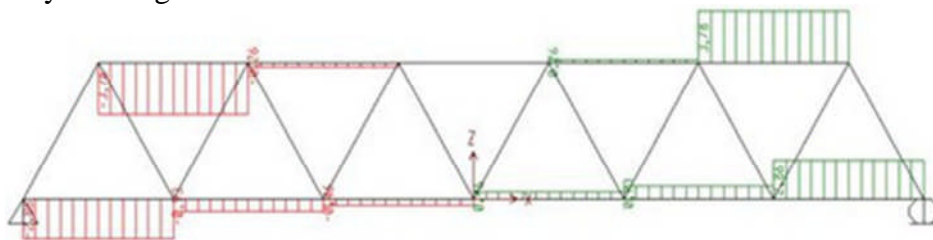
Gaya Aksial akibat beban mati



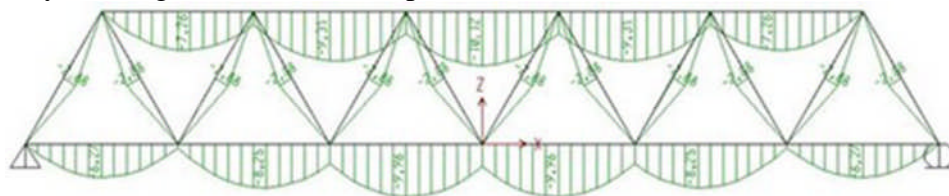
Gaya aksial akibat beban hidup



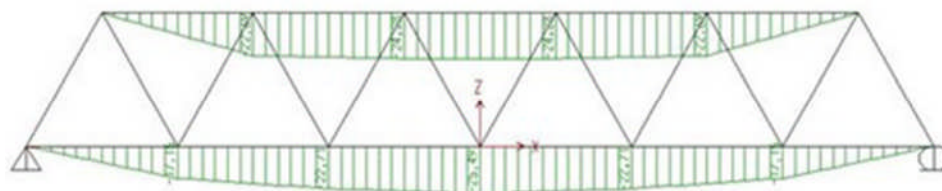
Gaya lintang akibat beban mati



Gaya lintang akibat beban hidup



Momen akibat beban mati



Momen akibat beban hidup

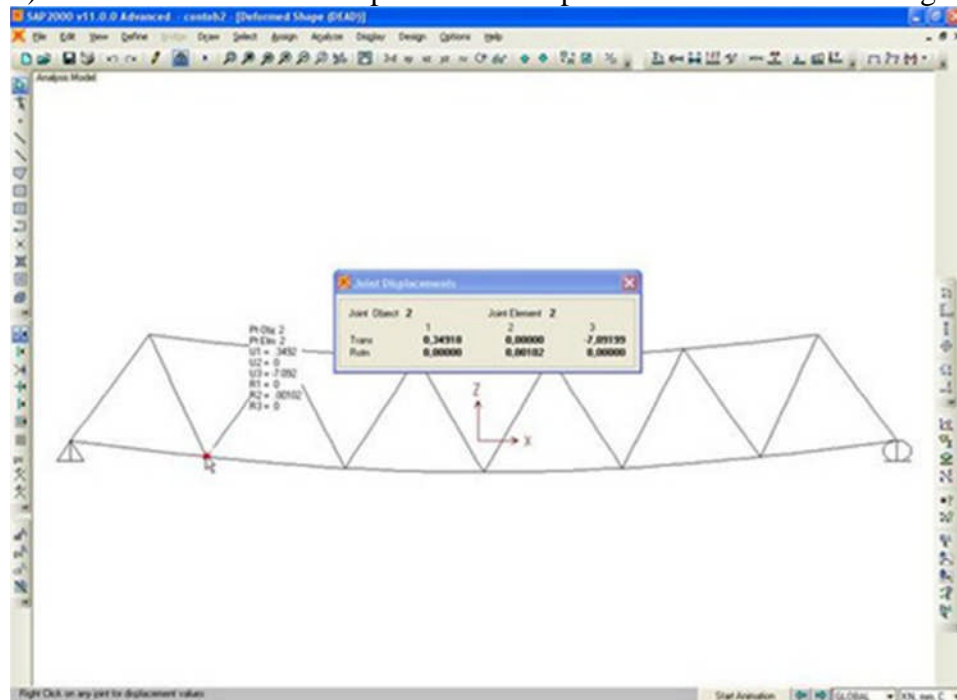
3) Nilai Displacement

a) Ubah unit satuan ke N, mm, C

b) Klik Display – Show Deformed Shape atau F6

c) Bawa pointer ke salah satu titik joint sehingga akan ditampilkan nilai lendutan / displacement

d) Klik kanan untuk menampilkan nilai displacement dalam bentuk diagram

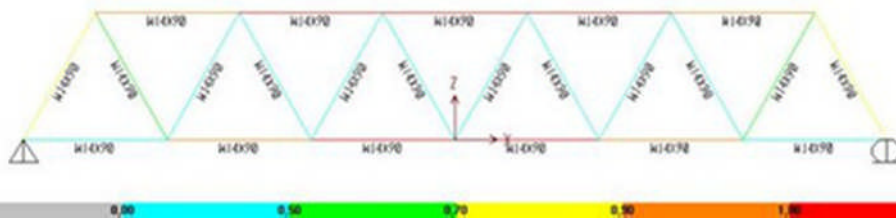


h. Pemeriksaan Tegangan

1) Pilih menu Option – Preferences – Steel Frame Design, akan tampil kotak dialog Steel Frame Design Preferences for AISC-LRFD93 sebagai defaultnya.

2) Klik OK

3) Pilih menu Design – Steel Frame Design – Start Design/Check Struktur dan akan tampil gradasi warna yang menunjukkan perbandingan tegangan di setiap elemen struktur.



4) Klik kanan pada elemen, akan ditampilkan jendela informasi tentang pertancangan dan kontrol tegangan baja di sepanjang element

Steel Stress Check Information (AISC-LRFD93)

Frame ID: 3 Analysis Section: W14x90
 Design Code: AISC-LRFD93 Design Section: W14x90

COMBO ID	STATION LOC	---MOMENT INTERACTION CHECK---	MAJ-SHR RATIO	MIN-SHR RATIO
DSTL2	0,00	1,164(T) = 1,097 + 0,067 + 0,000	0,011	0,000
DSTL2	0,50	1,168(T) = 1,097 + 0,071 + 0,000	0,009	0,000
DSTL2	1,00	1,172(T) = 1,097 + 0,074 + 0,000	0,008	0,000
DSTL2	1,50	1,175(T) = 1,097 + 0,077 + 0,000	0,006	0,000
DSTL2	2,00	1,177(T) = 1,097 + 0,080 + 0,000	0,005	0,000
DSTL2	2,50	1,178(T) = 1,097 + 0,081 + 0,000	0,003	0,000
DSTL2	3,00	1,180(T) = 1,097 + 0,082 + 0,000	0,002	0,000
DSTL2	3,50	1,180(T) = 1,097 + 0,083 + 0,000	0,000	0,000

Buttons: Overwrites, Details, Tabular Data, OK, Cancel, Table Format File

5) Klik detail untuk mengetahui informasi lebih lengkap

Steel Stress Check Data (AISC-LRFD93)

Frame: 3 Design Sect: W14x90
 E Mod: 29,000 Design Type: Beam
 W Mod: 8,000 Frame Type: Moment Resisting Frame
 Z Mod: 8,000 Sect Class: Compact
 Length: 6,000 Major Axis: 0,000 degrees counterclockwise from local 3
 Ixx: 3,100 Iyy: 1,000

Area: 8,017 SxMajor: 8,000 rxMajor: 8,154 WxMajor: 8,000
 SxMinor: 4,158E-06 SxMinor: 8,182E-06 rxMinor: 8,000 WxMinor: 8,011
 IxMinor: 1,580E-06 ZyMajor: 8,000 Cy: 10000,000
 Iy: 8,000 ZyMinor: 8,000 Iy: 240000,000

DESIGN MESSAGES
 Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Px	Mx1	Mx2	Vy1	Vy2	Tx
3,500	4051,872	58,741	8,000	-8,058	8,000	8,000

PHI DESIGN/CAPACITY RATIO

Governing Equation (Eq. 16)	Total Ratio	Phi	PhiMajor	PhiMinor	Ratio	Status
	1,168	1,007	8,000	8,000	8,058	Overstress

AXIAL FORCE DESIGN

Px	Phi*Pn	Phi*Pn
Force	4051,872	2937,965
Capacity		3092,896

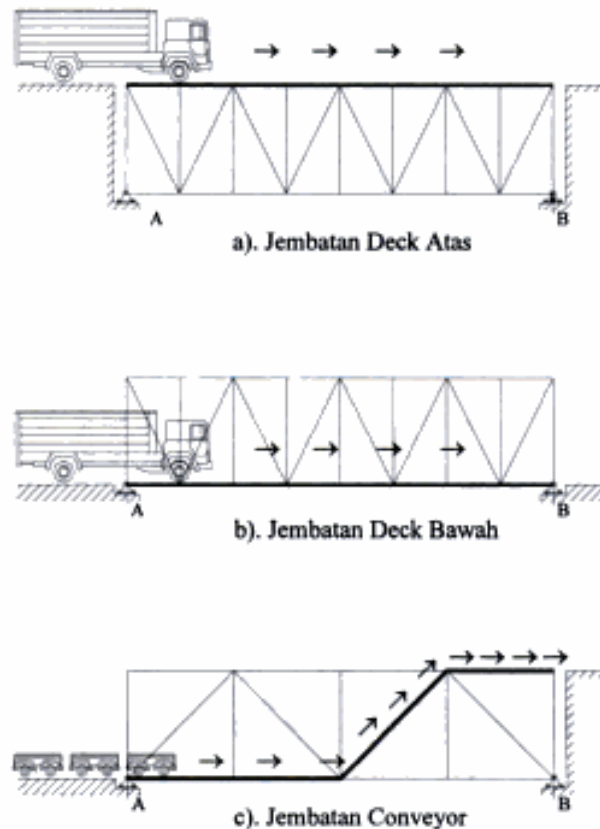
MOMENT DESIGN

Mx	Phi*Mn	Cm	B1	B2	R	S	Cb
Moment	58,741	540,528	1,000	1,000	1,000	1,000	1,007
Minor Moment	8,000	265,184	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

SHEAR DESIGN

4.1.3 Diagram Garis Pengaruh pada Rangka Bidang

Diagram gaya normal adalah diagram yang menunjukkan besarnya gaya-gaya normal pada setiap batang struktur akibat beban yang bersifat tetap. Sedangkan diagram garis pengaruh adalah diagram yang menunjukkan besarnya gaya pada satu tinjauan yang diinginkan (misal reaksi tumpuan, gaya normal batang, gaya geser, atau momen balok pada salah satu titik) terhadap beban satu unit satuan yang bergerak di sepanjang jalur pembebanan struktur.

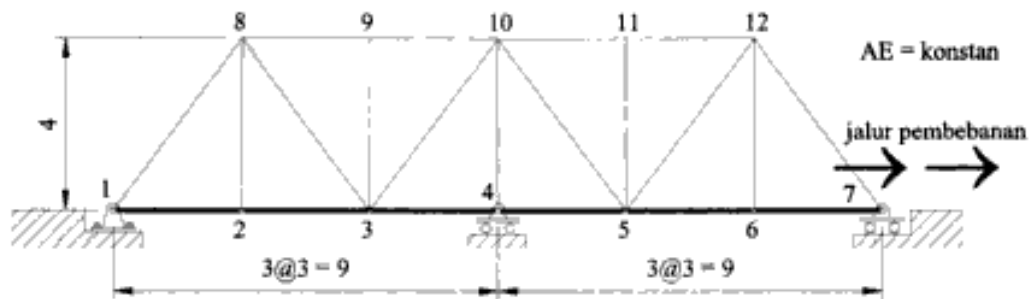


Gambar 4.8 Lintasan /Jalur Pembebanan

Diagram garis pengaruh sangat berguna, khususnya untuk struktur jembatan karena beban hidup rencananya adalah beban bergerak sehingga terjadi berbagai kemungkinan kedudukan beban tersebut. Diagram garis pengaruh membantu menunjukkan kedudukan beban-beban tersebut agar diperoleh gaya-gaya batang yang paling menentukan (maksimum atau minimum).

Pada perhitungan manual penyelesaian struktur statis tertentu dan tak tentu dibedakan karena tingkat kesulitan yang dihadapi berbeda. Jika memakai program SAP2000, tidak ada perbedaan antara keduanya. Selanjutnya akan diberikan contoh penyelesaian untuk menghitung garis pengaruh.

Sumber: A. Darkov (1979)

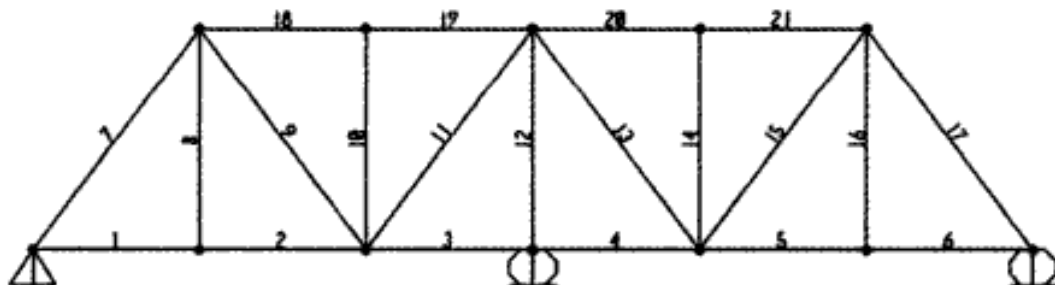


Gambar 4.9 Jembatan Rangka Statis Tak Tentu

Hitung garis pengaruh untuk element batang N_{3-4} untuk beban 1 unit satuan yang bergerak yang melewati jalur pembebanan.

Langkah-langkah penyelesaiannya adalah:

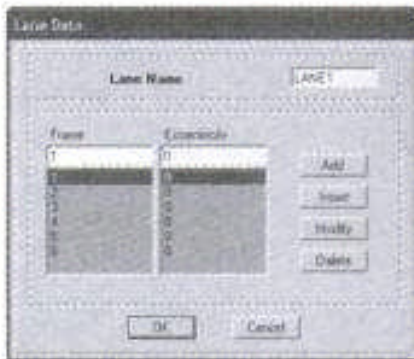
1. Tetapkan satuan **ton-m**.
2. Pilih template Vertical Truss (Number of Bays = 6; Height of Truss = 4; Truss Bay Length = 3). Kemudian dengan mouse pilih batang-batang yang tidak sesuai dengan model rencana dan hapus dengan tombol **Del**. Agar penomoran nodal dan element berurutan kembali, perbarui sistem penomoran dengan terlebih dulu memilih semua item melalui **Ctrl+A** kemudian dilanjutkan Edit – Change Labels. Pada item **Next Number** ganti dengan **angka 1 semua** dan klik OK.
3. Tambahkan nodal restraint di tengah-tengah bentang dengan terlebih dahulu memilih nodal tersebut dan mengubahnya memakai menu Assign – Joint – Restraint, lalu aktifkan Translation-3 dan klik OK.
4. Sampai tahap ini, jika langkah-langkah di atas dikerjakan dengan benar, maka dengan perintah **Ctrl+E** lalu Labels pada item Joint dan Frames diaktifkan, gambar berikut akan ditampilkan pada layar.



5. Agar dapat berperilaku sebagai rangka batang, ujung-ujung element harus berupa pin-pin. Hal tersebut dapat dilakukan dengan terlebih dahulu memilih semua batang dengan tombol **Ctrl+A** kemudian ubah

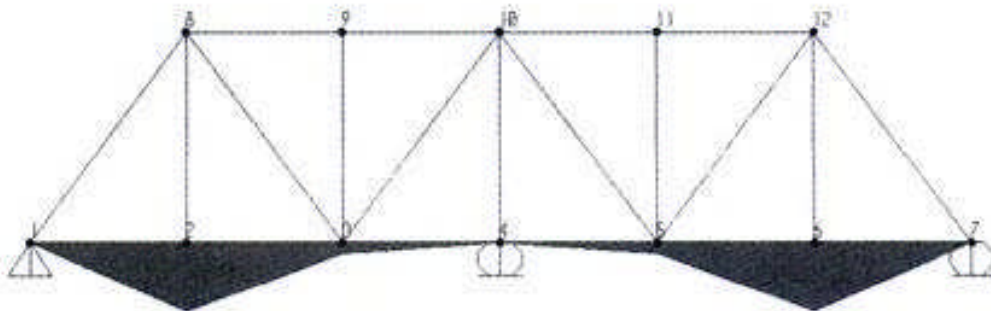
kondisi ujung element dengan Assign – Frame – Releases, dan aktifkan Frame Releases - Momen 33 (major) untuk semua ujung (Start – End).

6. Jangan lupa untuk membuat nonaktif fasilitas perhitungan berat sendiri secara otomatis, yaitu melalui Define – Static Load Case – Self Weight Multiplier = 0 lalu klik Change – OK.
7. Untuk menetapkan jalur pembebanan, definisikan terlebih dahulu nama jalur pembebanan yang akan digunakan memakai menu perintah **Define – Moving Load Cases – Lanes – Add New Lane**.



Pada kotak dialog Lane Data, gunakan perintah Add untuk menambah daftar element Frame yang menjadi bagian dari Lane (jalur pembebanan), seperti gambar di samping.

8. Run program.
9. Garis pengaruh dapat dilihat melalui urutan perintah berikut, **Display – Show Influence Lines – Frames** dan pada kotak dialog Show Frame Influence Line, pilih **Frame ID = 3**.



Gambar 4.10 Garis Pengaruh Gaya Batang 3-4

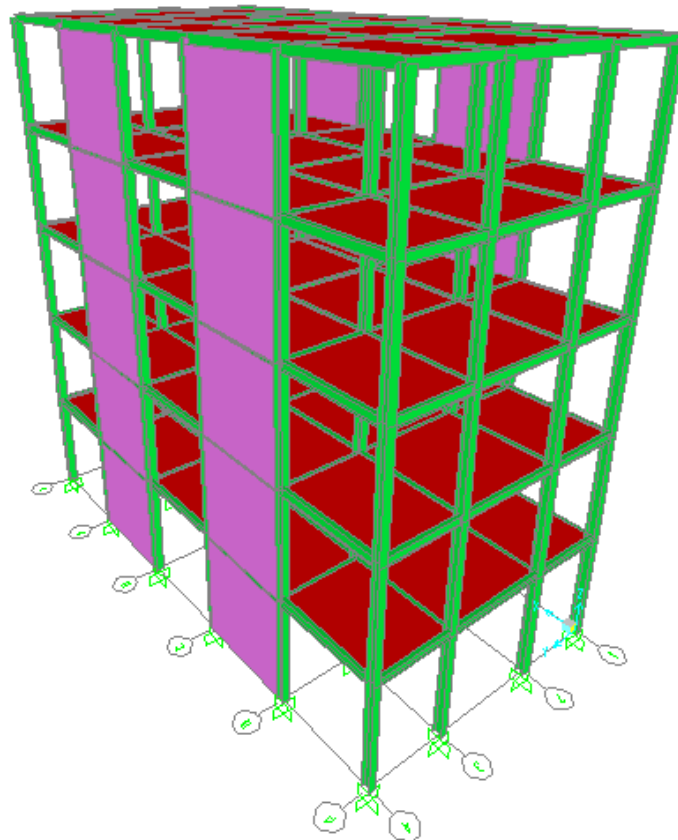
10. Untuk melihat besarnya koordinat dari garis pengaruh, digunakan menu perintah yang sama, yaitu Display – Show Influence Lines – Frames, dan pada kotak dialog Show Frame Influence Line, klik tombol **Tabel**.

PERANCANGAN GEDUNG STRUKTUR BAJA GEDUNG 5 LANTAI MENGUNAKAN PROGRAM SAP 2000

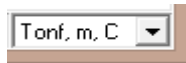
A. KETENTUAN BANGUNAN

1. Gedung direncanakan untuk bangunan sekolah,
2. Ukuran bangunan 10 x 20 m,
3. Struktur atap dan lantai terbuat dari beton,
4. Struktur merupakan kombinasi antara portal / frame dan dinding geser.

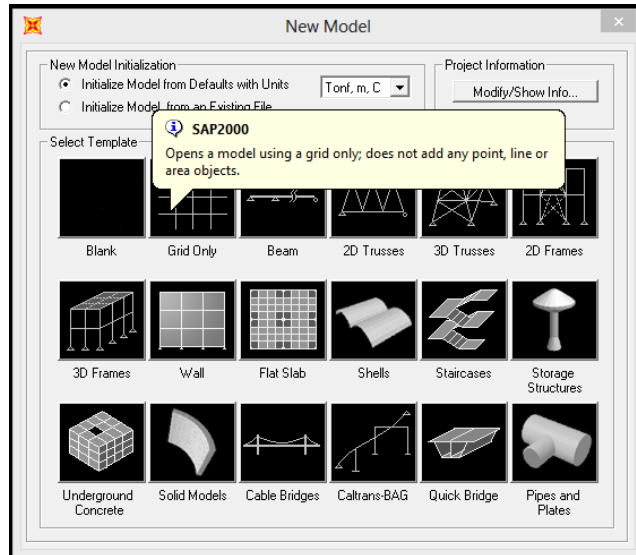
B. PEMODELAN



1. Memilih satuan (Ton,m,C)



2. Memilih New Model → Grid Only



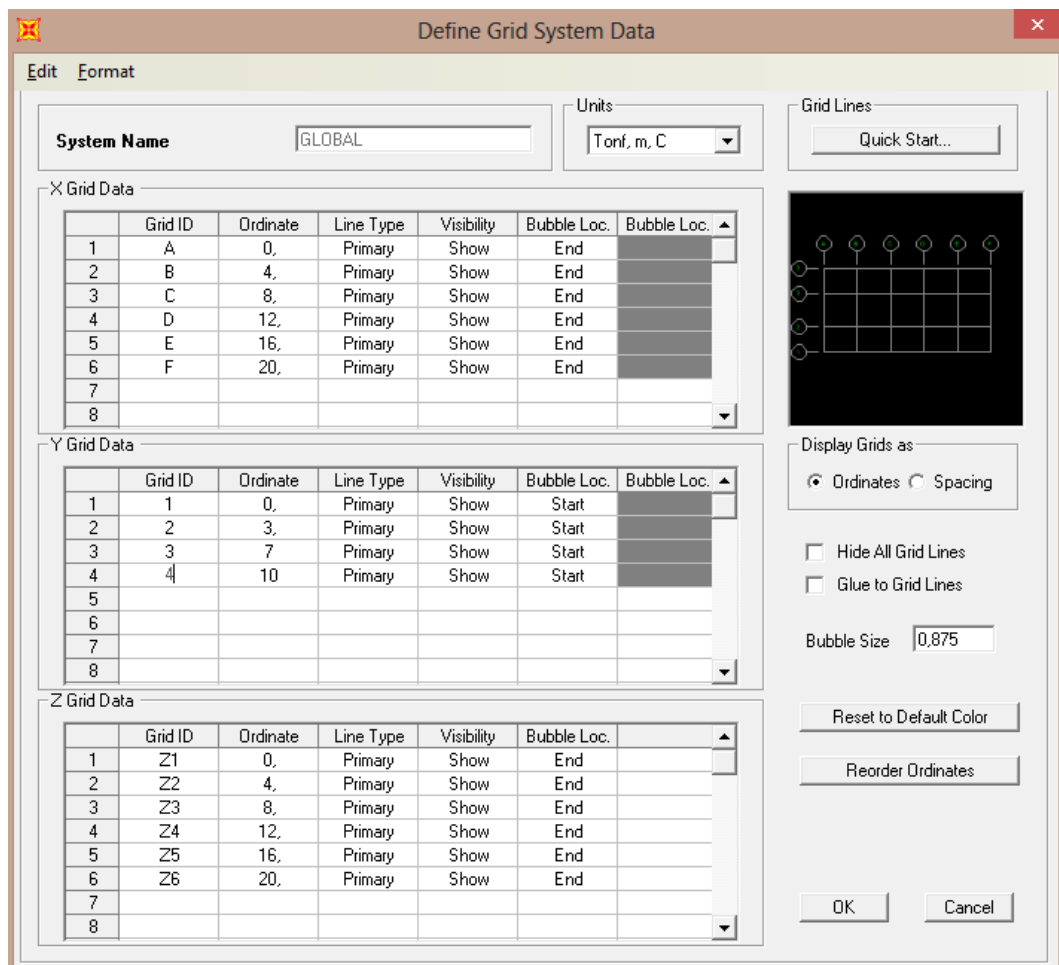
3. Mengatur Sistem Koordinat. Klik dua kali pada grid → sesuaikan koordinatnya.

Panjang Bangunan adalah $4 + 4 + 4 + 4 + 4 = 20$ m,

Lebar Bangunan adalah $3 + 4 + 3 = 10$ m,

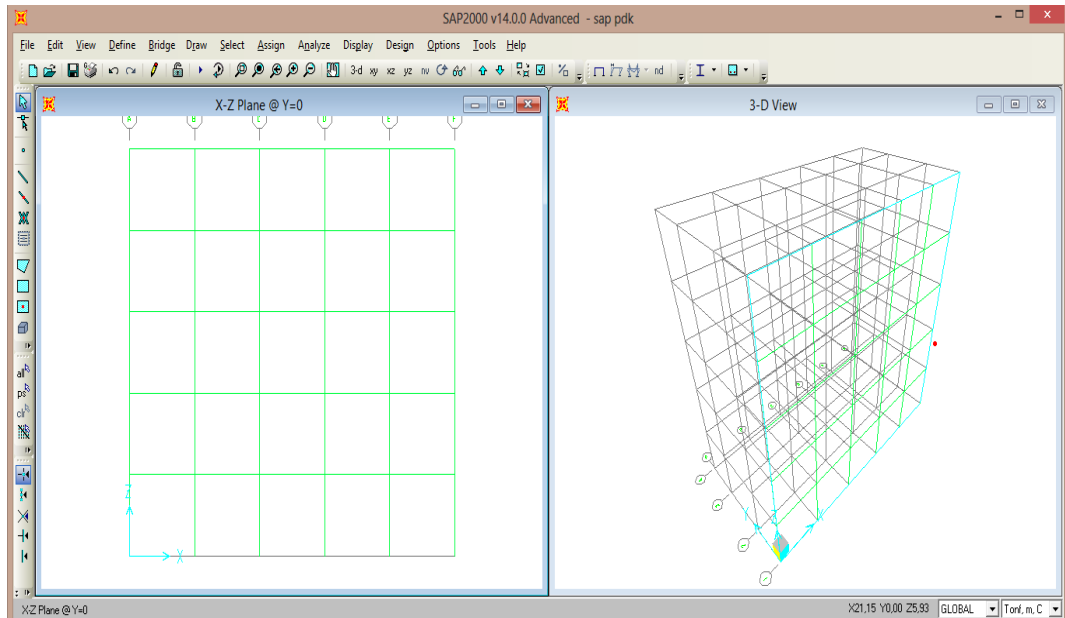
Banyaknya Lantai = 5 lantai

Tinggi antar Lantai = 4 m.

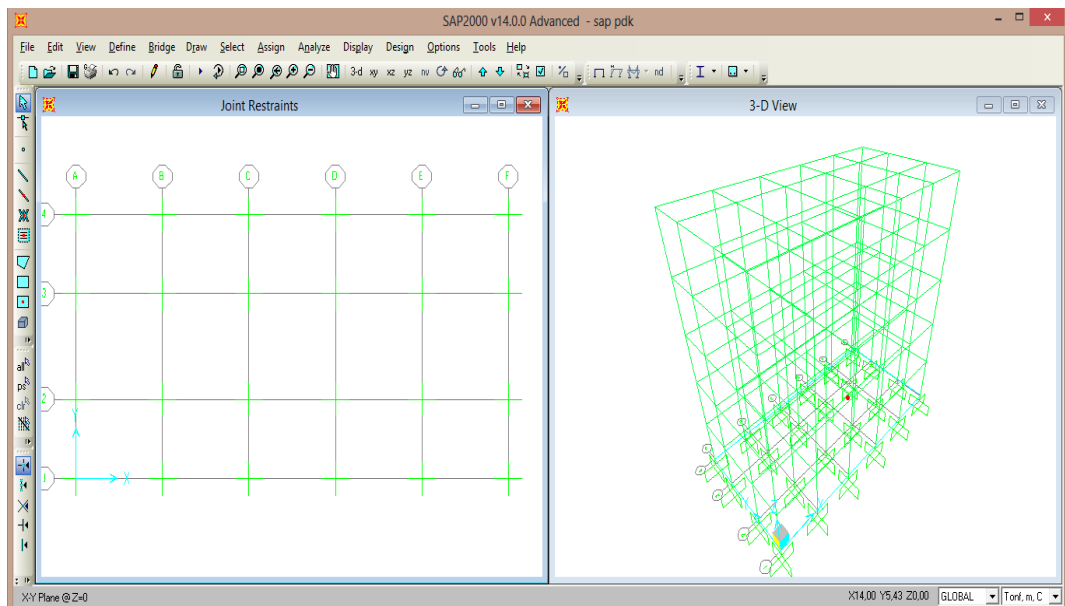


4. Menggambar kolom dan balok, Draw → Draw Frame / Cable Element.

Dalam penggambaran kolom dan balok karena diasumsikan sama antara satu as dengan yang lainnya maka digambar satu as dulu kemudian di Edit → Replicate ke as yang lainnya.



5. Memberi tumpuan pada joint, Assign → Joint → Restraint → pilih tumpuan jepit.



6. Memasukkan material Baja dengan BJ 37, Define → Materials → Add New Material.

$$F_y = 24000$$

$$F_u = 37000$$

$$E = 21000000$$

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: bj37 ■

Material Type: Steel

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 7,849

Mass per Unit Volume: 0,8004

Units

Tonf, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 21000000

Poisson's Ratio, U: 0,3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1,170E-05

Shear Modulus, G: 8076923,

Other Properties for Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 24000

Minimum Tensile Stress, Fu: 37000

Effective Yield Stress, Fye: 37965,76

Effective Tensile Stress, Fue: 44855,84

Switch To Advanced Property Display

7. Memasukkan material beton K-300 = $f_c' = 249 \text{ kg/cm}^2$. Define → Material → Add New Material.

Weight per unit volume = 2,402 , E = 275862

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: k-300 ■

Material Type: Concrete

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 2,402

Mass per Unit Volume: 0,2449

Units

Tonf, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 275862,

Poisson's Ratio, U: 0,3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1,170E-05

Shear Modulus, G: 106100,77

Other Properties for Concrete Materials

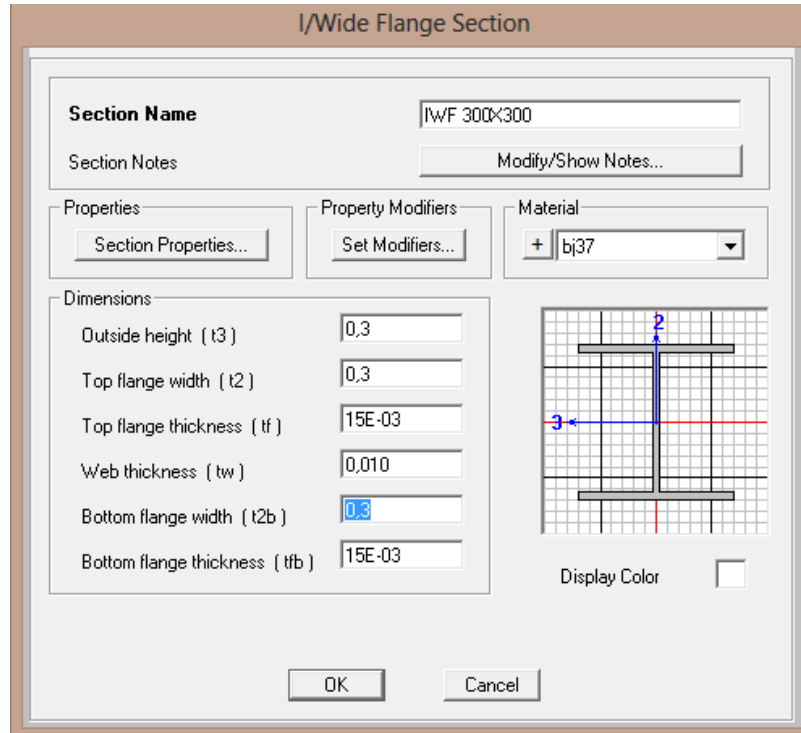
Specified Concrete Compressive Strength, f_c' : 2490

Lightweight Concrete

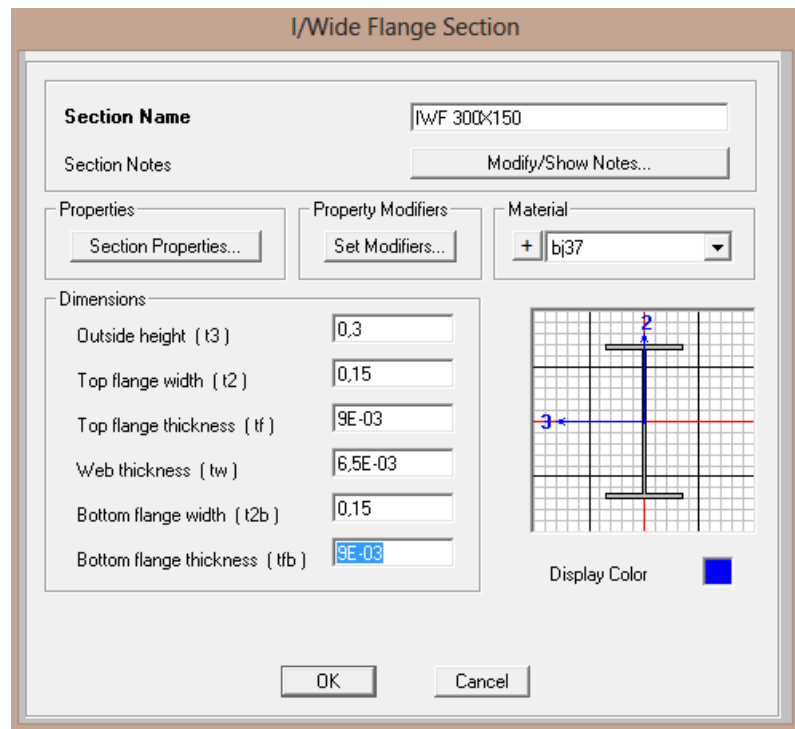
Shear Strength Reduction Factor:

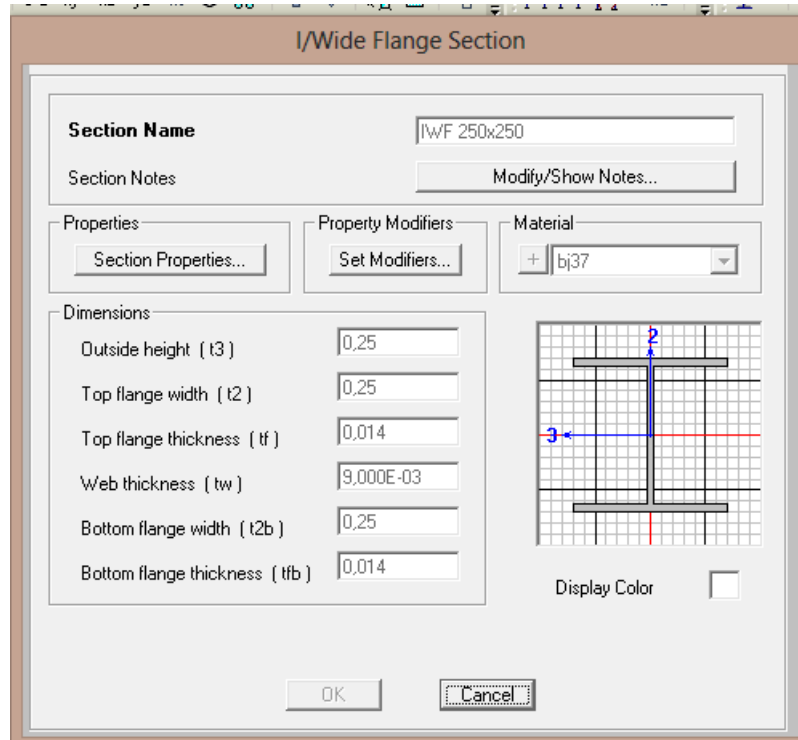
Switch To Advanced Property Display

8. Section Propertis kolom baja IWF 300x300 dengan bj37, Define → Section Properties → Add New roperty.

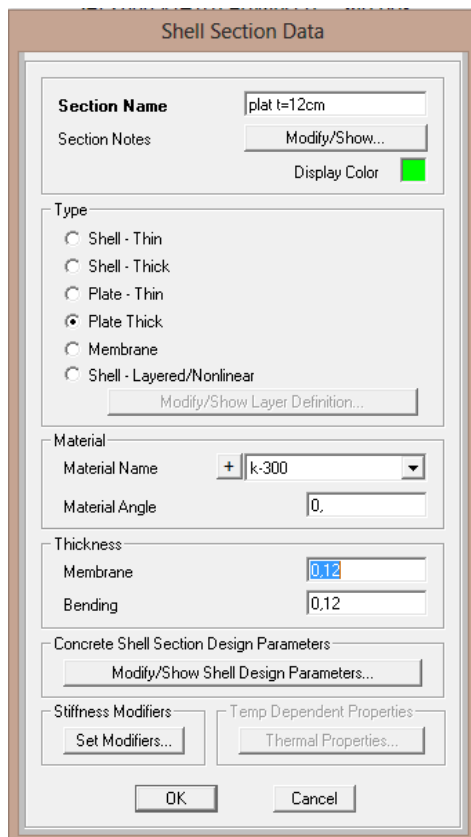


9. Section properties balok baja IWF 300x150 untuk lantai 1, 2, 3 dan IWF 250x250 untuk lantai 4, 5 dengan bj 37.

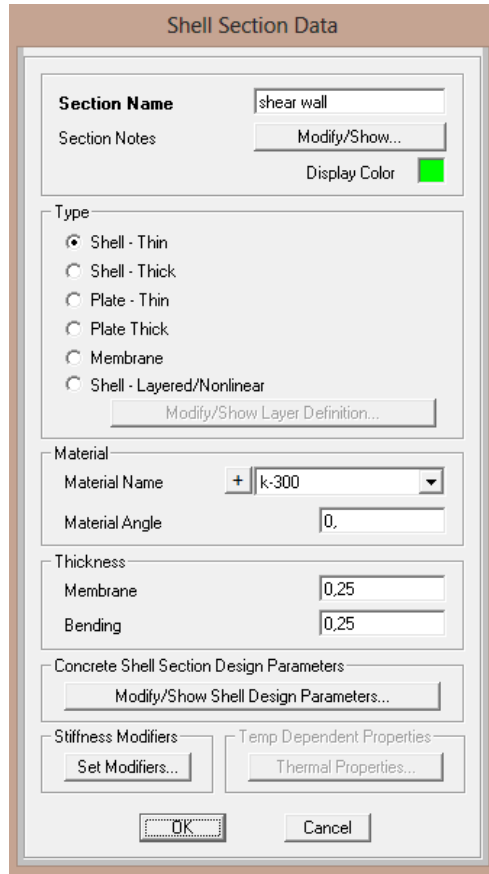




10. Membuat section properties untuk plat lantai. Define → Section Properties → Area Sections, dengan tebal plat=12 cm.

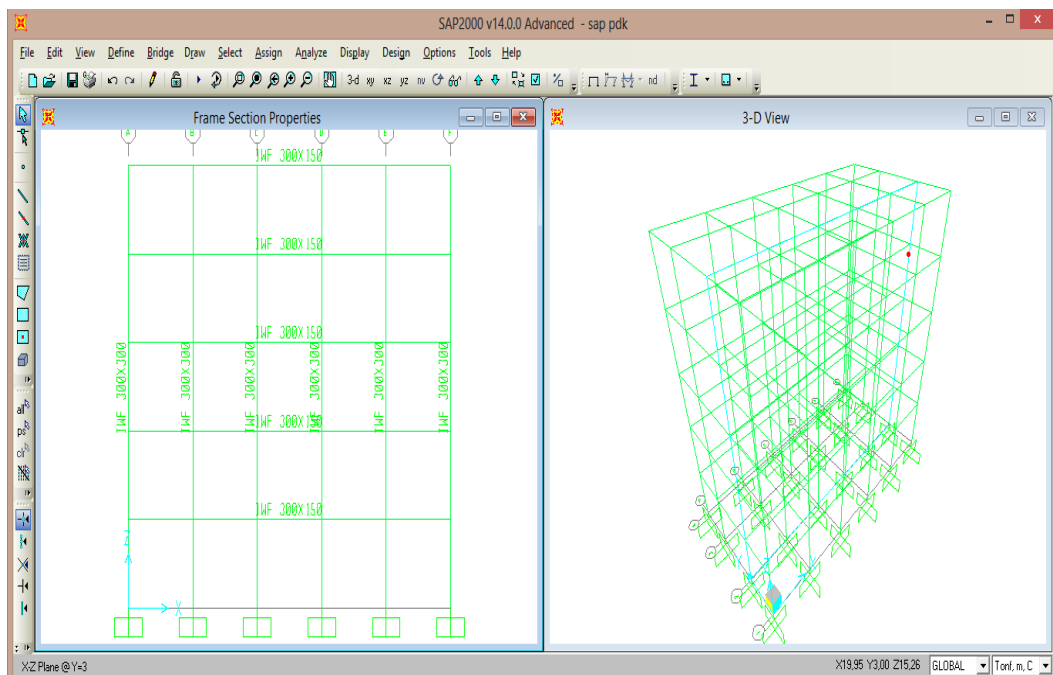


11. Membuat shear wall 25 cm, Define → Frame Sections → Area Section.

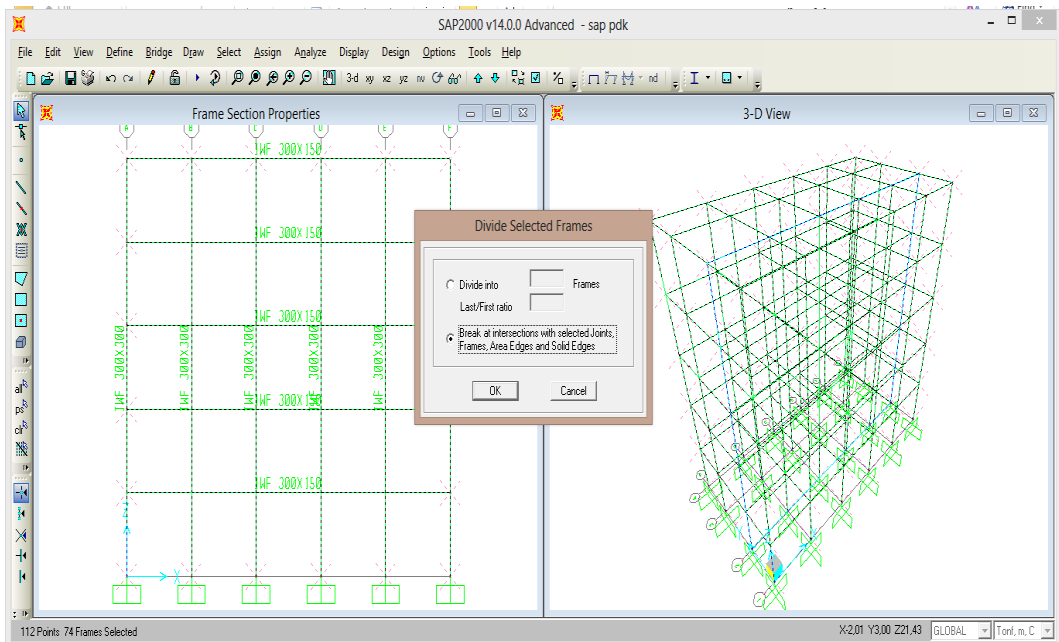


12. Memasukkan material properties kolom IWF 300x300, pilih semua kolom
Assign → frame → frame section → pilih IWF300x300

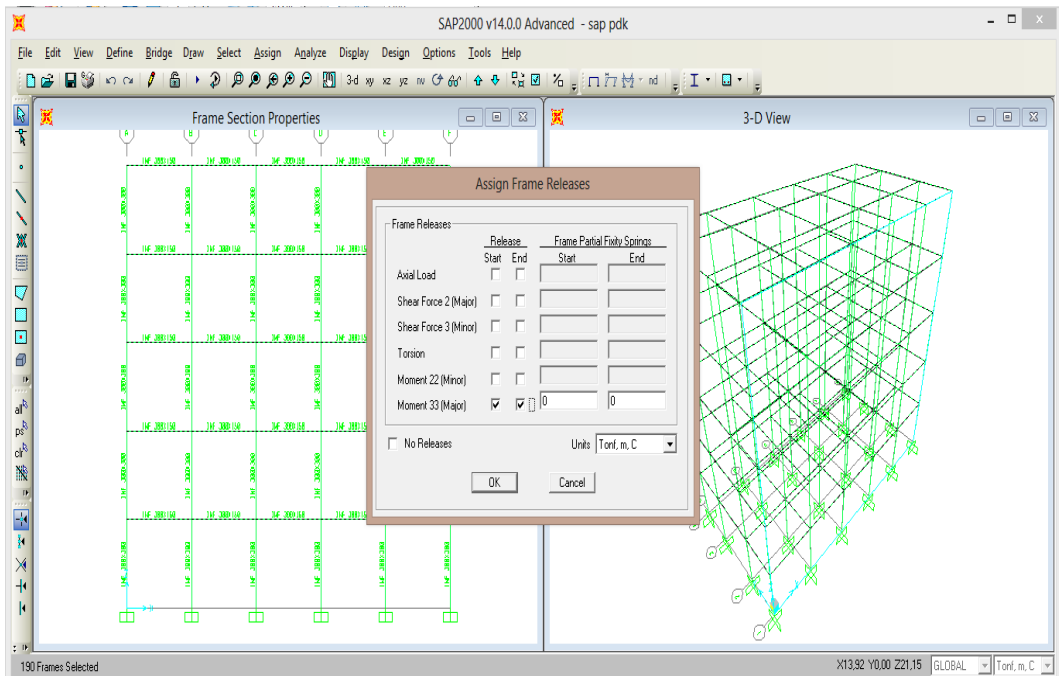
13. Memasukkan material properties balok IWF 300x150 dan IWF 250x250, pilih
balok Assign → frame → frame section → pilih IWF 300x150

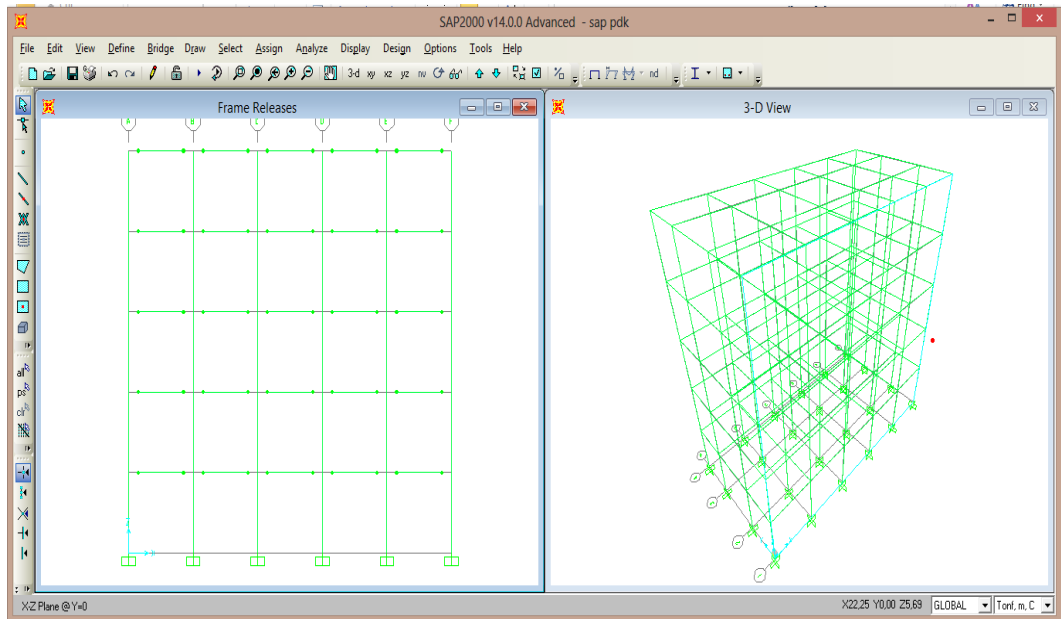


14. Select semua Frame → Edit → Edit Lines → Divide Frames → check pada Break at intersections with selected joints, frames, Area Edges, and solid edges → klik OK.



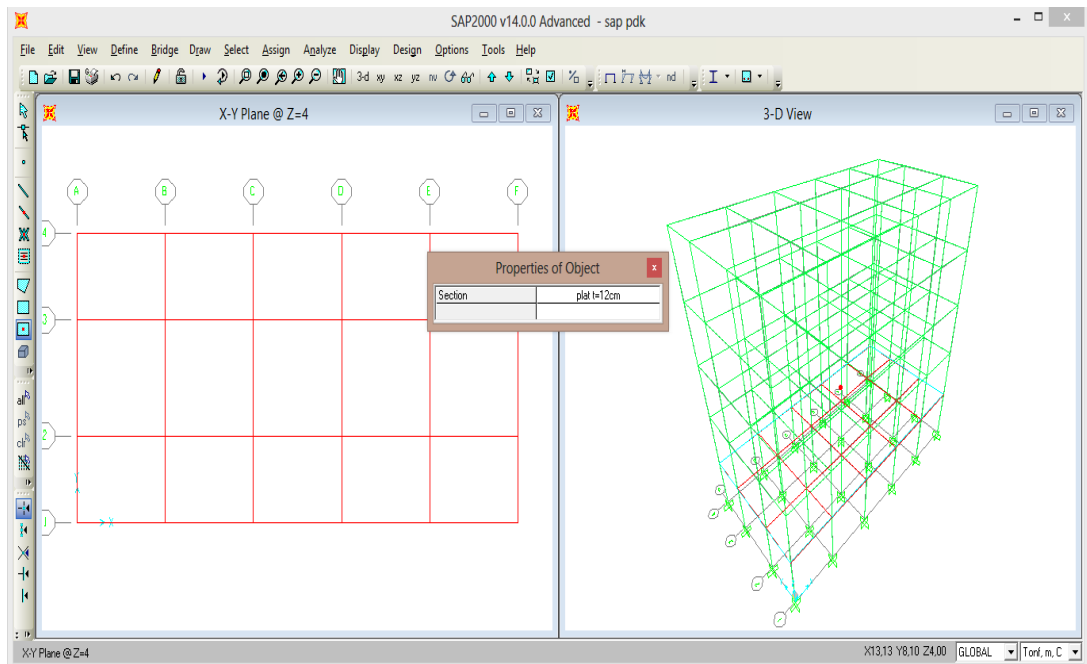
15. Select semua Balok kemudian → Assign → Frame → Releases/Partial Fixity → beri tanda check pada Start dan End pada momen 33 (major) → klik OK.





16. Membuat plat lantai tebal 12 cm.

Menggunakan Draw Rectangular Area.



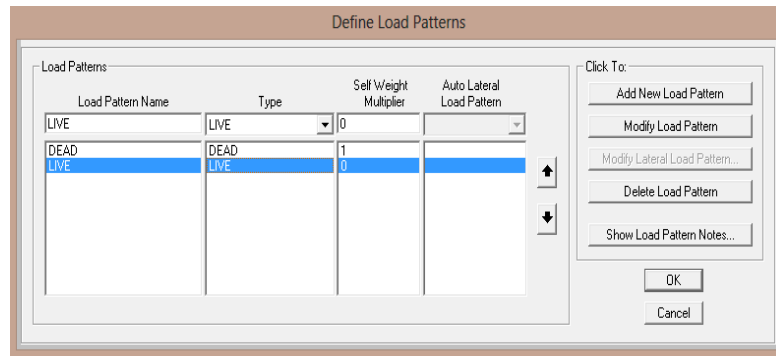
17. Pembebanan pada plat = 12 cm

JENIS BEBAN	KETERANGAN	BEBAN (kg/m ²)
Beban Hidup	Sekolahan	250
Beban Mati	Beban mati lantai bangunan:	
	Fin. Lantai	2200
	Instalasi ME	40

Langit-langit dan penggantung	20
Beban mati pada lantai:	
Fin.Lantai 0.06 x 2200	132
Langit-langit dan penggantung	20
Instalasi ME	40
Beban mati pada plat lantai	192 ~ 200

18. Membuat Load Pattern (Live Load, Quake)

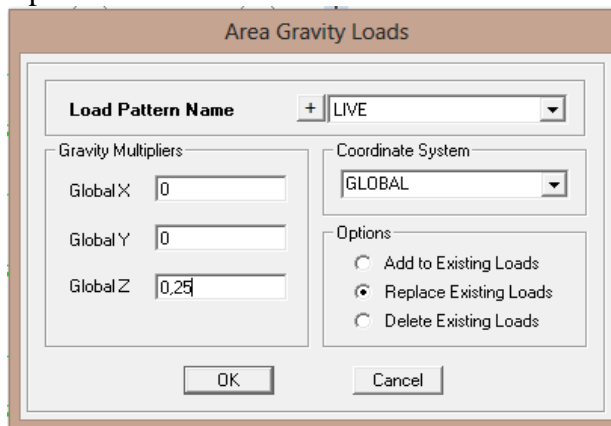
Define → Load Pattern → Add New Load Pattern



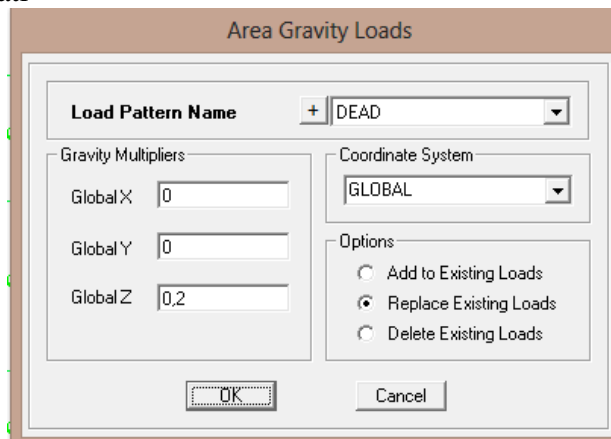
19. Memasukkan beban hidup dan mati pada plat lantai.

Select plat lantai → Assign → Area loads → Gravity.

- Beban hidup

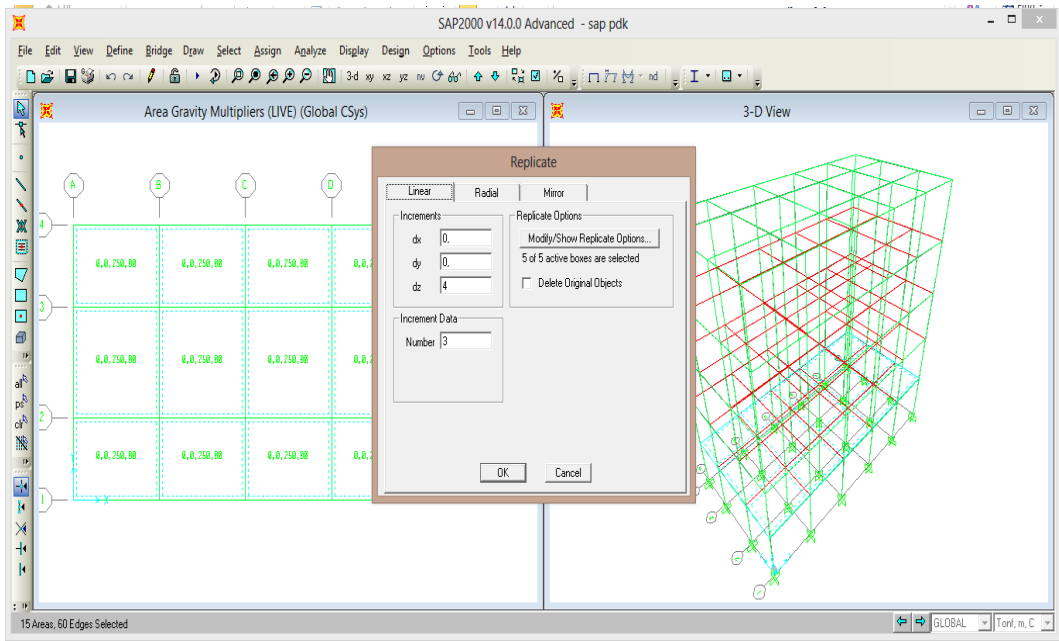


- Beban mati

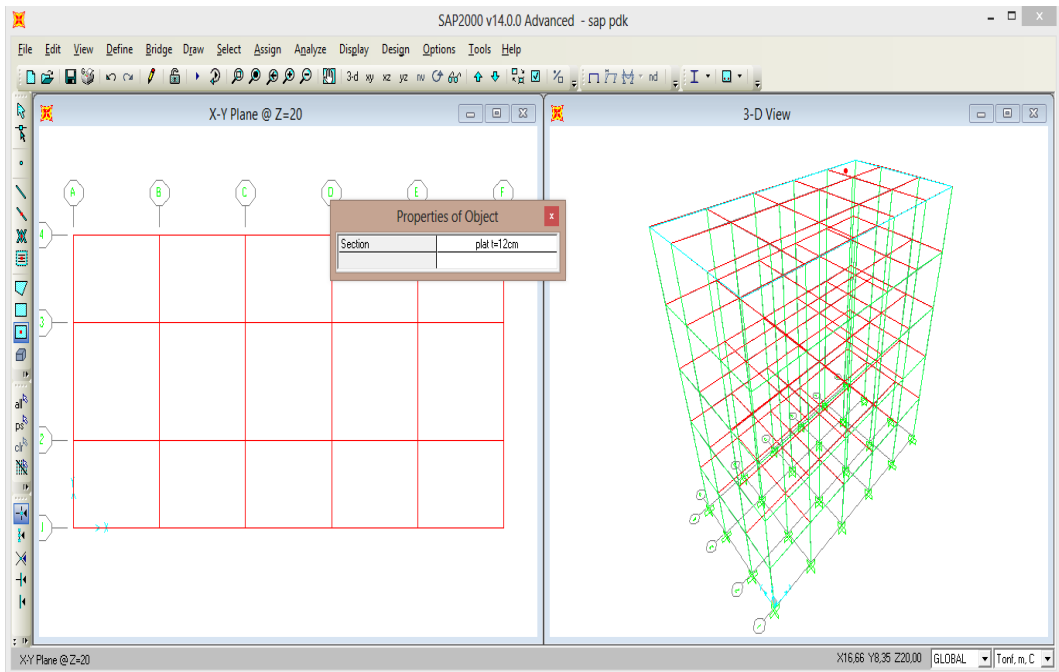


20. Mengkopi plat lantai ke lantai 3 dan seterusnya.

Select plat yang akan di copy → Edit → Replicate. Di copy ke arah Z dengan jarak antar lantai 4 m sebanyak tiga kali.



21. Membuat plat atap. Menggunakan Draw Rectangular Area.



22. Pembebanan pada plat atap.

JENIS BEBAN	KETERANGAN	BEBAN (kg/m ²)
Beban Hidup	Air Hujan	20

	Pekerja	100
	Beban hidup pada plat atap	120
Beban Mati	Beban mati lantai bangunan:	
	waterproof	1400
	Instalasi ME	40
	Langit-langit dan penggantung	20
	Beban mati pada lantai:	
	waterproof 0.02 x 1400	28
	Langit-langit dan penggantung	20
	Instalasi ME	40
	Beban mati pada plat atap	88 ~ 100

23. Memberi beban mati dan hidup pada plat atap.

- Beban hidup

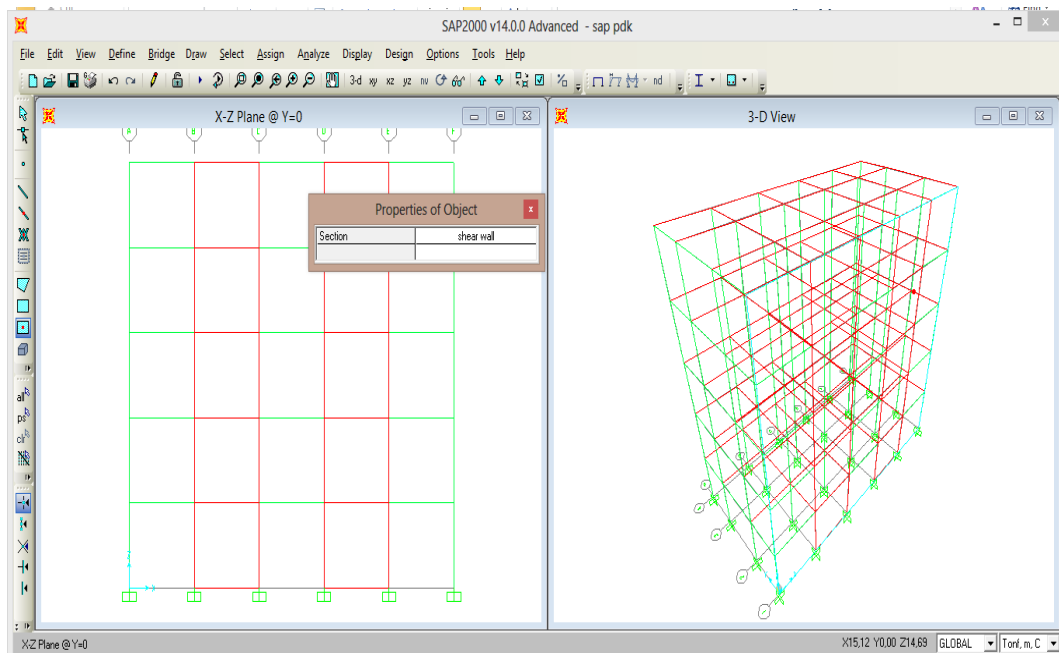
The screenshot shows the 'Area Gravity Loads' dialog box. The 'Load Pattern Name' is 'LIVE'. Under 'Gravity Multipliers', Global X is 0, Global Y is 0, and Global Z is 0.12. The 'Coordinate System' is 'GLOBAL'. In the 'Options' section, 'Replace Existing Loads' is selected with a radio button.

- Beban mati

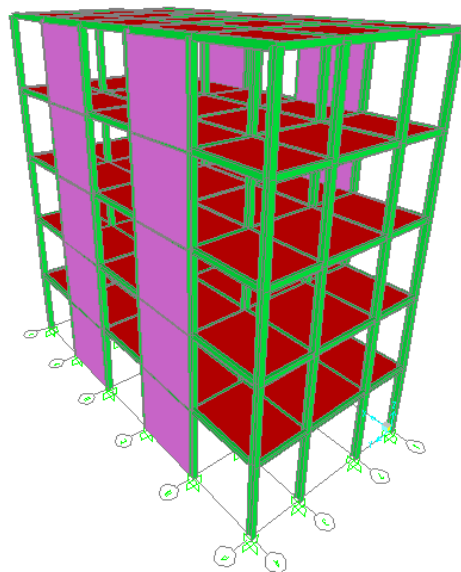
The screenshot shows the 'Area Gravity Loads' dialog box. The 'Load Pattern Name' is 'DEAD'. Under 'Gravity Multipliers', Global X is 0, Global Y is 0, and Global Z is 0.1. The 'Coordinate System' is 'GLOBAL'. In the 'Options' section, 'Replace Existing Loads' is selected with a radio button.

24. Memasang Dinding Geser (Shear Wall).

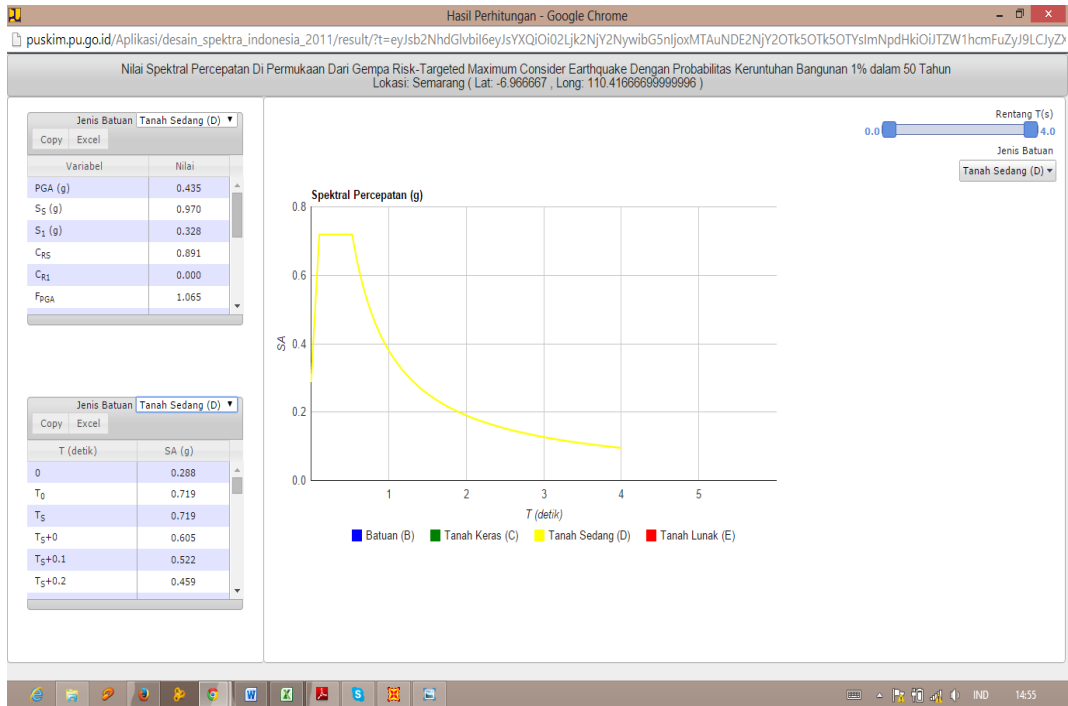
Pilih Draw Rectangular Area → Sectionnya pilih Shear Wall.
Shear wall di letakkan dua baris di depan dan dibelakang.



25. Hasil Pemodelan



26. Hasil Respon Spectrum dari www.puskim.pu.go.id wilayah Semarang.

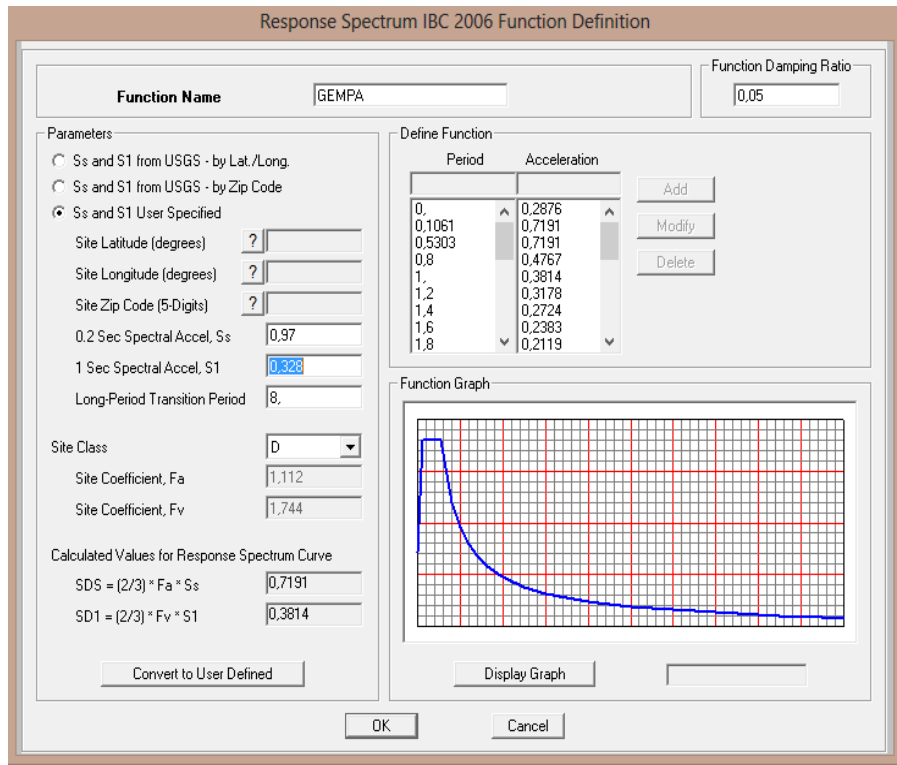


Dari hasil puskim didapatkan nilai S_5 dan S_1 dengan jenis batuan sedang (D) :

Jenis Batuan Tanah Sedang (D)	
Variabel	Nilai
PGA (g)	0.435
S_5 (g)	0.970
S_1 (g)	0.328
C_{RS}	0.891
C_{R1}	0.000
F_{PGA}	1.065

27. Define → functions → Response Spectrum

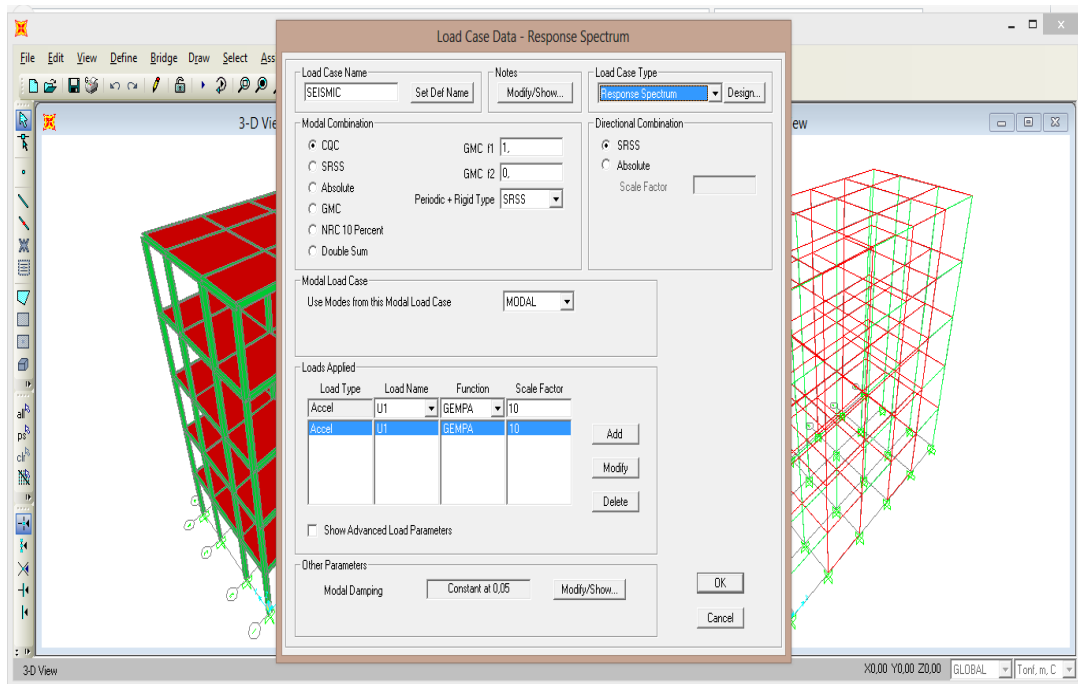
Nilai Ss dan S1 dan jenis batuan nya dimasukkan ke Respon Spectrum IBC 2006.



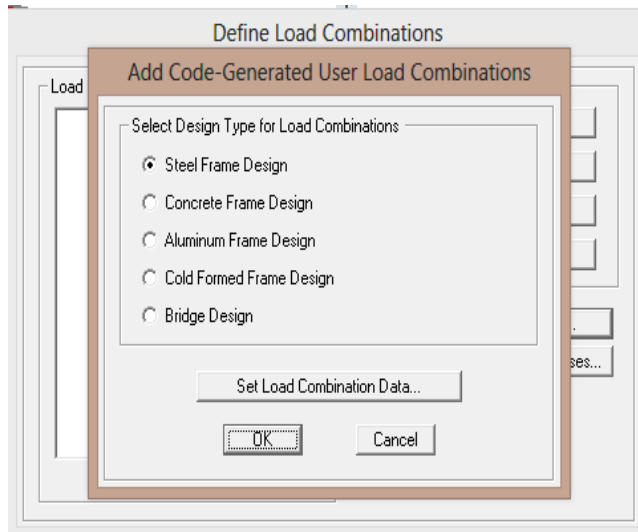
28. Define → Load Case → Add new load case

Mendefinisikan Respon Spectrum setelah tadi dibuat.

Load Case Type nya Respon Spectrum. Load Applied nya disesuaikan.



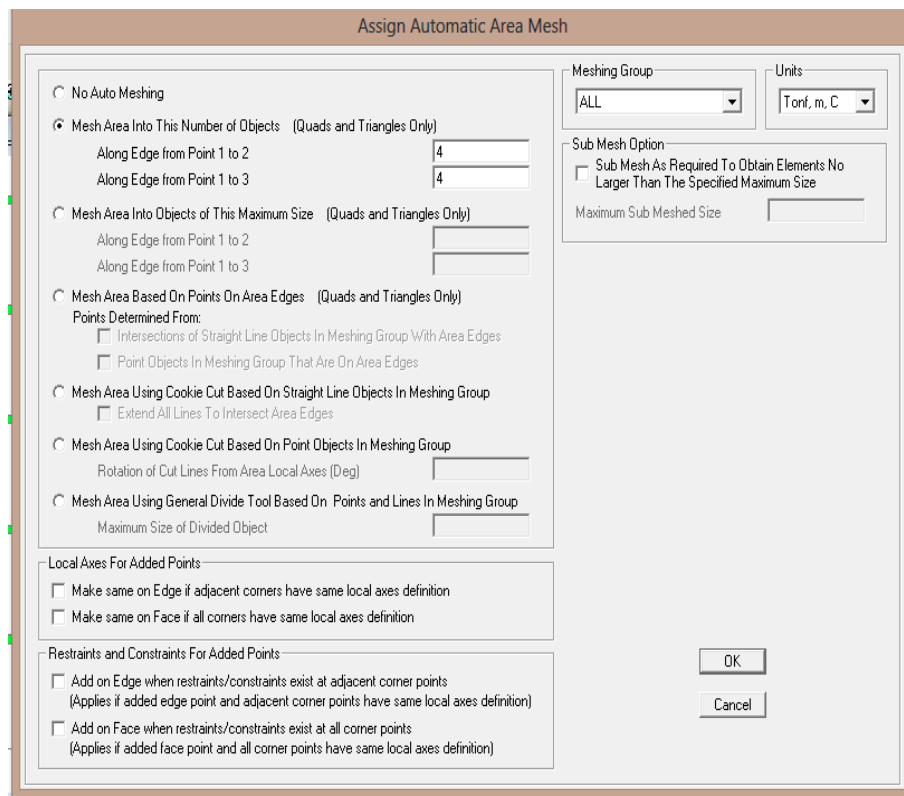
29. Define → Load Combination → Add default design combos → Steel frame design

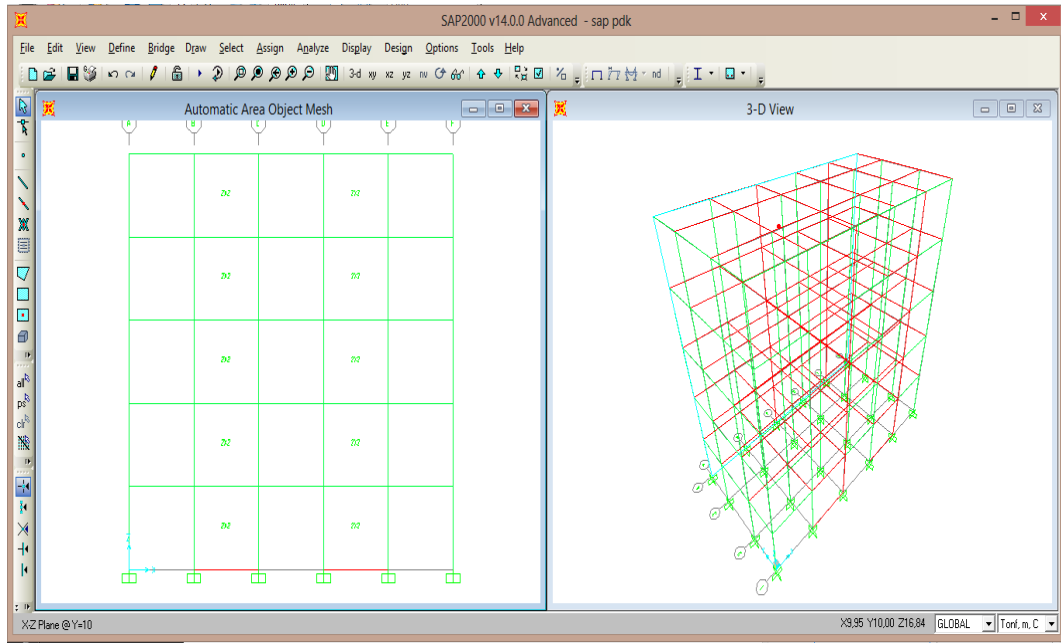


30. Select Shear Wall

Assign → Area → Automatic Area Mesh

Ceek pada Mesh Area Into This Number of Objects. Diberi 4 pada Along Edge from Point 1 to 2 dan Along From Point 1 to 3.



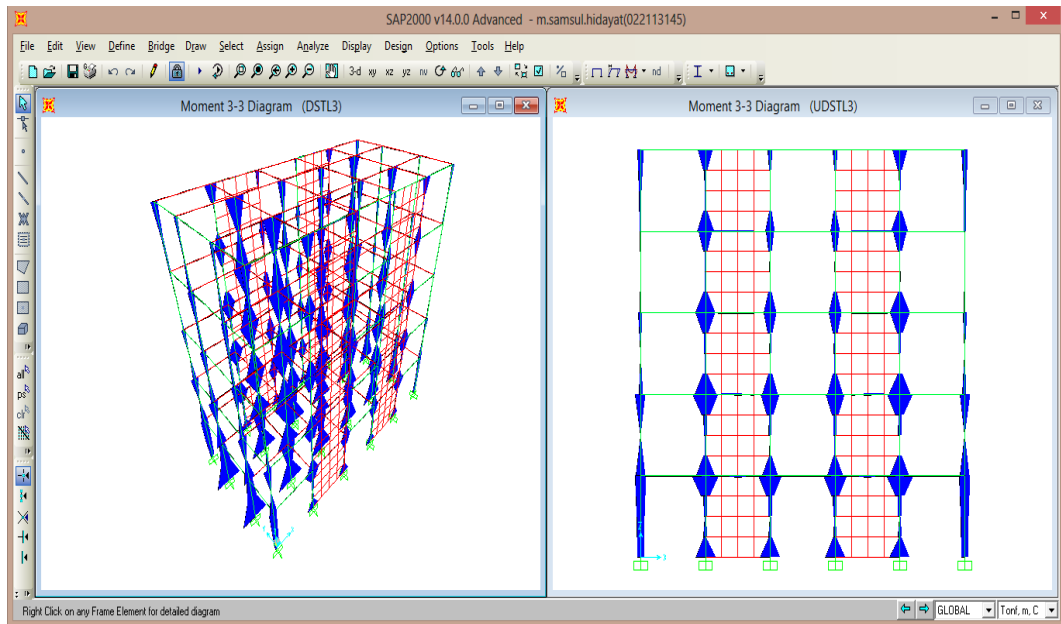


31. Analyze → Run now

C. HASIL ANALISIS SAP2000

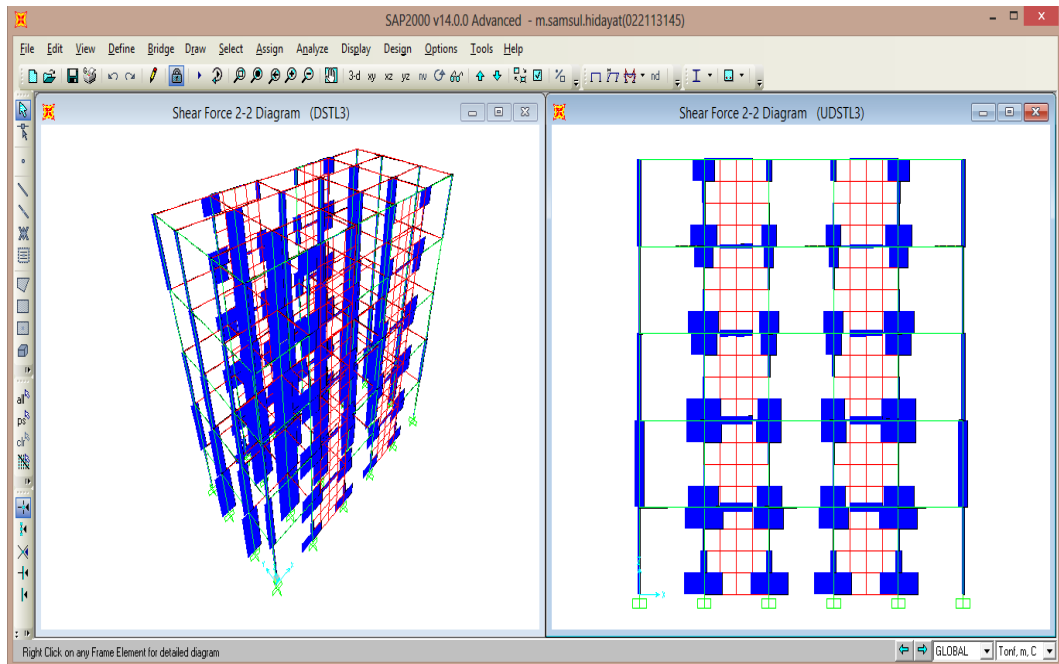
1. Momen

Display → Show Forces/Stresses → Frames/Cables → pilih momen 3-3.



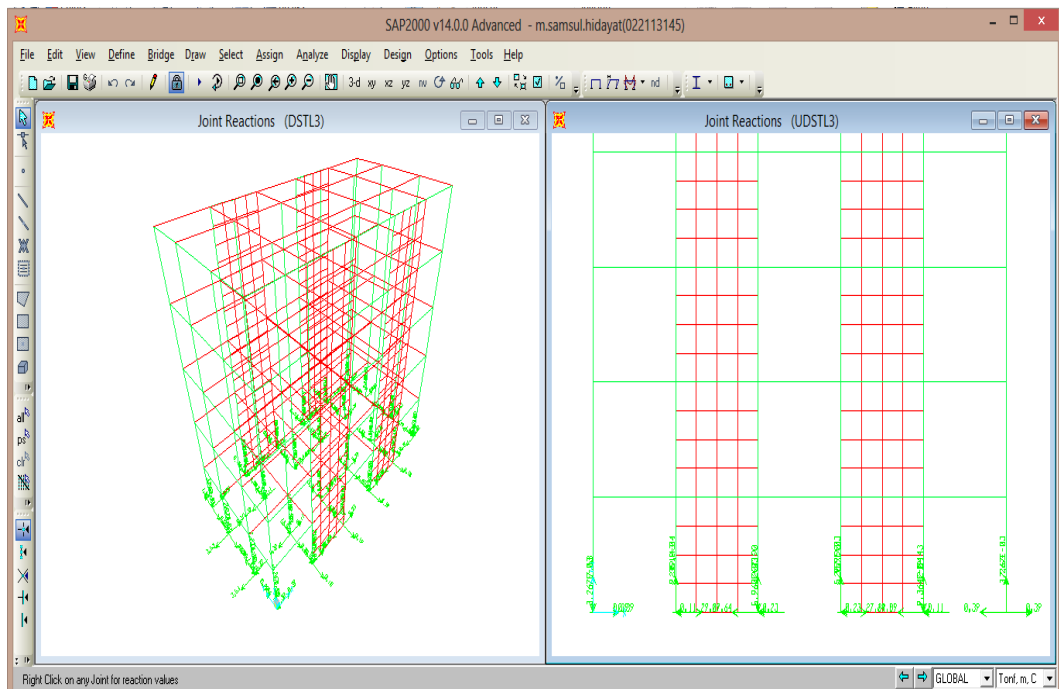
2. Lintang

Display → Show Forces/Stresses → Frames/Cables → pilih Shear 2-2.



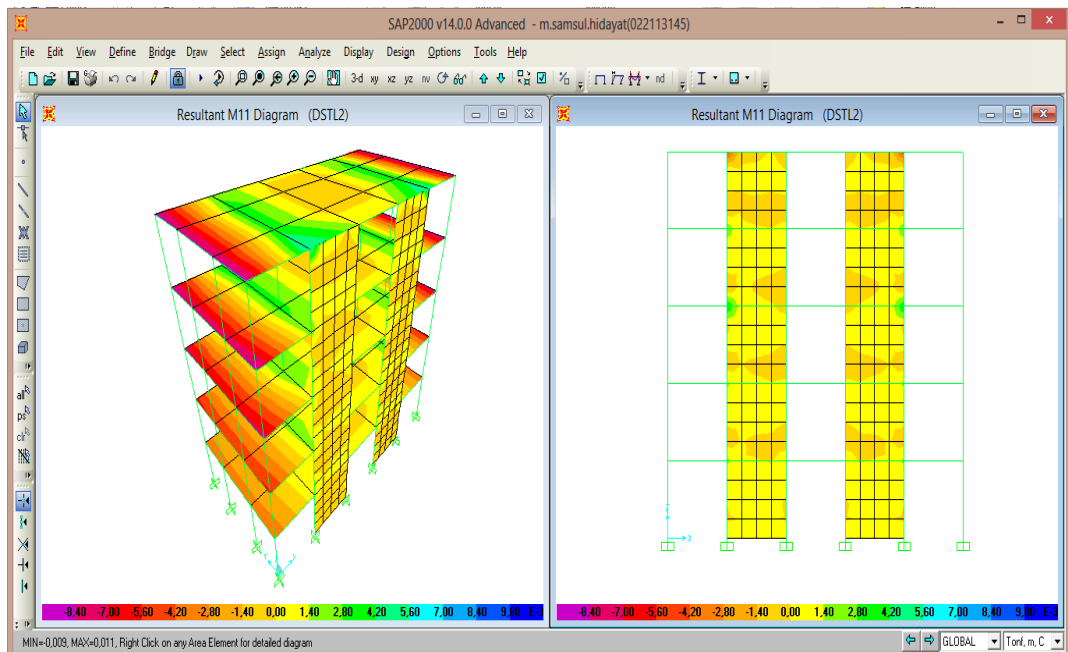
3. Reaksi Tumpuan

Display → Show Forces/Stresses → Joints → pilih Combo Name.



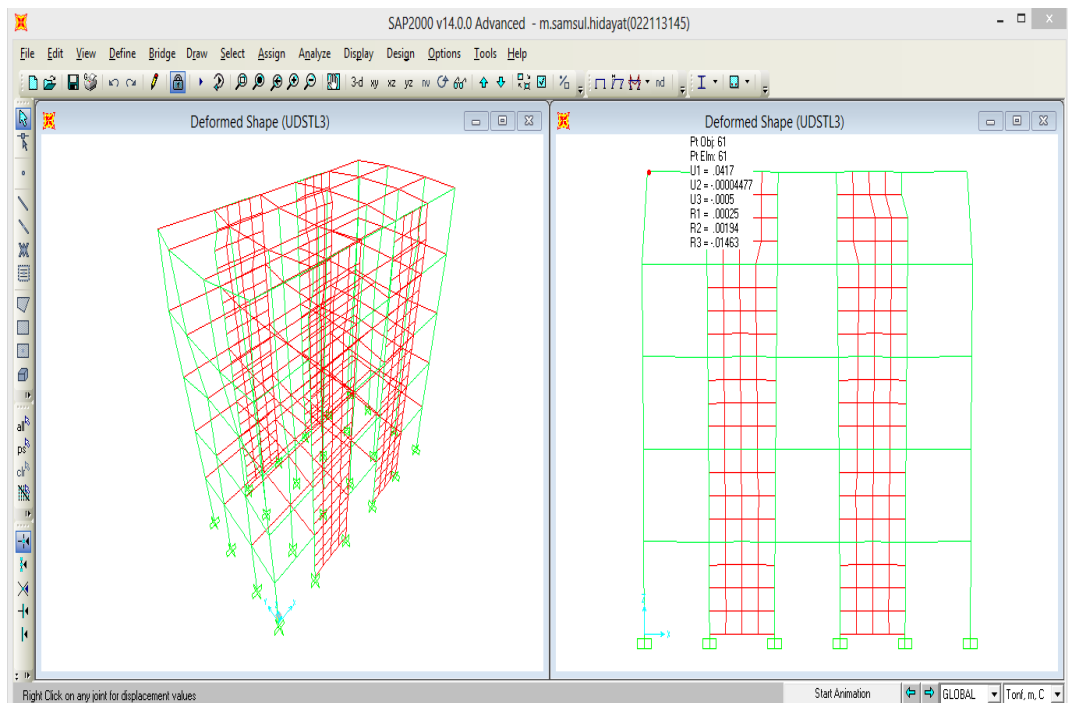
4. Momen Pada Plat Dan Dinding Geser

Display → Show Forces/Stresses → Shells → pilih Combo Name → Component pilih M11.



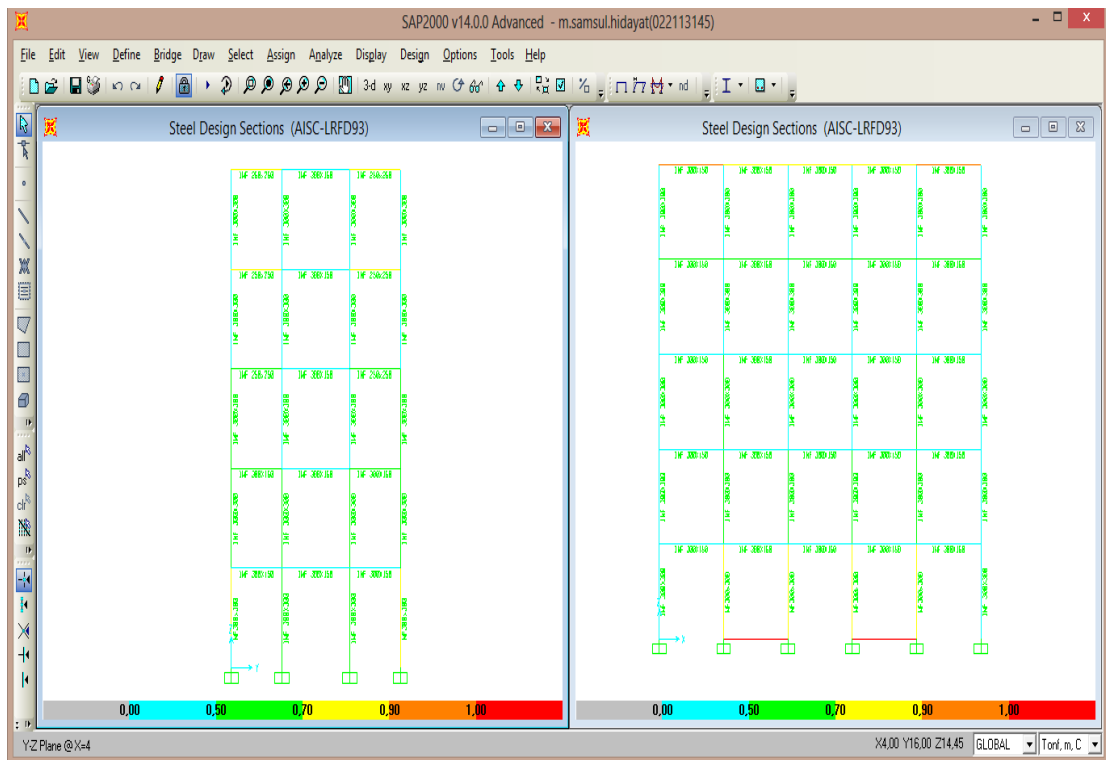
5. Deformasi

Display → Show Deformed Shape → Case/Combo → OK



6. Cek Struktur

Design → Steel Frame Design → Start Design / Check of Structure.

**D. KESIMPULAN**

Dari hasil analisis menggunakan SAP2000 seperti diatas, bahwa gedung tersebut dikategorikan *Aman*. Deformasi yang terjadi sebesar 0,005 m pada atas bangunan. Hal ini terjadi karena tambahan struktur Shear Wall dengan ketebalan 25 cm. Disamping itu, setelah dilakukan pengecekan struktur tidak ditemukan frame yang berwarna merah, hanya saja ada beberapa terdapat warna orange pada balok di lantai atas, tetapi hal tersebut masih dikategorikan aman.

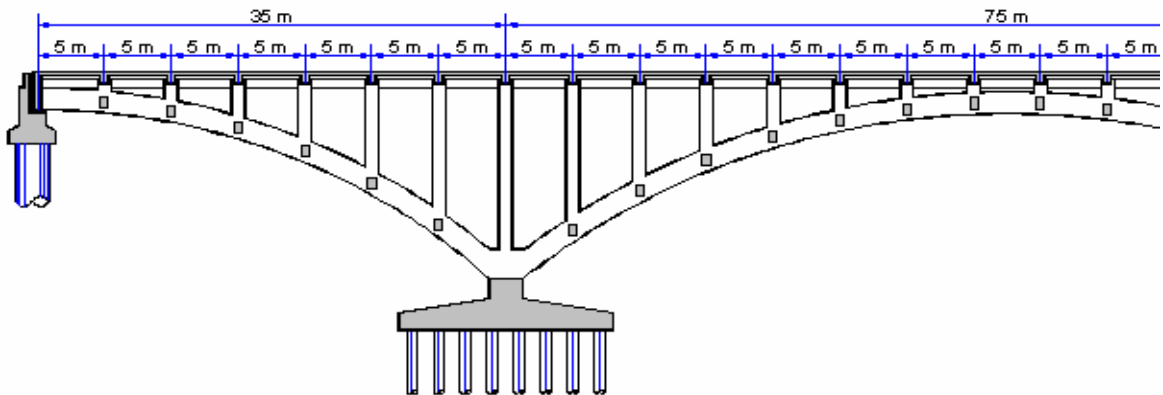
Kolom bangunan tersebut menggunakan profil IWF 300x300 dengan Bj 37. Untuk Balok lantai 1, 2 dan 3 menggunakan profil IWF 300x150 dengan Bj 37 dan lantai 4 dan 5 menggunakan profil IWF 250x250 dengan bj 37. Mutu beton yang digunakan untuk plat dengan tebal 12 cm maupun shear wall dengan tebal 25 cm adalah k-300.

ANALISIS BEBAN JEMBATAN

JEMBATAN SARJITO II YOGYAKARTA

DATA JEMBATAN

A. SISTEM STRUKTUR



PARAMETER	KETERANGAN
Klasifikasi Jembatan	Klas I Bina Marga
Tipe Jembatan	Rangka beton portal lengkung
Jumlah bentang	3 bentang
Panjang bentang tengah	75 m
Panjang bentang tepi	35 m
Panjang total jembatan	145 m

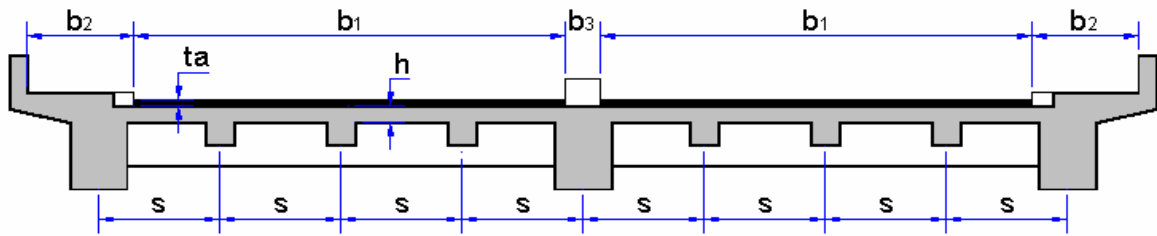
1. Struktur Atas (Upper Structure)

Terdiri atas : Slab lantai kendaraan, yang menjadi kesatuan monolit dengan balok dan kolom yang membentuk rangka beton portal lengkung.

2. Struktur bawah (Sub Structure)

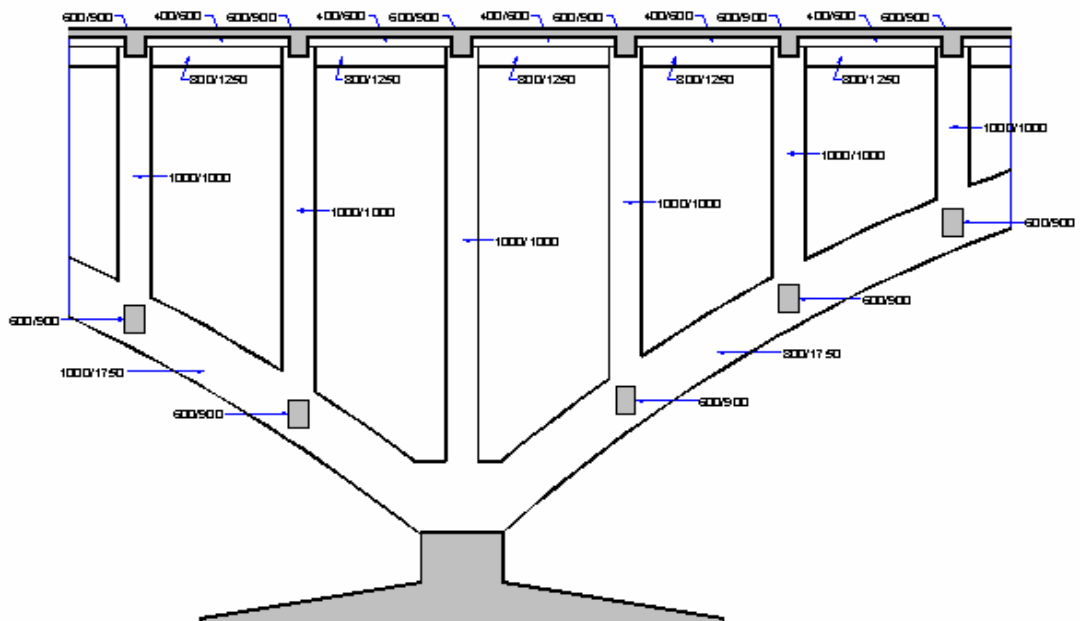
Terdiri atas Abutment dengan Fondasi Footplat dan Pier dengan sistem fondasi Borpile.

3. Dimensi Jembatan

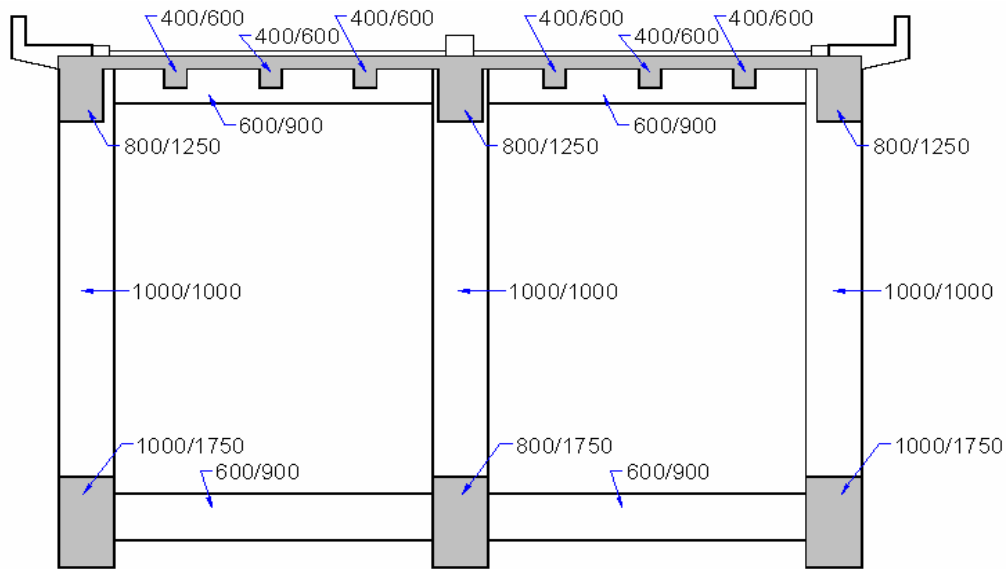


Potongan Slab lantai kendaraan, Balok induk (Girder) dan Balok anak (Beam)

Tebal slab lantai jembatan	h	0.25	m
Tebal lapisan aspal + over-lay	t_a	0.10	m
Tebal genangan air hujan	t_h	0.05	m
Jarak antara kolom penyangga	L_x	5.00	m
Jarak antara balok lantai	s	1.70	m
Lebar jalur lalu-lintas	b_1	6.00	m
Lebar trotoar	b_2	1.50	m
Lebar median	b_3	0.50	m
Bentang jembatan tengah	L_1	75.00	m
Bentang jembatan tepi	L_2	35.00	m



Penampang memanjang rangka beton portal lengkung



Penampang melintang rangka beton portal lengkung

4. Bahan Struktur

Mutu beton :	K - 350
Kuat tekan beton	$f'_c = 0.83 * K / 10 = 29.05$ MPa
Modulus elastik	$E_c = 4700 * \sqrt{f'_c} = 25332$ MPa
Angka poisson	$u = 0.2$
Modulus geser	$G = E_c / [2*(1 + u)] = 10555$ MPa
Koefisien muai panjang untuk beton,	$\varepsilon = 1.0E-05$ / °C
Mutu baja :	
Untuk baja tulangan dengan $\varnothing > 12$ mm :	U - 39
Tegangan leleh baja,	$f_y = 390$ MPa
Untuk baja tulangan dengan $\varnothing \leq 12$ mm :	U - 24
Tegangan leleh baja,	$f_y = 240$ MPa
Specific Gravity	kN/m³
Berat beton bertulang	25.00
Berat beton tidak bertulang	24.00
Berat aspal	22.00
Berat jenis air	9.80
Berat timbunan tanah dipadatkan	17.20

5. Metode Perhitungan Struktur

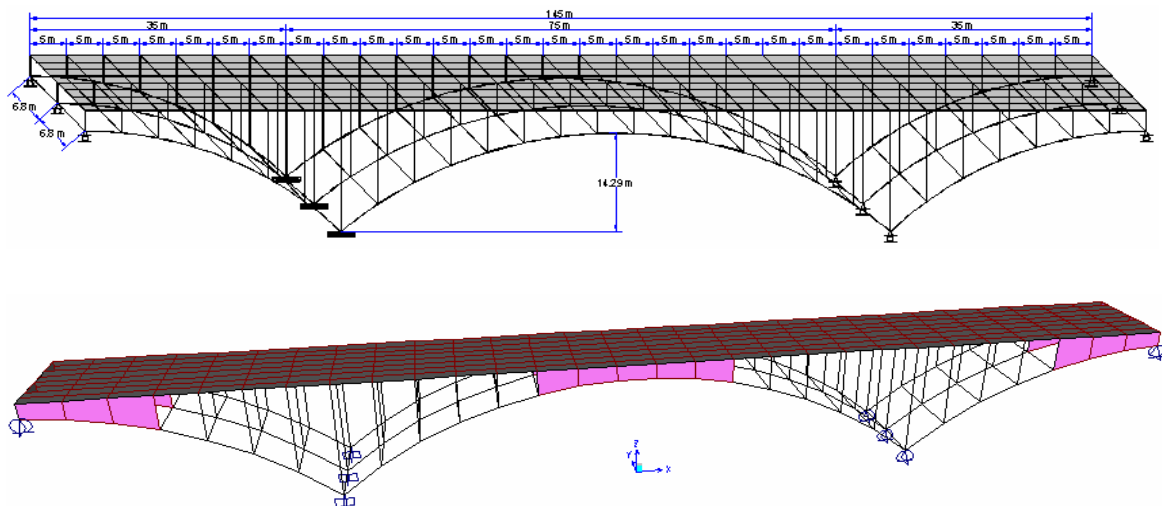
Perencanaan struktur jembatan yang ekonomis dan memenuhi segi keamanan serta rencana penggunaannya, merupakan suatu hal yang sangat penting. Oleh karena itu diperlukan **Analisis Struktur** yang akurat dengan metode analisis yang tepat guna mendapatkan hasil perencanaan yang optimal.

Metode perencanaan struktur yang digunakan ada dua macam, yaitu :

1. Metode perencanaan ultimit dengan pemilihan faktor beban ultimit sesuai peraturan yang berlaku, yaitu :
 - a. SNI-03-1725-1989 : Tatacara Perencanaan Pembebanan Jalan Raya
 - b. SNI-03-2833-1992 : Tatacara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan Jalan Raya
 - c. Pd. T-04-2004-B : Pedoman Perencanaan Beban Gempa Untuk Jembatan

2. Metode perencanaan tegangan ijin dengan beban kerja.

Perhitungan struktur jembatan rangka beton portal lengkung dilakukan dengan komputer berbasis elemen hingga (*finite element*) untuk berbagai kombinasi pembebanan yg meliputi berat sendiri, beban mati tambahan, beban lalu-lintas kendaraan (beban lajur, rem pedestrian), dan beban pengaruh lingkungan (temperatur, angin, gempa) dengan pemodelan struktur 3-D (*space-frame*). Metode analisis yang digunakan adalah analisis linier metode matriks kekakuan langsung (*direct stiffness matrix*) dengan deformasi struktur kecil dan material isotropic. Program komputer yang digunakan untuk analisis adalah SAP2000 V-11. Dalam program tersebut berat sendiri struktur dihitung secara otomatis.



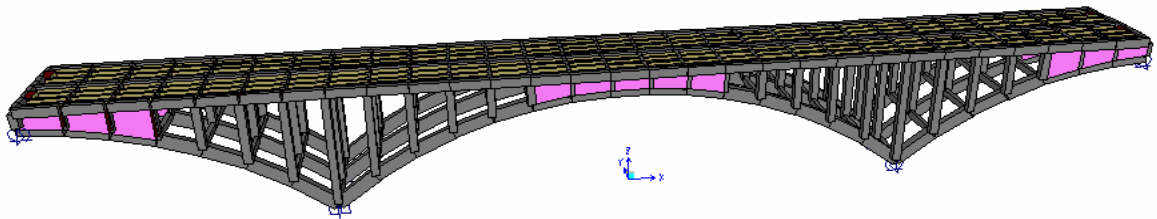
Model struktur 3 D (Space Frame)

I. ANALISIS BEBAN JEMBATAN

1. BERAT SENDIRI (MS)

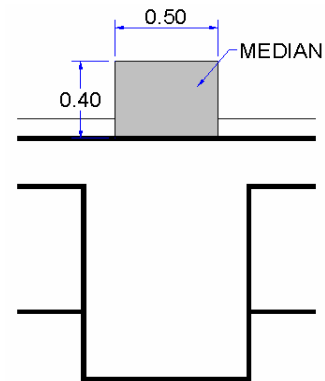
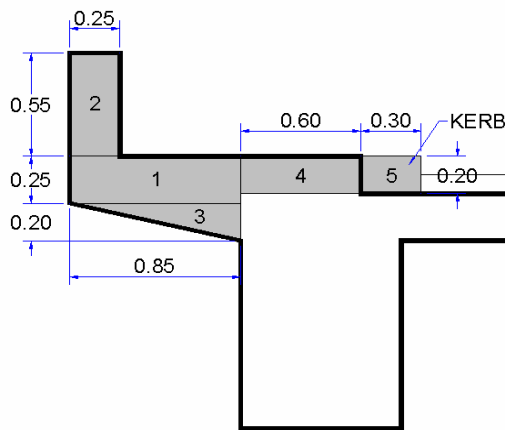
Faktor beban ultimit : $K_{MS} = 1.3$

Berat sendiri (*self weight*) adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non-struktural yang dipikulnya dan bersifat tetap. Berat sendiri elemen struktural dihitung secara otomatis oleh Program SAP2000.



Elemen struktural jembatan

Elemen struktural terdiri dari balok lengkung, kolom, plat dinding, balok lantai, dan plat lantai jembatan. Berat sendiri yang tidak termasuk elemen struktur adalah trotoar dan pemisah jalur (median).



1.1. BERAT SENDIRI TROTOAR

Berat beton bertulang :

Berat beton tidak bertulang :

$$w_c = \begin{matrix} 25.00 \\ 24.00 \end{matrix} \text{ kN/m}^3$$

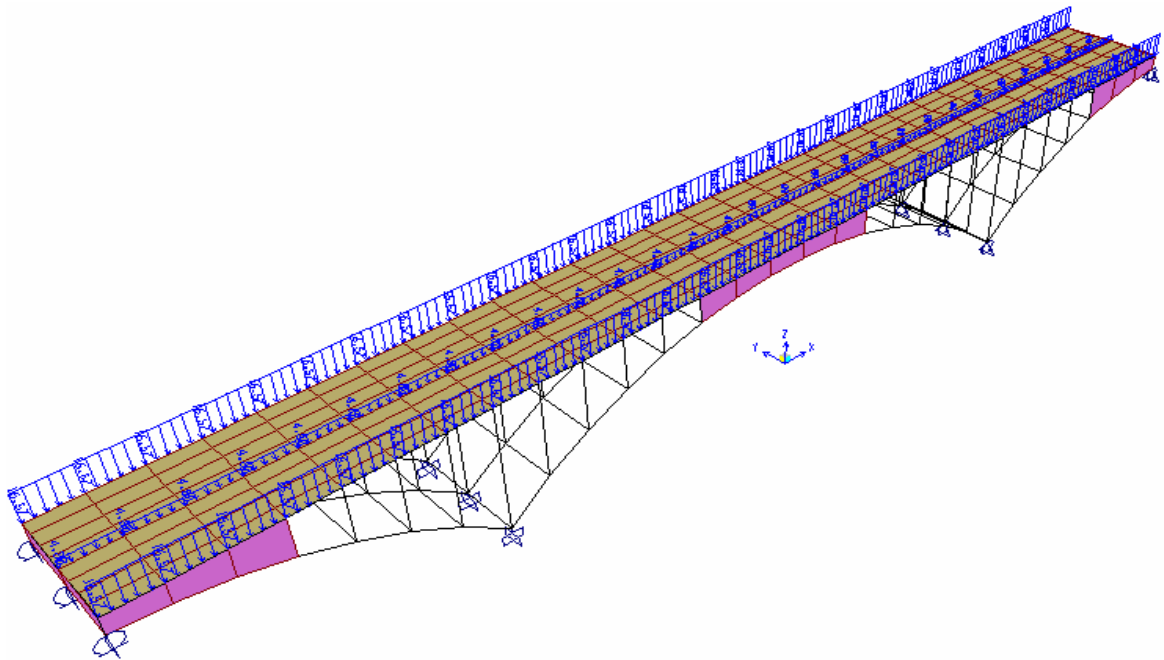
No	Lebar (m)	Tinggi (m)	Shape	w (kN/m ³)	Berat (kN/m)
1	0.85	0.25	1	25.00	5.313
2	0.25	0.55	1	25.00	3.438
3	0.85	0.20	0.5	25.00	2.125
4	0.60	0.20	1	25.00	3.000
5	0.30	0.20	1	24.00	1.440
6	Railing pipa galvanis \varnothing 2.5"				1.250

Berat sendiri trotoar, $Q_{MS} = 16.565$ kN/m

1.2. BERAT SENDIRI PEMISAH JALUR (MEDIAN)

No	Lebar (m)	Tinggi (m)	Shape	w (kN/m ³)	Berat (kN/m)
1	0.50	0.40	1	24.00	4.800

Berat sendiri median (pemisah jalur), $Q_{MS} = 4.800$ kN/m



2. BEBAN MATI TAMBAHAN (MA)

Faktor beban ultimit : $K_{MA} = 2.0$

Beban mati tambahan (*superimposed dead load*), adalah berat seluruh bahan yang menimbulkan suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non-struktural, dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan. Jembatan direncanakan mampu memikul beban tambahan sebagai berikut.

2.1. BEBAN MATI TAMBAHAN PADA LANTAI JEMBATAN

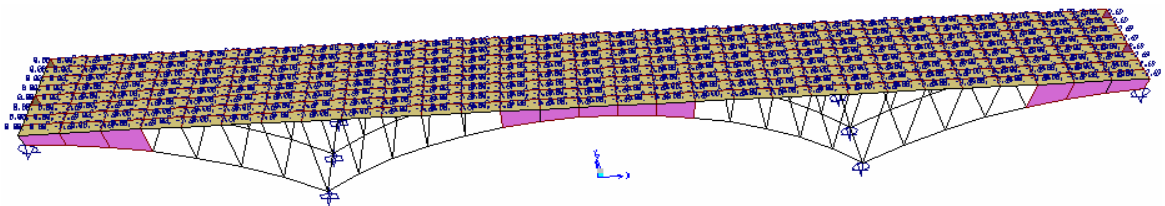
No	Jenis beban tambahan	Tebal (m)	w (kN/m ³)	Berat (kN/m ²)
1	Lapisan aspal + overlay	0.10	22.00	2.200
2	Genangan air hujan	0.05	9.80	0.490

$q_{MA} = 2.690 \text{ kN/m}^2$

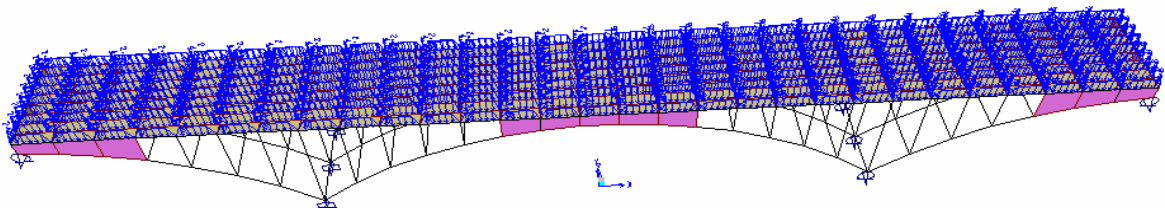
2.2. BEBAN MATI TAMBAHAN PADA TROTOAR

Berat tiang listrik (lights) untuk penerangan merupakan beban terpusat pada bagian tepi jembatan (trotoar) yang dipasang pada setiap jarak 25 m.

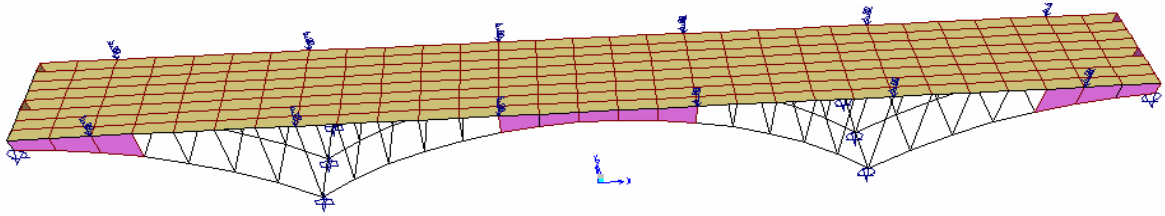
$$P_{MA} = 5.00 \text{ kN}$$



Beban mati tambahan pada lantai jembatan



Beban mati tambahan pada lantai jembatan yang didistribusikan ke balok lantai



Beban mati tambahan pada trotoar

4. BEBAN LAJUR "D" (TD)

Faktor beban ultimit : $K_{TD} = 2.0$

Beban lajur "D" terdiri dari beban terbagi merata (Uniformly Distributed Load), UDL dan beban garis (Knife Edge Load), KEL seperti terlihat pada gambar.

UDL mempunyai intensitas q (kPa) yang besarnya tergantung pada panjang total L yang dibebani dan dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$q = 8.0 \quad \text{kPa} \quad \text{untuk } L \leq 30 \text{ m}$$

$$q = 8.0 * (0.5 + 15 / L) \quad \text{kPa} \quad \text{untuk } L > 30 \text{ m}$$

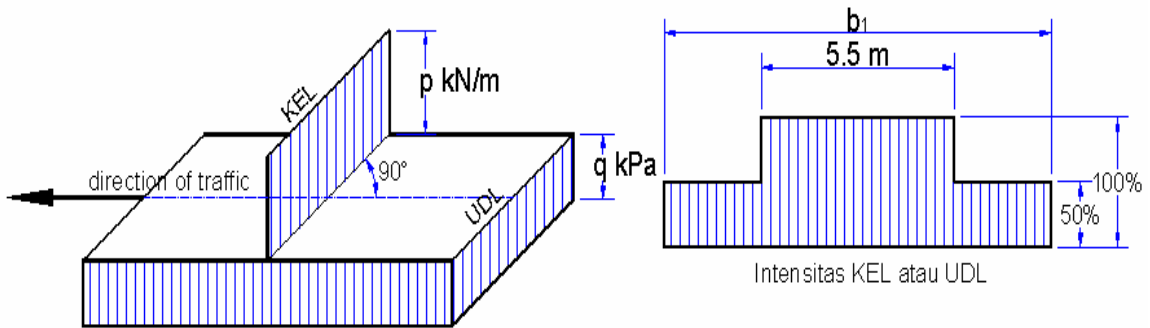
KEL mempunyai intensitas, $p = 44.0 \text{ kN/m}$

Faktor beban dinamis (Dynamic Load Allowance) untuk KEL diambil sebagai berikut :

$$DLA = 0.4 \quad \text{untuk } L \leq 50 \text{ m}$$

$$DLA = 0.4 - 0.0025 * (L - 50) \quad \text{untuk } 50 < L < 90 \text{ m}$$

$$DLA = 0.3 \quad \text{untuk } L \geq 90 \text{ m}$$



Lebar jalur lalu-lintas,

Panjang bentang jembatan bagian tengah,

Panjang bentang jembatan bagian tepi,

Panjang bentang rata-rata,

Panjang bentang maksimum,

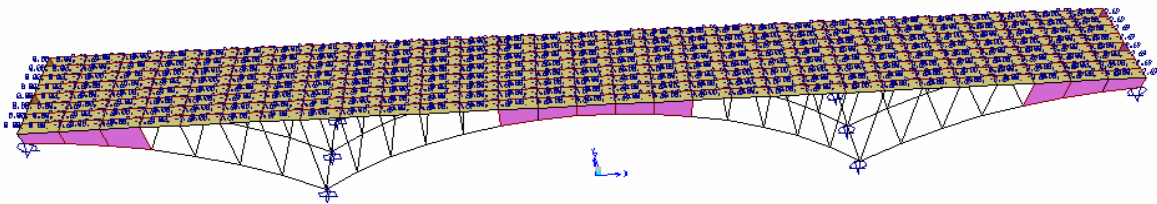
$b_1 =$	6.00	m
$L_1 =$	75.00	m
$L_2 =$	35.00	m
$L_{av} =$	55.00	m
$L_{max} =$	75.00	m

Panjang bentang ekivalen, $L_E = \sqrt{L_{av} * L_{max}} = 64.226$ m
 Untuk $L_E > 30$ m : $q = 8.0 * (0.5 + 15 / L_E) = 5.868$ kPa

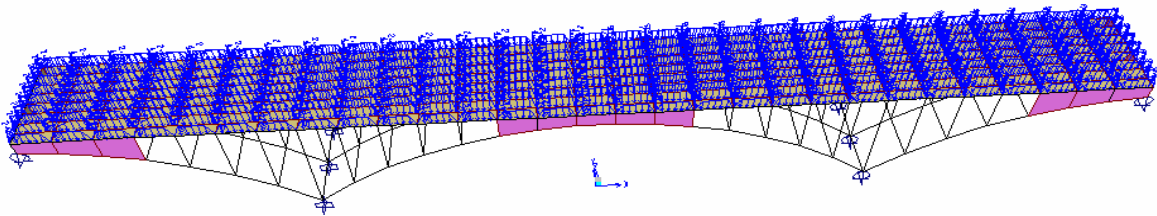
Beban merata (UDL) pada lantai jembatan :
 $q_{TD} = [5.5 * q * 100\% + (b_1 - 5.5) * q * 50\%] / b_1 = 5.624$ kN/m²

Beban garis (KEL) pada lantai jembatan : $p = 44.00$ kN/m
 $p = [5.5 * p * 100\% + (b_1 - 5.5) * p * 50\%] / b_1 = 42.17$ kN/m

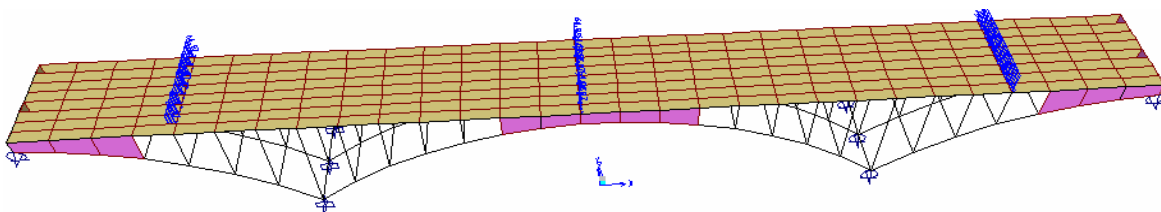
Faktor beban dinamis untuk $50 < L_E < 90$ m,
 $DLA = 0.4 - 0.0025 * (L_E - 50) = 0.364$
 $P_{TD} = (1 + DLA) * p = 57.5337$ kN/m



Beban merata (UDL) pada lantai jembatan



Beban merata (UDL) pada lantai jembatan yang didistribusikan ke balok lantai



Beban garis (KEL) pada lantai jembatan

5. GAYA REM (TB)

Faktor beban ultimit : $K_{TB} = 2.0$

Pengaruh pengereman dari lalu-lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang, dan dianggap bekerja pada permukaan lantai jembatan. Besarnya gaya rem arah memanjang jembatan tergantung panjang total jembatan (L_t) sebagai berikut :

Gaya rem, $T_{TB} = 250$ kN untuk $L_t \leq 80$ m

Gaya rem, $T_{TB} = 250 + 2.5 \cdot (L_t - 80)$ kN untuk $80 < L_t < 180$ m

Gaya rem, $T_{TB} = 500$ kN untuk $L_t \geq 180$ m

Panjang total jembatan, $L_t = L_1 + 2 \cdot L_2 = 145$ m

Untuk $80 \text{ m} < L_t < 180 \text{ m}$ maka :

Besarnya gaya rem yang bekerja (untuk 2 jalur lalu-lintas),

$$T_{TB} = [250 + 2.5 \cdot (L_t - 80)] \cdot 2 = 825 \text{ kN}$$

Beban lajur "D" tanpa reduksi akibat panjang bentang (penuh) :

$$q = 8.0 \text{ kPa} \quad p = 44.0 \text{ kN}$$

5% x Beban lajur "D" penuh tanpa faktor beban dinamis :

$$5\% \cdot TD = [0.05 \cdot (q \cdot b_1 \cdot L_t + 3 \cdot p \cdot b_1)] \cdot 2 = 775.2 \text{ kN}$$

Karena, $T_{TB} > 5\% \cdot TD$

Maka diambil gaya rem,

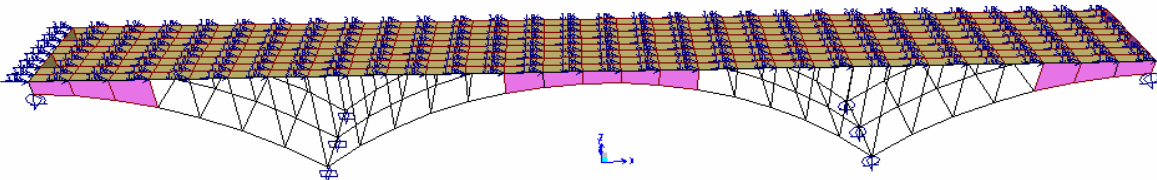
$$T_{TB} = 825 \text{ kN}$$

Gaya rem tsb. didistribusikan ke setiap joint pertemuan balok lantai jembatan dengan jumlah joint,

$$n = 270$$

Gaya rem pada setiap joint,

$$T_{TB} = 3.06 \text{ kN}$$



Gaya rem pada lantai jembatan

6. PEMBEBANAN UNTUK PEJALAN KAKI (TP)

Faktor beban ultimit : $K_{TP} = 2.0$

Trotoar pada jembatan jalan raya direncanakan mampu memikul beban sbg. berikut :

A = luas bidang trotoar yang dibebani pejalan kaki (m^2)

Beban hidup merata pada trotoar :

Untuk $A \leq 10 m^2$: $q = 5$ kPa

Untuk $10 m^2 < A \leq 100 m^2$: $q = 5 - 0.033 * (A - 10)$ kPa

Untuk $A > 100 m^2$: $q = 2$ kPa

Panjang bentang ekuivalen,

$$L_E = 64.226 \text{ m}$$

Lebar satu trotoar,

$$b_2 = 1.50 \text{ m}$$

Luas bidang trotoar,

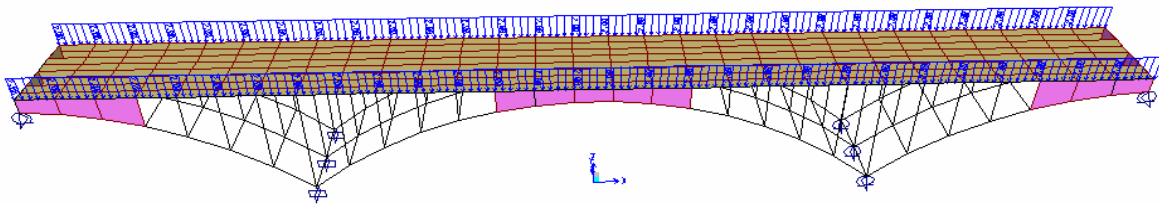
$$A = 2 * (b_2 * L_E) = 192.6785 \text{ m}^2$$

Intensitas beban pada trotoar,

$$q = 2 \text{ kPa}$$

Pembebanan jembatan untuk trotoar,

$$Q_{TP} = q * b_2 = 3.00 \text{ kN/m}$$



Beban pedestrian (pejalan kaki)

6. PENGARUH TEMPERATUR (ET)

Faktor beban ultimit : $K_{ET} = 1.2$

Untuk memperhitungkan tegangan maupun deformasi struktur yang timbul akibat pengaruh temperatur, diambil perbedaan temperatur yang besarnya setengah dari selisih antara temperatur maksimum dan temperatur minimum rata-rata pada lantai jembatan.

Temperatur maksimum rata-rata $T_{max} = 40$ °C

Temperatur minimum rata-rata $T_{min} = 25$ °C

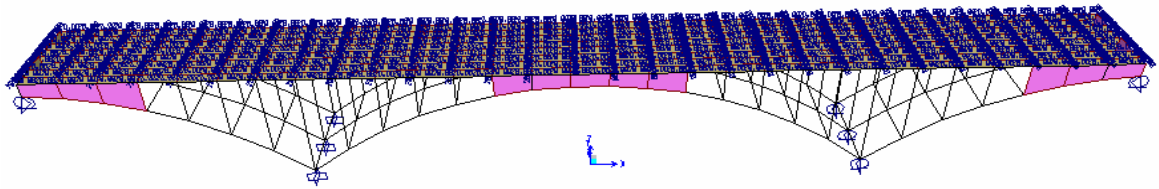
$$\Delta T = T_{max} - T_{min}$$

Perbedaan temperatur pada lantai jembatan,

$$\Delta T = 15 \text{ °C}$$

Koefisien muai panjang untuk beton,

$$\alpha = 1.0E-05 / \text{°C}$$



Beban perbedaan temperatur 15° C

7. BEBAN ANGIN (EW)

Faktor beban ultimit : $K_{EW} = 1.2$

Gaya akibat angin dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$T_{EW} = 0.0006 * C_w * (V_w)^2 * A_b \quad \text{kN}$$

C_w = koefisien seret

$$= 1.25$$

V_w = Kecepatan angin rencana

$$= 35 \text{ m/det}$$

A_b = luas bidang samping jembatan (m^2)

Gaya angin didistribusikan merata pada bidang samping setiap elemen struktur yang membentuk portal lengkung pada arah melintang jembatan. Lebar bidang kontak vertikal untuk setiap elemen rangka samping struktur jembatan diambil yang terbesar.

Beban angin pada rangka jembatan lengkung untuk, $b = 1.75 \text{ m}$

$$T_{EW} = 0.0006 * C_w * (V_w)^2 * b = 1.608 \text{ kN/m}$$

Beban garis merata tambahan arah horisontal pada permukaan lantai jembatan akibat angin yang meniup kendaraan di atas jembatan dihitung dengan rumus :

$$T_{EW} = 0.0012 * C_w * (V_w)^2 \quad \text{kN/m} \quad \text{dengan} \quad C_w = 1.2$$

$$T_{EW} = 0.0012 * C_w * (V_w)^2 = 1.764 \text{ kN/m}$$

Bidang vertikal yang ditiup angin merupakan bidang samping kendaraan dengan tinggi 2.00 m di atas lantai jembatan.

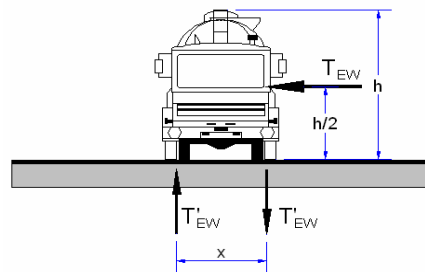
$$h = 2.00 \text{ m}$$

Jarak antara roda kendaraan

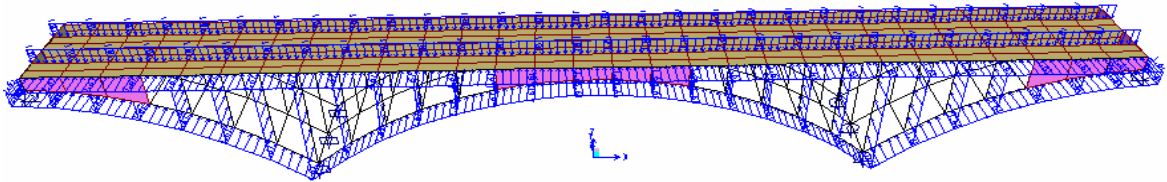
$$x = 1.75 \text{ m}$$

Transfer beban angin ke lantai jembatan, $T'_{EW} = [1/2 * h / x * T_{EW}]$

$$T'_{EW} = 1.008 \text{ kN/m}$$



Distribusi beban angin pada bidang rangka samping jembatan dan transfer beban angin akibat kendaraan di atas lantai jembatan adalah seperti gambar berikut.



Beban angin samping dan transfer beban angin

8. BEBAN GEMPA (EQ)

Faktor beban ultimit : $K_{EQ} = 1.0$

8.1. METODE STATIK EKIVALEN

Beban gempa rencana dihitung dengan rumus :

$$T_{EQ} = K_h * I * W_t$$

$$K_h = C * S$$

T_{EQ} = Gaya geser dasar total pada arah yang ditinjau (kN)

K_h = Koefisien beban gempa horisontal

I = Faktor kepentingan

W_t = Berat total jembatan yang berupa berat sendiri dan beban mati tambahan

$$= P_{MS} + P_{MA} \quad \text{kN}$$

C = Koefisien geser dasar untuk wilayah gempa, waktu getar, dan kondisi tanah

S = Faktor tipe struktur yang berhubungan dengan kapasitas penyerapan energi gempa (daktilitas) dari struktur jembatan.

Waktu getar struktur dihitung dengan rumus :

$$T = 2 * \pi * \sqrt{ [W_{TP} / (g * K_p)] }$$

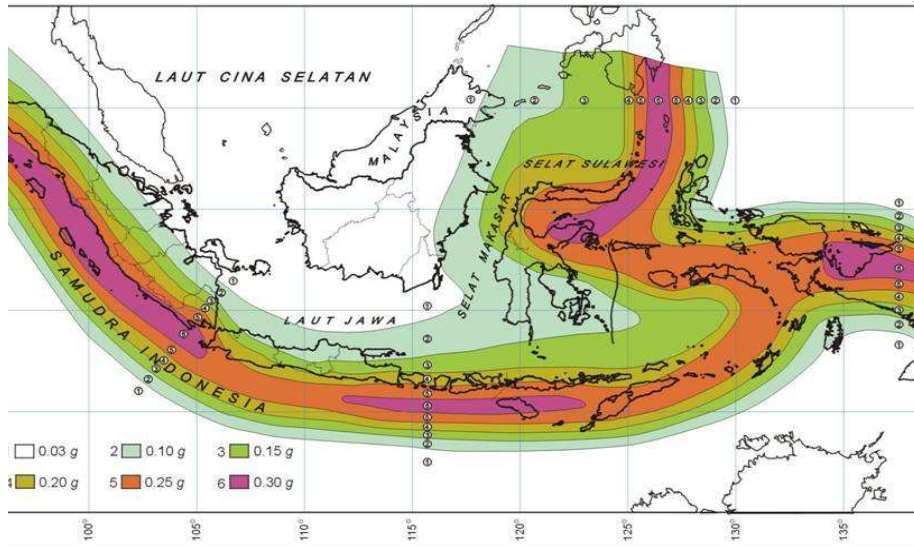
W_{TP} = berat sendiri struktur dan beban mati tambahan (kN)

g = percepatan gravitasi (= 9.81 m/det²)

K_p = kekakuan struktur yang merupakan gaya horisontal yang diperlukan untuk menimbulkan satu satuan lendutan (kN/m)

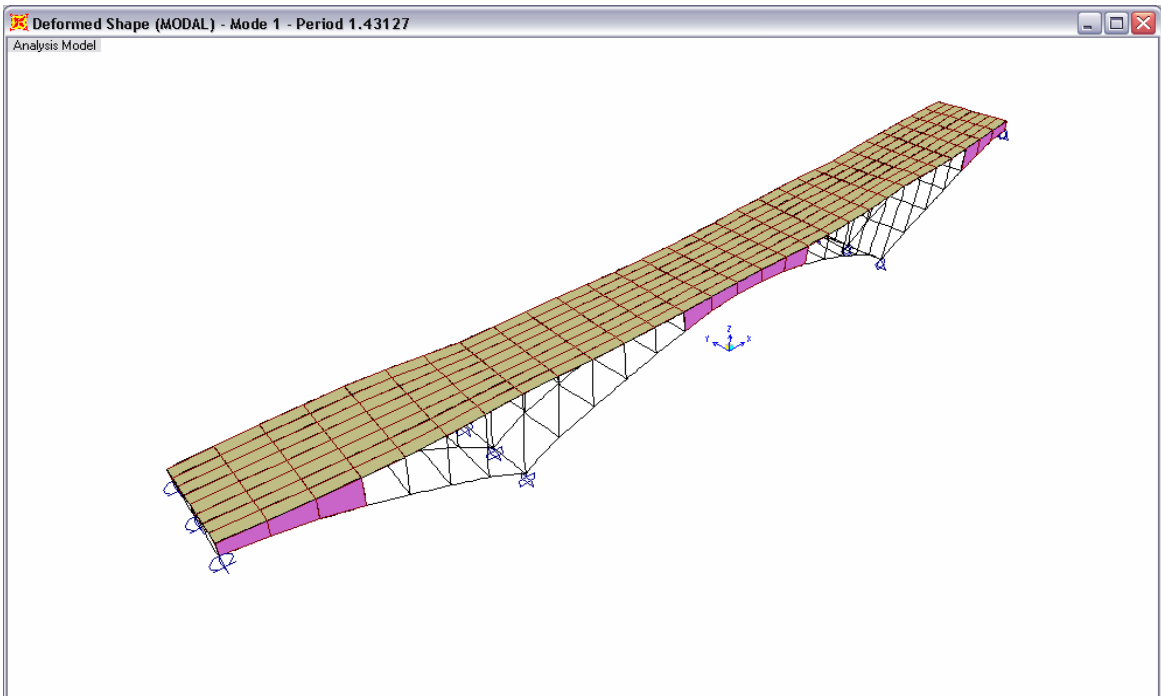
Waktu getar struktur jembatan dihitung dengan komputer menggunakan Program SAP-2000 dengan pemodelan struktur 3-D (*space frame*) yang memberikan respons berbagai ragam (*mode*) getaran yang menunjukkan perilaku dan fleksibilitas sistem struktur.

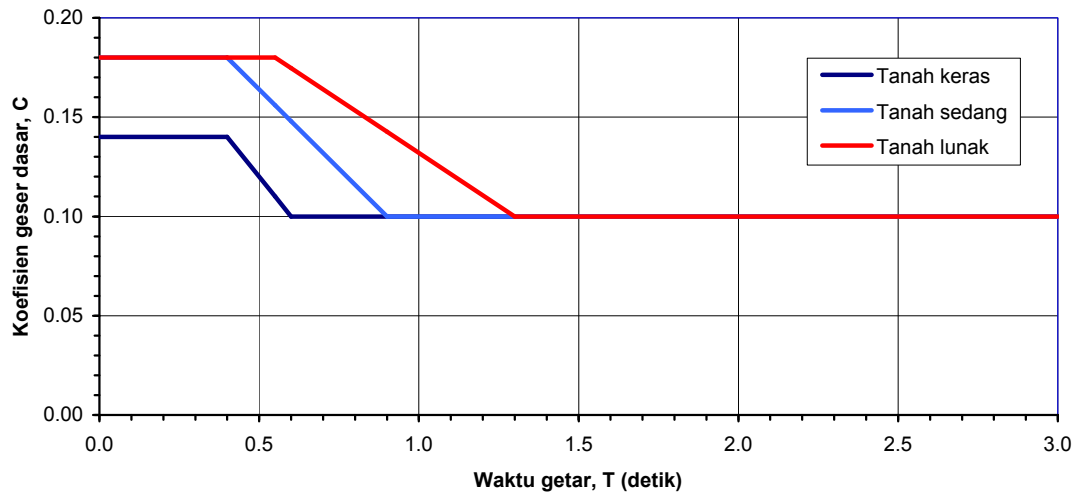
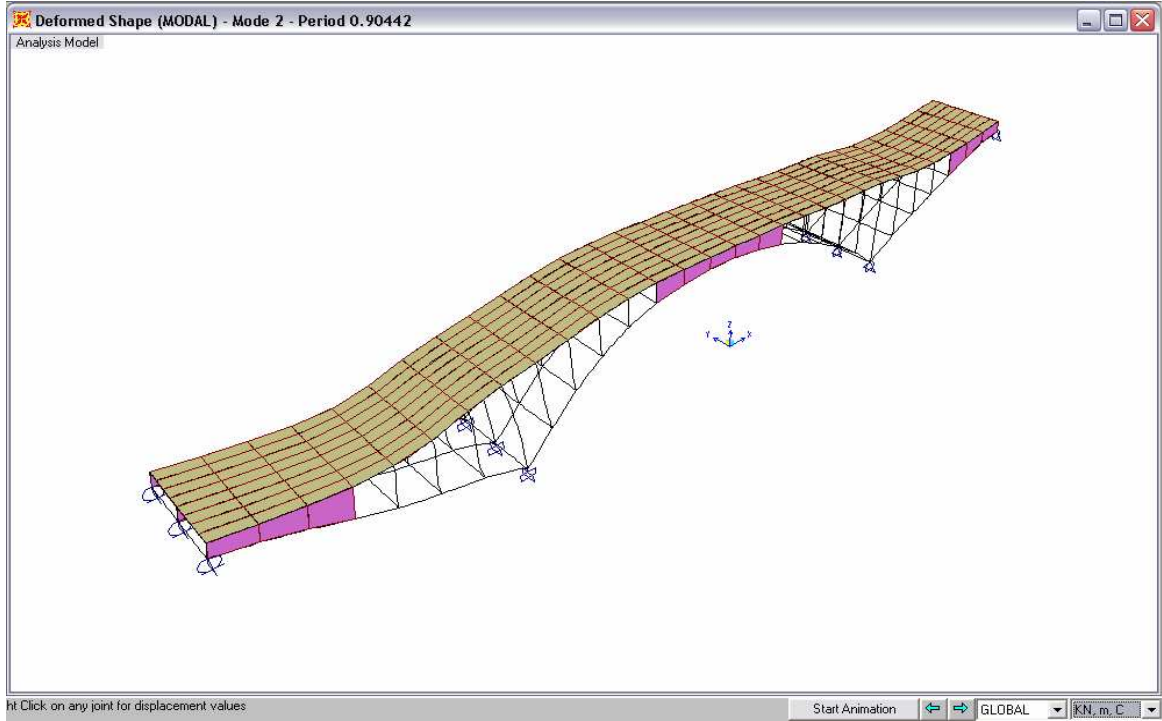
Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur jembatan mempunyai waktu getar struktur yang berbeda pada arah memanjang dan melintang, sehingga beban gempa rencana statik ekuivalen yang berbeda harus dihitung untuk masing-masing arah.



Dari hasil analisis diperoleh waktu getar struktur sebagai berikut :

Arah melintang jembatan,	T =	1.43127	detik	(mode-1)
Arah memanjang jembatan,	T =	0.90442	detik	(mode-2)





Koefisien geser dasar untuk wilayah gempa 3 (Yogyakarta)

8.1.1. KOEFISIEN GEMPA ARAH Y (MELINTANG) JEMBATAN

Waktu getar alami,

$$T = 1.43127 \text{ detik}$$

Kondisi tanah dasar sedang (medium).

Lokasi di wilayah gempa : Zone-3 maka, $C = 0.10$

Untuk struktur jembatan dengan daerah sendi plastis berupa beton bertulang dan bangunan atas bersatu dengan bangunan bawah), tetapi waktu getar strukturnya cukup pendek sehingga struktur hanya dapat berperilaku **daktail terbatas** (semi daktail), maka diambil faktor tipe bangunan,

Koefisien beban gempa horisontal, $S = 2$
 $K_h = C * S = 0.20$

Untuk jembatan yang memuat > 2000 kendaraan / hari, jembatan pada jalan raya utama atau arteri, tetapi terdapat route alternatif, maka diambil faktor kepentingan,

$$I = 1.0$$
$$T_{EQ} = K_h * I * W_t \quad T_{EQy} = 0.200 * W_t$$

8.1.2. KOEFISIEN GEMPA ARAH X (MEMANJANG) JEMBATAN

Waktu getar alami, $T = 0.90442$ detik

Kondisi tanah dasar sedang (medium).

Lokasi di wilayah gempa : Zone-3 maka, $C = 0.14$

Untuk struktur jembatan dengan daerah sendi plastis berupa beton bertulang dan bangunan atas bersatu dengan bangunan bawah), tetapi waktu getar strukturnya cukup pendek sehingga struktur hanya dapat berperilaku **daktail terbatas** (semi daktail), maka diambil faktor tipe bangunan,

Koefisien beban gempa horisontal, $S = 2$
 $K_h = C * S = 0.28$

Untuk jembatan yang memuat > 2000 kendaraan / hari, jembatan pada jalan raya utama atau arteri, tetapi terdapat route alternatif, maka diambil faktor kepentingan,

$$I = 1.0$$
$$T_{EQ} = K_h * I * W_t \quad T_{EQx} = 0.280 * W_t$$

Gaya gempa arah memanjang maupun arah melintang jembatan didistribusikan secara otomatis ke setiap joint oleh Program SAP2000.

8.2. METODE DINAMIK RESPONSE SPECTRUM

Metode Dinamik (Response Spectrum) dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut.

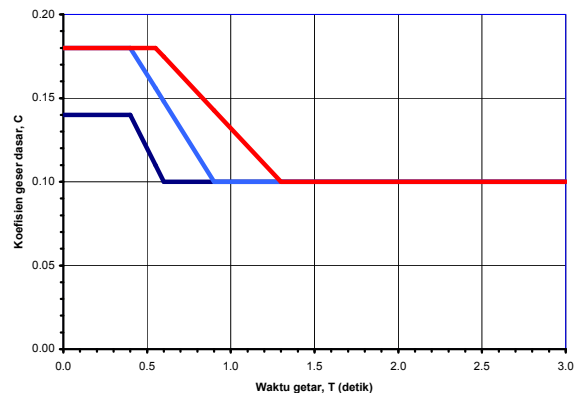
- Besar beban gempa ditentukan oleh percepatan gempa rencana dan massa total struktur. Massa total struktur terdiri dari berat sendiri struktur dan beban hidup yang dikalikan dengan faktor reduksi 0,5.
- Percepatan gempa diambil dari data zone 4 Peta Wilayah Gempa Indonesia menu-

rut Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, 1992 dg memakai spektrum respons seperti pada Tabel 1. Percepatan grafitasi diambil, $g = 981 \text{ cm/det}^2$.

- ❑ Analisis dinamik dilakukan dengan metode superposisi spectrum response. dengan mengambil response maksimum dari 4 arah gempa, yaitu 0, 45, 90, dan 135 derajat.
- ❑ Digunakan number eigen NE = 3 dengan mass partisipation factor $\geq 90 \%$ dengan kombinasi dinamis (CQC methode).
- ❑ Karena hasil dari analisis spectrum response selalu bersifat positif (hasil akar), maka perlu faktor +1 dan -1 untuk mengkombinasikan dengan response statik.

Tabel 1. Nilai spectrum

Waktu getar	Nilai spectrum
0.00	0.18
0.50	0.18
0.80	0.15
1.00	0.13
1.30	0.10
1.50	0.10
2.00	0.10
3.00	0.10



9. PENGARUH SUSUT DAN RANGKAK (SR)

Faktor Beban Ultimit : $K_{SR} = 1.0$

3.1. PENGARUH RANGKAK (CREEP)

Regangan akibat creep, $\epsilon_{cr} = (f_c / E_c) * k_b * k_c * k_d * k_e * k_{tn}$

k_b = koefisien yang tergantung pada pemakaian air semen (water cement ratio).

Untuk beton normal dengan faktor air semen, $w = 0.45$

Cement content = 3.5 kN/m^3

Dari Kurva 6.1 (NAASRA Bridge Design Specification) diperoleh :

$$k_b = 0.75$$

k_c = koefisien yang tergantung pada kelembaban udara,

untuk perhitungan diambil kondisi kering dengan kelembaban udara $< 50 \%$.

Dari Tabel 6.5 (NAASRA Bridge Design Specification) diperoleh :

$$k_c = 3$$

k_d = koefisien yang tergantung pada derajat pengerasan beton saat dibebani dan pd. suhu rata-rata di sekelilingnya selama pengerasan beton.

Karena grafik pada gambar 6.4 didasarkan pada temperatur 20° C, sedangkan temperatur rata-rata di Indonesia umumnya lebih dari 20° C, maka perlu ada koreksi waktu pengerasan beton sebagai berikut :

Jumlah hari dimana pengerasan terjadi pada suhu rata-rata T,

$$t = 28 \text{ hari}$$

Temperatur udara rata-rata,

$$T = 27.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Umur pengerasan beton terkoreksi saat dibebani :

$$t' = t * (T + 10) / 30 = 35 \text{ hari}$$

Dari Kurva 6.4 (NAASRA Bridge Design Specification) untuk semen normal tipe I diperoleh :

$$k_d = 0.938$$

k_e = koefisien yang tergantung pada tebal teoritis (e_m)

Luas penampang balok 800/1750,

$$A = 1.40 \text{ m}^2$$

Keliling penampang balok yang berhubungan dengan udara luar,

$$K = 5.100 \text{ m}$$

$$e_m = 2 * A / K = 0.549 \text{ m}$$

Dari Kurva 6.2 (NAASRA Bridge Design Specification) diperoleh :

$$k_e = 0.734$$

k_{tn} = koefisien yang tergantung pada waktu (t) dimana pengerasan terjadi dan tebal teoritis (e_m).

Untuk,

$$t = 28 \text{ hari}$$

$$e_m = 0.549 \text{ m}$$

Dari Kurva 6.4 (NAASRA Bridge Design Specification) untuk semen normal tipe I diperoleh :

$$k_{tn} = 0.2$$

Kuat tekan beton,

$$f'_c = 29.05 \text{ MPa}$$

Modulus elastik beton,

$$E_c = 25332.08 \text{ MPa}$$

Regangan akibat creep,

$$\epsilon_{cr} = (f'_c / E_c) * k_b * k_c * k_d * k_e * k_{tn} = 0.00036$$

3.1. PENGARUH SUSUT (SHRINKAGE)

Regangan akibat susut,

$$\epsilon_{su} = \epsilon_b * k_b * k_e * k_p$$

ϵ_b = regangan dasar susut (*basic shrinkage strain*).

Untuk kondisi kering udara dengan kelembaban < 50 %,

Dari Tabel 6.4 (NAASRA Bridge Design Specification) diperoleh :

$$\varepsilon_b = 0.00038$$

k_b = koefisien yang tergantung pada pemakaian air semen (water cement ratio) untuk beton dengan faktor air semen, $w = 0.45$

$$\text{Cement content} = 3.5 \text{ kN/m}^3$$

Dari Kurva 6.1 (NAASRA Bridge Design Specification) diperoleh :

$$k_b = 0.75$$

k_e = koefisien yang tergantung pada tebal teoritis (e_m)

$$k_e = 0.734$$

k_p = koefisien yang tergantung pada luas tulangan baja memanjang non prategang.

Presentase luas tulangan memanjang terhadap luas tampang balok rata-rata :

$$p = 2.50\%$$

$$k_p = 100 / (100 + 20 * p) = 0.995$$

$$\varepsilon_{su} = \varepsilon_b * k_b * k_e * k_p = 0.000208$$

Regangan akibat susut dan rangkai,

$$\varepsilon_{sr} = \varepsilon_{sh} + \varepsilon_{cr} = 0.00021$$

10. KOMBINASI PADA KEADAAN ULTIMIT

Aksi / Beban	Faktor Beban	KOMBINASI			
		1	2	3	4
A. Aksi Tetap					
Berat sendiri	K_{MS}	1.30	1.30	1.30	1.30
Beban Mati Tambahan	K_{MA}	2.00	2.00	2.00	2.00
Pengaruh susut dan rangkai	K_{SR}	1.00	1.00	1.00	1.00
B. Aksi Transien					
Beban Lajur "D"	K_{TD}	2.00	1.00	1.00	
Gaya Rem	K_{TB}	2.00	1.00	1.00	
Beban Trotoar	K_{TP}		2.00		
C. Aksi Lingkungan					
Pengaruh Temperatur	K_{ET}	1.00	1.20	1.20	
Beban Angin	K_{EW}	1.00		1.20	
Beban Gempa	K_{EQ}				1.00

10. KOMBINASI BEBAN KERJA

Aksi / Beban	Faktor Beban	KOMBINASI			
		1	2	3	4
A. Aksi Tetap					
Berat sendiri	K_{MS}	1.00	1.00	1.00	1.00
Beban Mati Tambahan	K_{MA}	1.00	1.00	1.00	1.00
Pengaruh susut dan rangkai	K_{SR}	1.00	1.00	1.00	1.00
B. Aksi Transien					
Beban Lajur "D"	K_{TD}	1.00	1.00	1.00	
Gaya Rem	K_{TB}	1.00	1.00	1.00	
Beban Trotoar	K_{TP}		1.00	1.00	
C. Aksi Lingkungan					
Pengaruh Temperatur	K_{ET}		1.00	1.00	
Beban Angin	K_{EW}			1.00	
Beban Gempa	K_{EQ}				1.00
Kelebihan Tegangan yang diperbolehkan		0%	25%	40%	50%