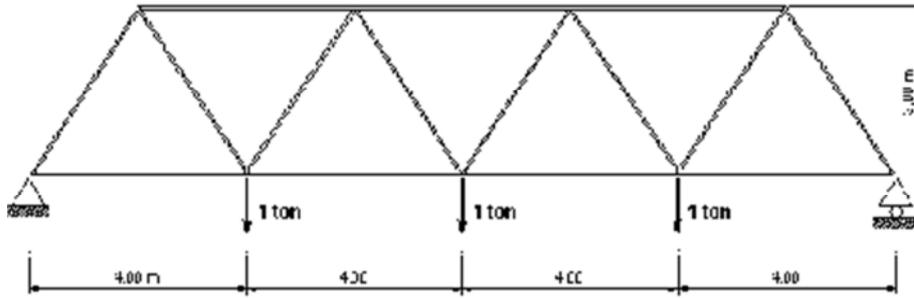


Menghitung Jembatan Baja dengan SAP 2000 V.14



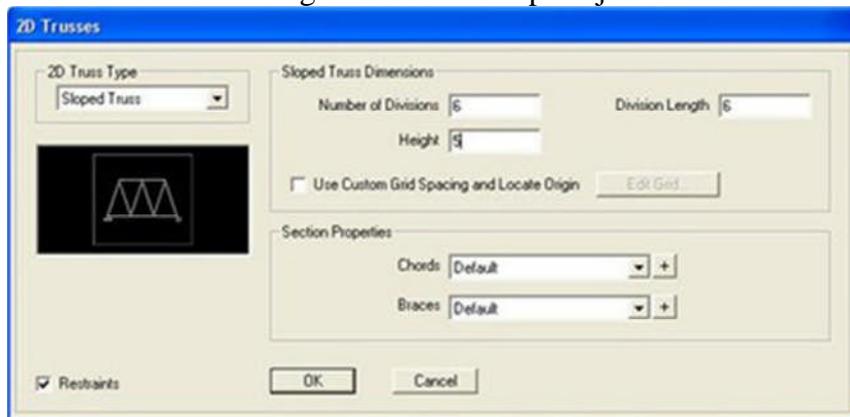
Diketahui suatu jembatan rangka baja dengan data sebagai berikut :

- 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

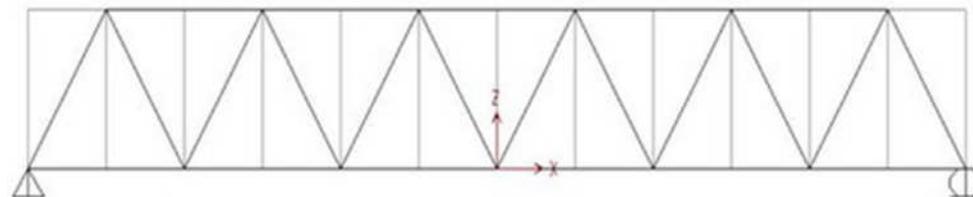
Penyelesaian :

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.

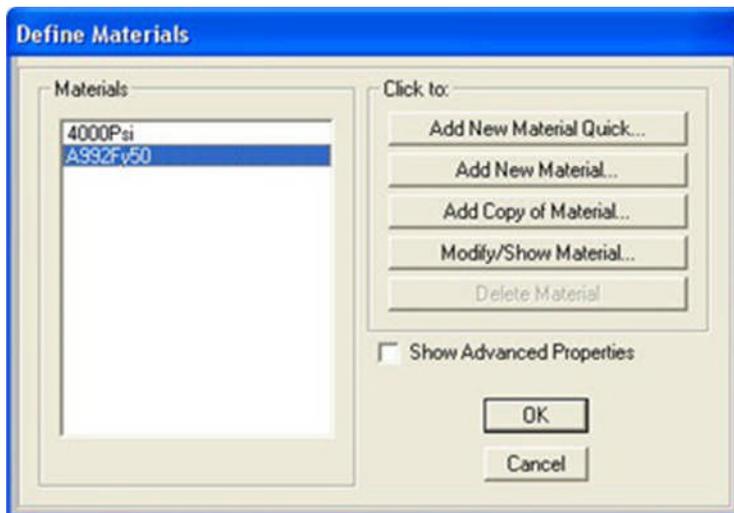


- 6) Akan terlihat gambar seperti di bawah ini

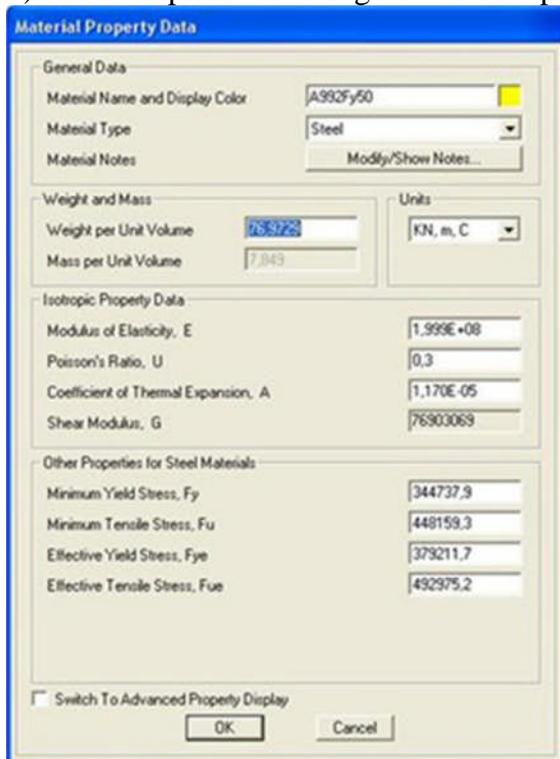


b. Menentukan Material dan Penampang Struktur

- 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



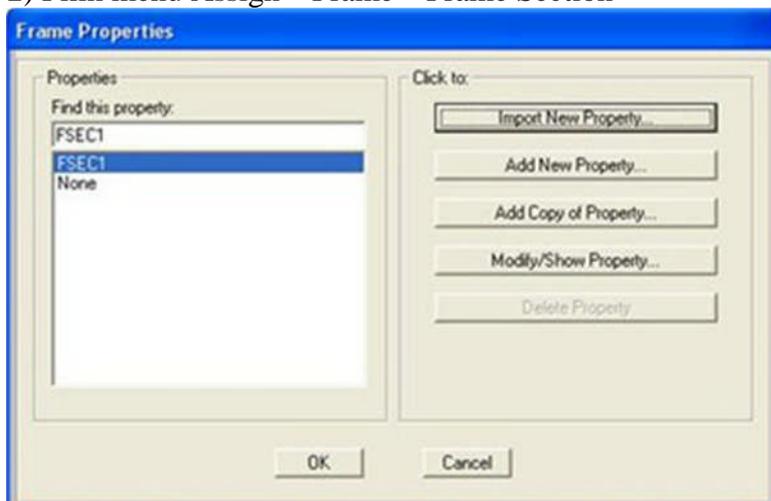
4) Klik OK

5) Klik OK

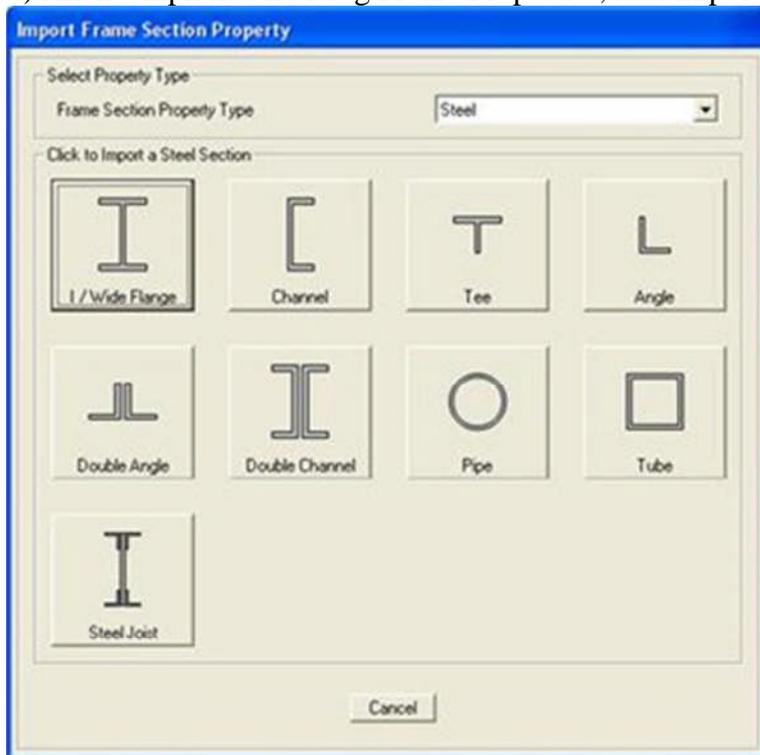
c. Menentukan Penampang elemen Struktur

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

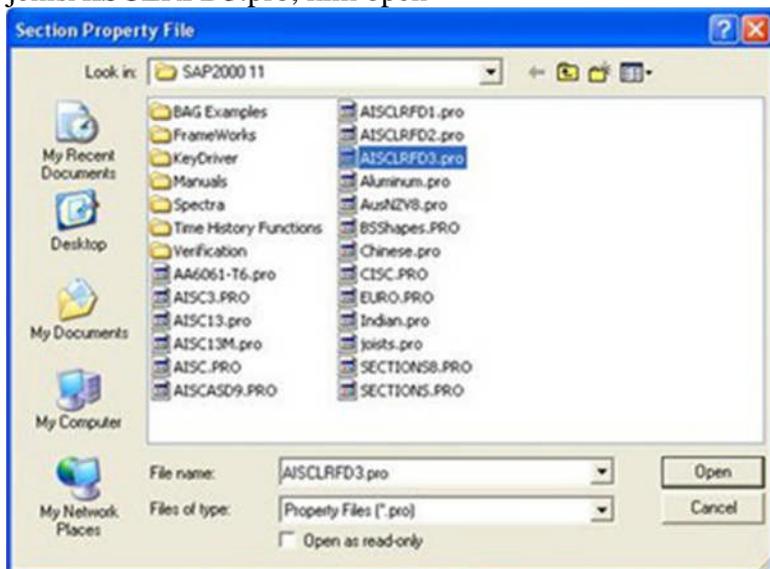


3) Akan tampil kotak dialog Frame Properties, klik Import New Property

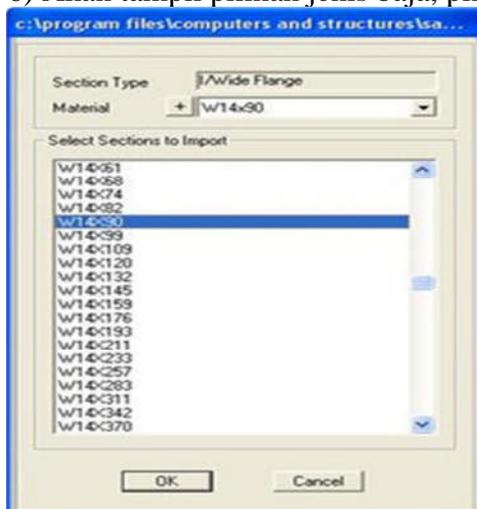


4) Akan tampil Frame Section Property, pilih I / Wide Flange

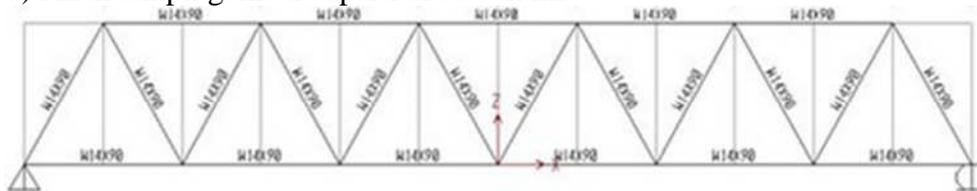
5) Maka kita di suruh memilih file yang akan dipakai untuk memilih jenis baja, pilih jenis AISCLRF3.pro, klik open



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



7) Akan tampil gambar seperti di bawah ini

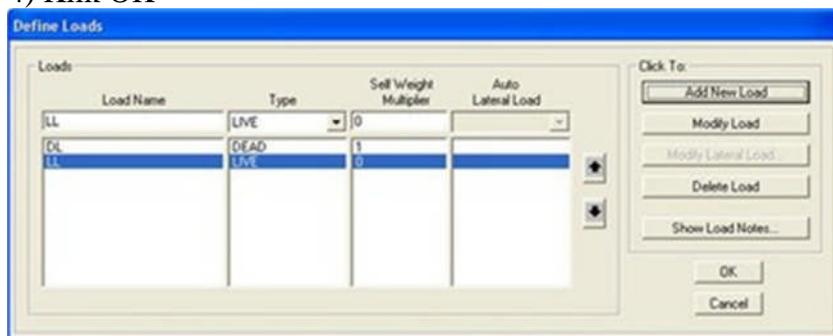


d. Menetapkan FRAME-release (karena sambungan tidak menerima momen)

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

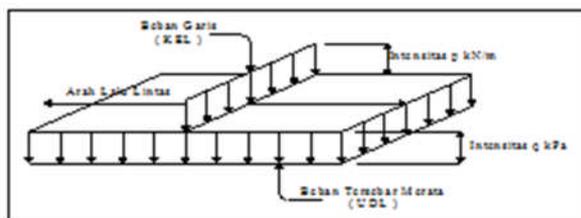
e. Menetapkan Load Case

- 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



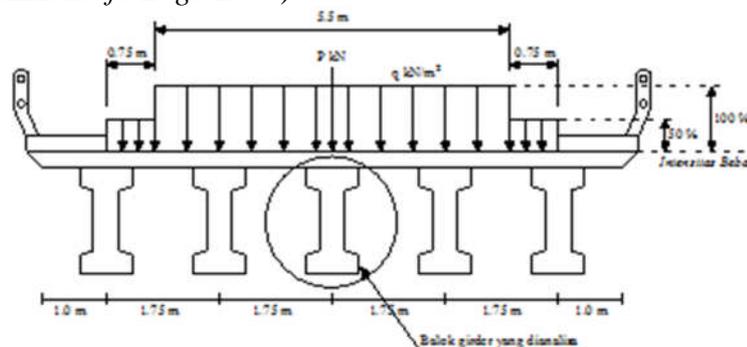
e. Memberikan Beban Pada Model
Beban Lalu Lintas

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:

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

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: $K = 1 + DLA$

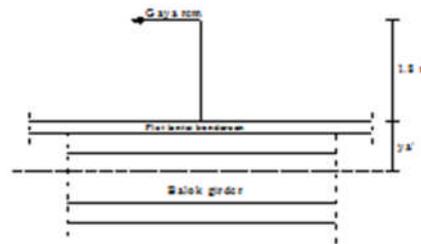
$$K = 1 + 0.4 = 1.4$$

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

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

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

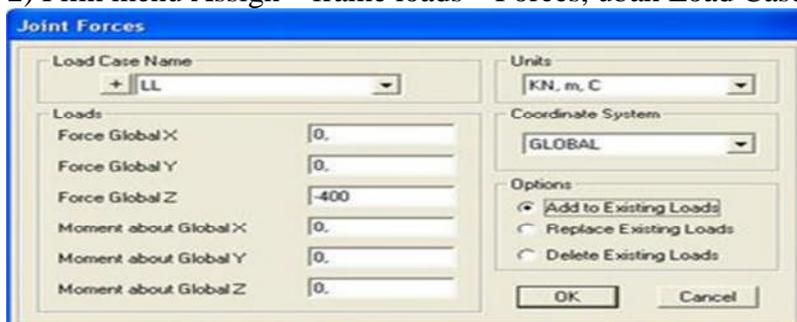
C_w = koefisien Seret = 1.2

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

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

1) Pilih seluruh lantai /gelagar lantai

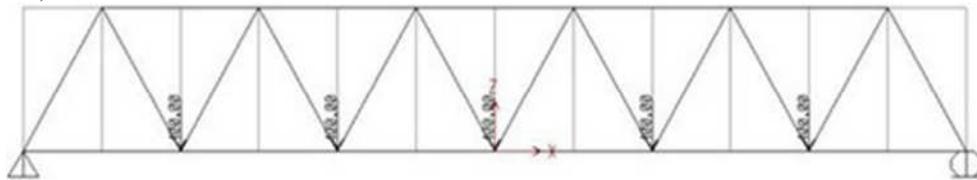
2) Pilih menu Assign – frame loads – Forces, ubah Load Case Name menjadi LL



8) Masukkan angka -400 pada Forces Global Z

9) Pada pilihan Options, klik Add to Existing Loads

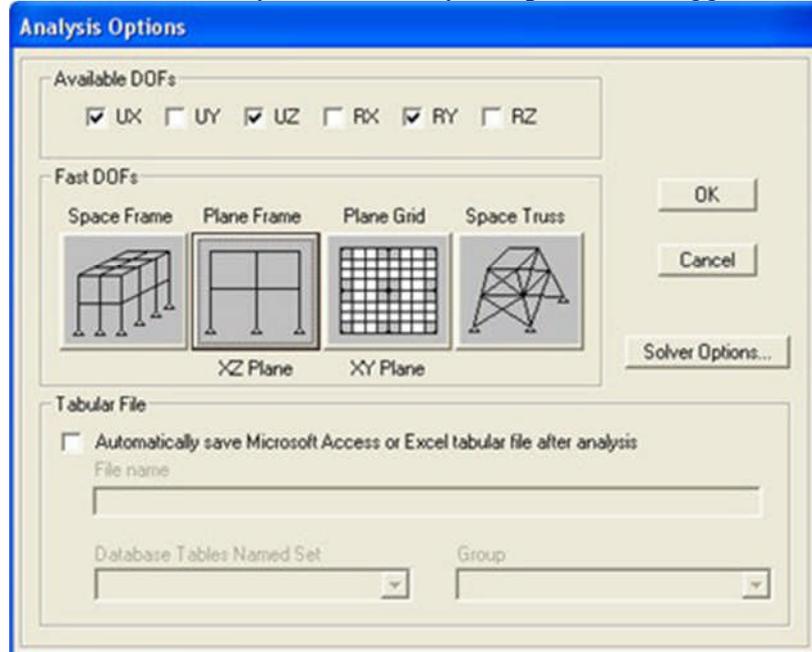
10) Klik OK



f. Menganalisis Model

1) Simpan file dan beri nama

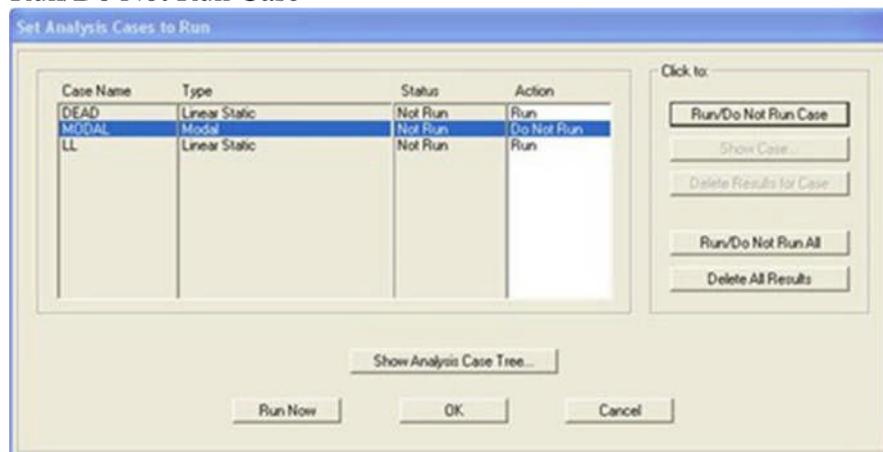
2) Pilih menu Analyze – Set Analysis Options, sehingga akan muncul kotak dialog Analysis Options



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

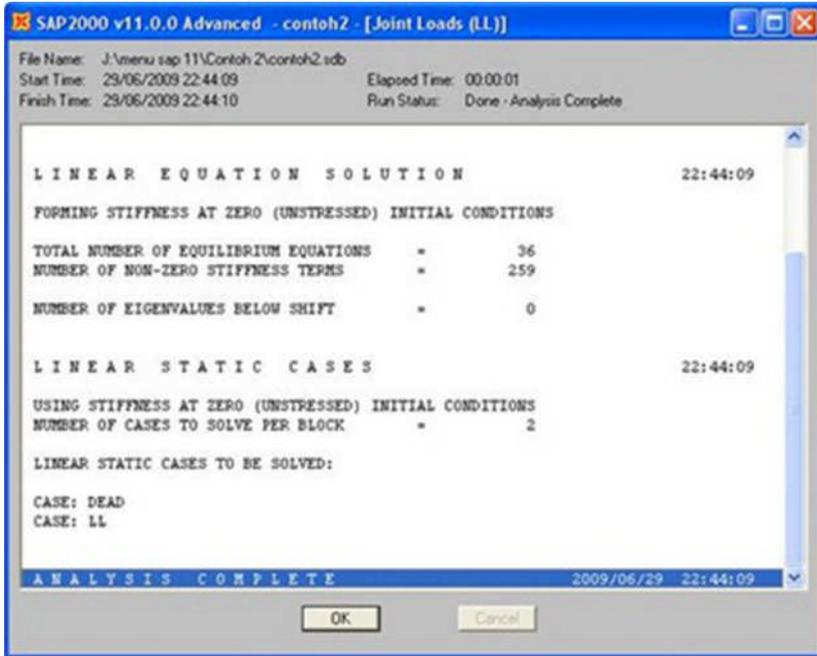
4) Klik OK

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

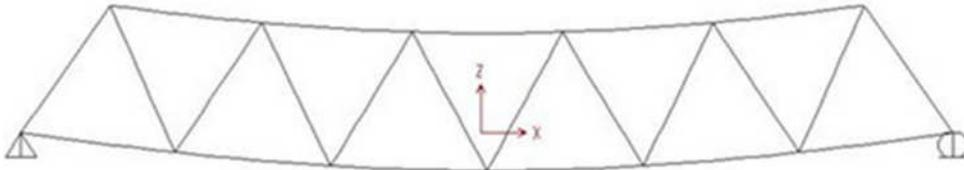


6) Klik Run Now, Proses analisis sedang berlangsung

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



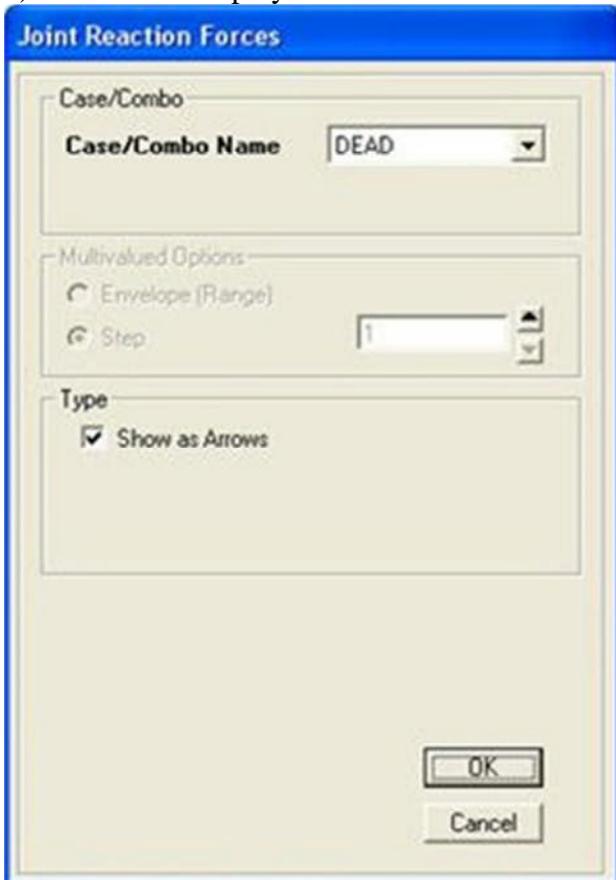
8) Klik OK, maka akan tampil bentuk struktur terdeformasi, seperti gambar di bawah ini



g. Menampilkan Hasil Analisis

1) Reaksi Perletakan

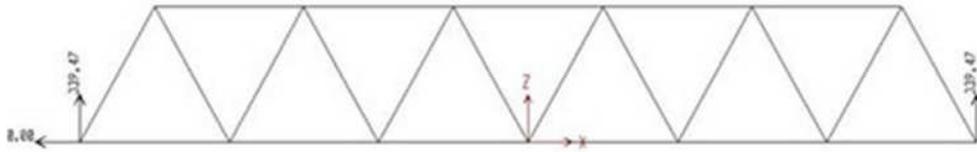
a) Pilih menu Display – Show Forces/Stresses Joints, akan tampil kotak dialog Joint Reaction Forces



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

c) Klik OK

d) Akan tampil gambar seperti di bawah ini :



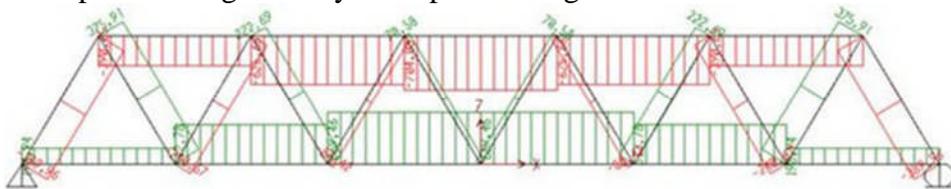
2) Gaya Normal, Lintang dan Momen

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

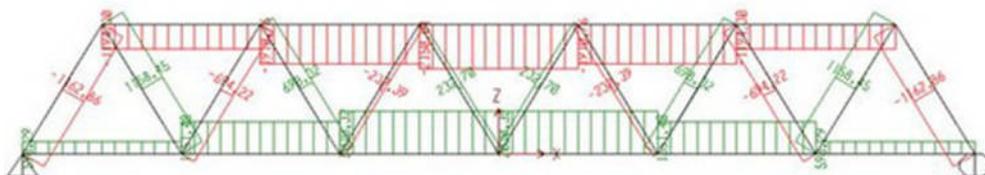
b) Pada Component, pilihan Axial untuk menampilkan gaya normal, pilihan Shear 2-2 untuk menampilkan gaya lintang; Moment 3-3 untuk menampilkan gaya momen.



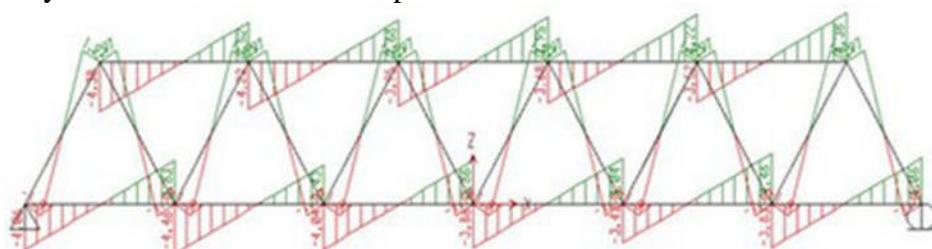
c) Pada Options, bila di klik pada Fill Diagram, maka gaya-gaya akan ditampilkan dalam bentuk gambar blok yang berwarna sesuai , bila pada Show Values on Diagram di klik maka nilainya akan ditampilkan dan gambarnya berupa arsiran garis.



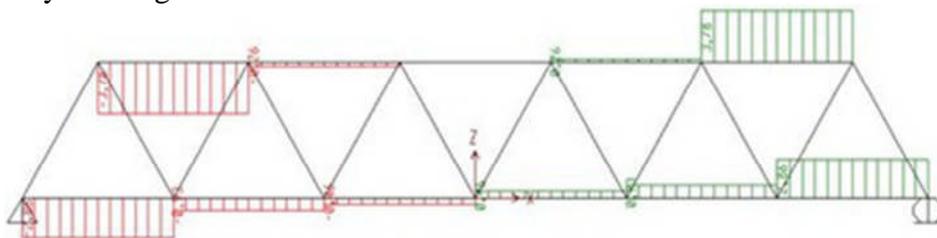
Gaya Aksial akibat beban mati



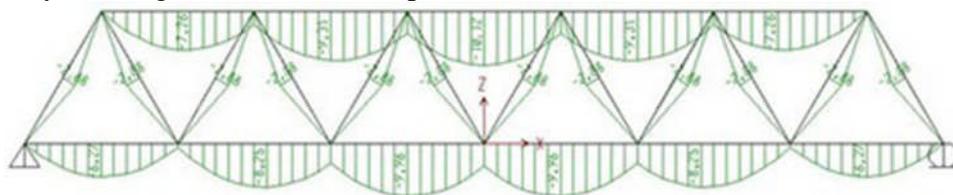
Gaya aksial akibat beban hidup



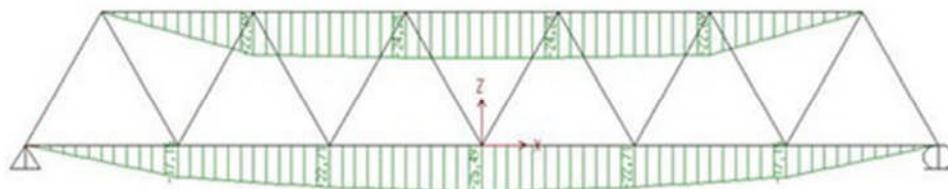
Gaya lintang akibat beban mati



Gaya lintang akibat beban hidup



Momen akibat beban mati



Momen akibat beban hidup

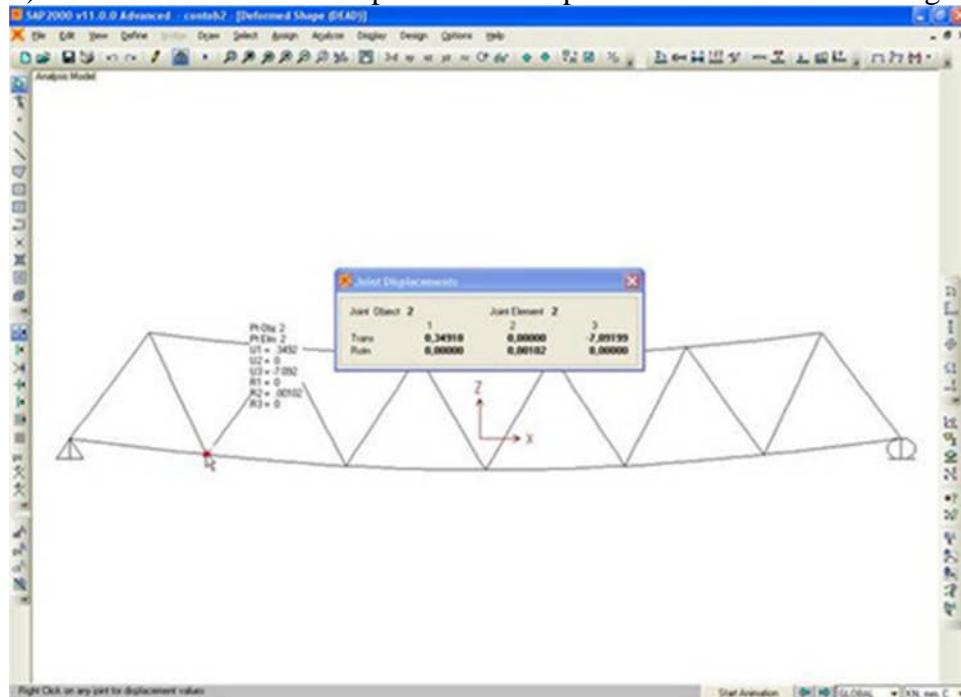
3) Nilai Displacement

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

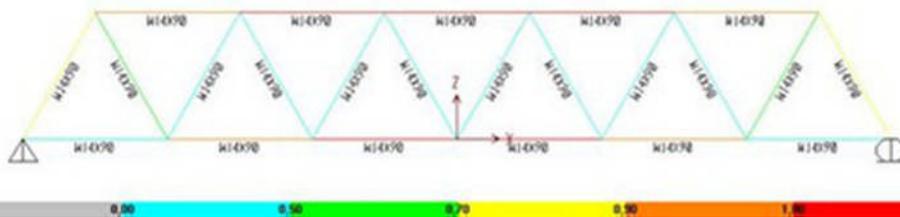


h. Pemeriksaan Tegangan

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: Modify/Show Overwrites (Overwrites), Display Details for Selected Item (Details), Display Complete Details (Tabular Data), OK, Cancel, Table Format File

5) Klik detail untuk mengetahui informasi lebih lengkap

Steel Stress Check Data (AISC-LRFD93)

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK
 Combo: DSTL2
 Units: KN, m, C

Frame: 3 Design Sect: W14x90
 E Mod: 200000 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: 2,100 Iyy: 1,000

Area: 8,017 SxMajor: 8,402 rxMajor: 8,154 WxMajor: 8,000
 SxMinor: 4,158E-06 SxMinor: 8,182E-06 rxMinor: 8,000 WxMinor: 8,011
 IxMinor: 1,580E-06 ZxMajor: 8,402 C: 100000000,00
 Iy: 8,000 ZyMinor: 8,402 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 |

FORM DESIGN/CAPACITY RATIOS

| Governing Equation (Eq. 16) | Total Ratio | P Ratio | MxMajor Ratio | MxMinor Ratio | VyRatio | Status | Check |
|-----------------------------|-------------|---------|---------------|---------------|---------|------------|-------|
| | 1,164 | 1,097 | 8,000 | 8,000 | 8,058 | Overstress | |

AXIAL FORCE DESIGN

| Px | phi*Pn | phi*Pn |
|----------|----------|----------|
| Force | Capacity | Capacity |
| 4051,872 | 2932,965 | 3092,896 |

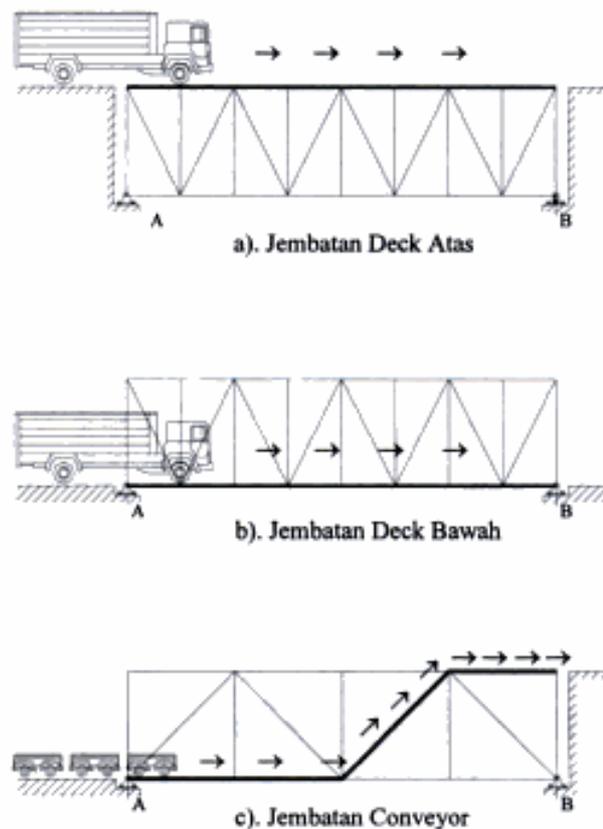
MOMENT DESIGN

| Mx | phi*Mn | Cm | B1 | B2 | R | L | Cb |
|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Moment | Capacity | Factor | Factor | Factor | Factor | Factor | Factor |
| 58,741 | 540,528 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,017 |
| 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.

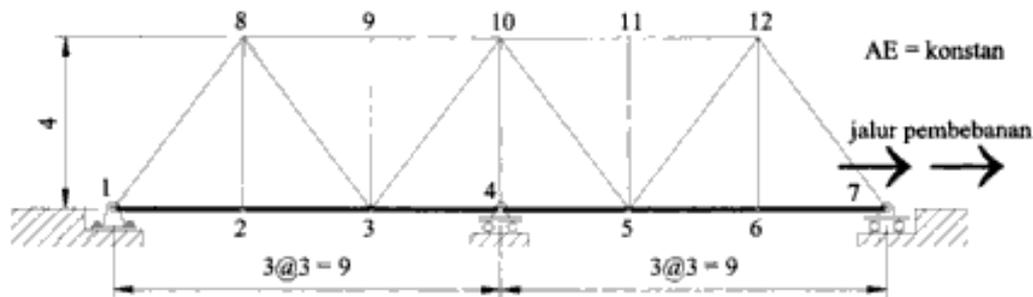


Gambar 4.8 Lintasan /Jalur Pembebanan

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)

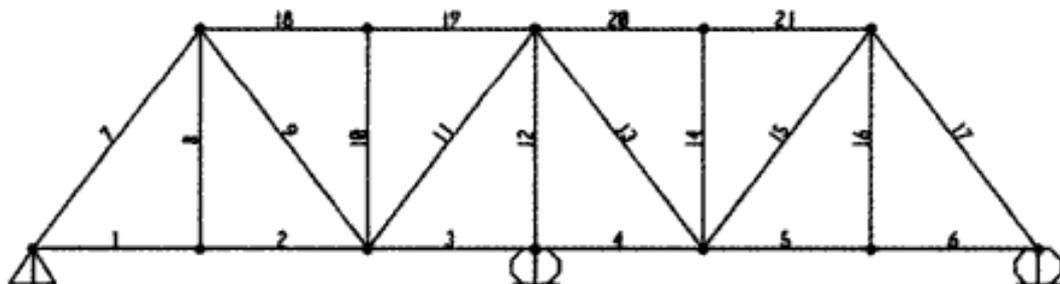


Gambar 4.9 Jembatan Rangka Statis Tak Tentu

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

Langkah-langkah penyelesaiannya adalah:

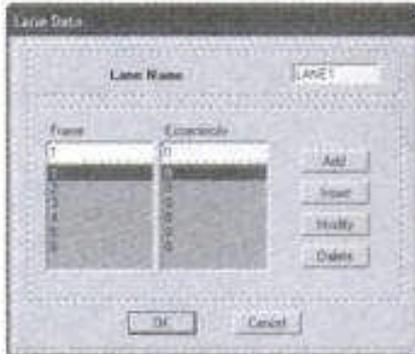
1. Tetapkan satuan **ton-m**.
2. Pilih template Vertical Truss (Number of Bays = 6; Height of Truss = 4; Truss Bay Length = 3). Kemudian dengan mouse pilih batang-batang yang tidak sesuai dengan model rencana dan hapus dengan tombol **Del**. Agar penomoran nodal dan element berurutan kembali, perbarui 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

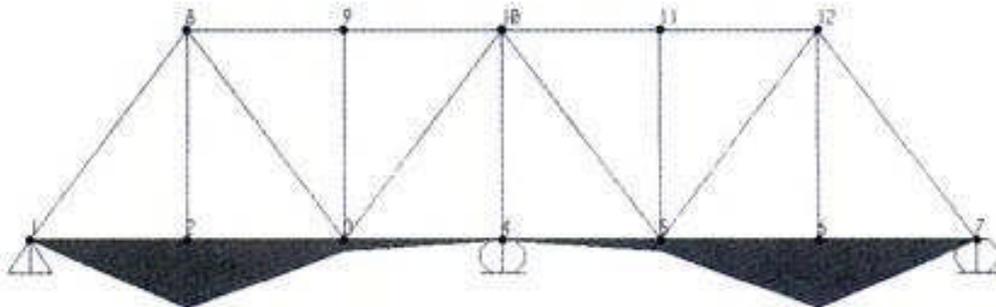
kondisi ujung element dengan Assign – Frame – Releases, dan aktifkan Frame Releases - Momen 33 (major) untuk semua ujung (Start – End).

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** – Load case - add new load - pilih type -moving load - pilih lane - pilih vehicle scale 1



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**.

| INDEX | POSITION | RESPONSE | VALUE |
|-------|----------|----------|-------------|
| 1 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| 1 | 0.75 | 0.75 | -8.1500E-03 |
| 1 | 1.50 | 1.50 | -1.4248E-02 |
| 1 | 2.25 | 2.25 | -2.6368E-02 |
| 1 | 3.00 | 3.00 | -3.2400E-02 |
| 2 | 0.00 | 3.00 | -1.2400E-01 |
| 2 | 0.75 | 3.75 | -2.5450E-02 |
| 2 | 1.50 | 4.50 | -1.3920E-02 |