KAPITA SELEKTA

ANALISA STATIS PORTAL BIDANG DENGAN CARA ELEMEN HINGGA

* Liem Bik Siong
* Gunawan T.S.
* Lilik Winarni

Karya Ilmiah Mahasiswa
Universitas Katolik Parahyangan 1979

7

LEMBAGA PENYELIDIKAN ILMIAH
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
Jl. Merdeka 19, Tilp. 58951 Bandung

LPI

KAPITA SELEKTA

ANALISA STATIS PORTAL BIDANG DENGAN CARA ELEMEN HINGGA

Dosen Pembimbing :

IR. NY. WINARNI HADIPRATOMO

O l e h :

1.	LIEM BIK SIONG	41712159
2.	GUNAWAN T. S.	4174047
3.	LILIK WINARNI	4174150

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL

BANDUNG

1979

PRAKATA

Karya ilmiah mahasiswa ini diperbanyak dengan maksud untuk merangsang penulisan karya ilmiah yang baik dan bermutu. Diharapkan, dosen dan fakultas membicarakan masalah karya ilmiah mahasiswa ini agar akhirnya tercapai suatu standar penulisan yang sungguh baik dan bermutu.

Kapita Selekta ini dinilai paling baik diantara kapita selekta dari Fakultas Teknik bagian Sipil untuk tahun 1979.

Lembaga Penyelidikan
Ilmiah Unpar

KATA PENGANTAR

Untuk melengkapi pendidikan sarjana Teknik Sipil di Universitas - Katolik Parahyangan Bandung, maka para mahasiswa diwajibkan untuk menyelesaikan tugas Kapita Selekta sebagai tugas akhir.

Dalam kesempatan ini kami membahas mengenai Portal bidang yang ditinjau secara statis dengan menggunakan metode Elemen Hingga.

Karena perhitungan konstruksi ini cukup sulit yaitu dalam bentuk bentuk matriks yang berderajat tinggi, maka dibutuhkan bantuan Komputer untuk mendapatkan hasil akhirnya.

Kami menyampaikan banyak terimakasih kepada pembimbing kami yaitu Ibu Ir. Winarni Hadipratomo atas semua bimbingannya sehingga kami dapat menyelesaikan tugas ini. Juga kepada saudara Agus Kanda atas bantuannya dalam memberikan saran-saran mengenai pembuatan program Komputer.

Bandung, September 1979

Penyusun

DAFTAR NOTASI

$\{a\}$ = Matriks yang berisi parameter pada persamaan polinomial.

A = Luas penampang melintang elemen.

$[A]$ = Matriks yang mentransformasikan hubungan persamaan umum dan 'nodal displacement'.

b = Lebar pada 'beam element'

$[B]$ = Matriks yang mentransformasikan hubungan strain dan 'displacement'.

$[D]$ = Matriks yang berisi modulus elastisitas 'E'.

$\{\delta\}$ = Matriks 'displacement'.

$\{\delta^e\}$ = Matriks 'displacement' tiap elemen,untuk sistim koordinat lokal.

$\{\bar{\delta}^e\}$ = Matriks 'displacement' tiap elemen, untuk sistim koordinat global.

$\{\delta^{*e}\}$ = Matriks yang berisi berbagai macam 'nodal displacement'.

E = Modulus Elastisitas.

$\{\varepsilon\}$ = Vektor Strain.

h = Tinggi 'beam element'

$[H^e]$ = Matriks yang mentransformasikan hubungan antara tegangan dan 'displacement'.

I = Inersia balok.

I_p = Enersi Potensial total.

$[I]$ = Matriks satuan.

$[k]$ = Matriks kekakuan elemen pada sistim koordinat lokal.

$[\bar{k}]$ = Matriks kekakuan elemen pada sistim koordinat global.

$[K]$ = Matriks kekakuan total pada sistim koordinat lokal.

$[\bar{K}]$ = Matriks kekakuan total pada sistim koordinat global.

L = Panjang 'beam element' ; lebar bentang.

$\{P\}$ = Matriks gaya di'nodal point' pada sistim koordinat lokal.

$\{\bar{P}\}$ = Matriks gaya di 'nodal point' pada sistim koordinat global.

$\{Q\}$ = Gaya luar.

Q_x , Q_y

= Gaya luar dalam arah sumbu X dan Y berturut turut.

$[T]$ = Matriks transformasi dari koordinat lokal ke koordinat global.

= Vektor tegangan.

u = 'displacement' pada sumbu X. (koordinat lokal)

$\bar{u}$ = 'displacement' pada sumbu $\bar{X}$. (koordinat global)

v = 'displacement' pada sumbu Y. (koordinat lokal)

$\bar{v}$ = 'displacement' pada sumbu $\bar{Y}$. (koordinat global)

θ = 'displacement' pada bidang XY.

$[\phi]$ = Matriks koeffisien untuk 'displacement model'.

X,Y

= salib sumbu pada sistim koordinat lokal.

$\bar{X},\bar{Y}$

= salib sumbu pada sistim koordinat global.

BAB I . PENDAHULUAN.

Diantara sekian banyak konstruksi yang terdapat pada bidang Teknik Sipil, kami mencoba untuk membahas salah sebuah bentuk dasar yang paling sering dijumpai pada bangunan bertingkat yaitu portal. Portal ini ditinjau secara statis pada satu bidang dengan mempergunakan - Metode 'Finite Element' atau Elemen Hingga. Dengan makin berkembangnya pemakai komputer sebagai salah satu sarana penunjangnya, Metode Elemen Hingga akhir akhir ini banyak dipergunakan disegala bidang ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan teknik. Hal ini disebabkan karena disamping lebih praktis juga hasilnya yang cermat.

Secara singkat dasar dari Metode Elemen Hingga adalah idealisasi bentuk keseluruhan menjadi unit unit elemen kecil yang lebih sederhana serta bersifat ekivalen dengan bentuk semula.

Pada umumnya dari suatu konstruksi bangunan, yang telah diketahui adalah pembebanannya. Yang menjadi persoalan disini adalah pembagian dari perpindahan setiap titik hubungannya. Dengan dasar alasan tersebut maka kami pergunakan Metode Kekakuan dalam penjabarannya.

Semoga pembahasan yang serba singkat ini dapat memberikan sekedar gambaran tentang pemakaian Metode Elemen Hingga dalam analisa Statis Portal bidang.

BAB II. TEORI ELEMEN HINGGA

Telah kita ketahui bahwa Metode Elemen Hingga adalah berdasar pada suatu prinsip umum yaitu 'going from part to whole'. Dibidang ilmu pengetahuan pengetrapan prinsip ini berupa usaha untuk mengetahui seluruh permasalahan secara lengkap dengan memahami benar benar setiap bagiannya secara mendetail.

Bertitik tolak dari hal tersebut diatas maka metode Elemen Hingga dimulai dengan menganggap bahwa suatu bentuk disusun oleh gabungan unit unit yang lebih kecil yang ekivalen. Yaitu ekivalen dalam hal bentuk serta kondisi dasar dari unit unit itu.

Sebelum kita mulai dengan penggunaan Metode Elemen Hingga ini pada bidang konstruksi, terlebih dahulu perlu diketahui beberapa kondisi dasar suatu konstruksi. Kondisi kondisi dasar itu adalah sebagai berikut:

1. The equilibrium of forces.
2. The compatibility of displacement.
3. The laws of material behaviour.

Gaya dalam yang timbul akibat bekerjanya beban luar harus memenuhi prinsip keseimbangan. Persoalan konstruksi statis tertentu dapat diselesaikan dengan menggunakan kondisi dasar pertama dan otomatis kondisi kedua dan ketiga akan dipenuhi. Tetapi untuk statis taktentu ketiga kondisi itu perlu ditinjau. 'Compatibility' adalah keselarasan gerak dari semua titik pada konstruksi. Biasanya kondisi 'compatibility' yang diperhatikan adalah pada titik pertemuan. Dan konstruksi yang ditinjau - kesemua materinya bersifat elastis linier jadi mengikuti hukum Hooke.

Untuk menyelesaikan persoalan dengan menggunakan Metode Elemen Hingga, langkah pertamanya adalah mempelajari mengenai 'individual element', kemudian baru menginjak pada langkah kedua yakni bagaimana - caranya menggabungkan kembali masing masing elemen sehingga menjadi konstruksi keseluruhan.

Berikut ini adalah prosedur Analisa Elemen Hingga secara umum.

1. 'Discretization' dari 'continuum'.

'Continuum' adalah bentuk physik dari struktur atau benda yang dianalisa.

'Discretization' dapat digambarkan secara sederhana berupa cara membagi suatu bentuk dalam bagian bagian yang lebih kecil yang ekivalen yang disebut Elemen Hingga. Pemilihan bentuk Elemen Hingga itu tergantung pada geometri bentuk struktur dan juga dari jumlah koordinat ruangnya. Maka bentuk Elemen Hingga dapat berdimensi 1, 2 dan 3.

a. Elemen berdimensi satu

Bila bentuk geometri, sifat benda juga variabel yang berhubungan seperti 'displacement', semuanya dapat dinyatakan dalam batas batas dari sebuah koordinat ruang yang bebas, maka elemen yang dipilih adalah elemen berdimensi satu.

Type elemen ini pada analisa dapat diidealisir seperti gambar diatas.

Untuk analisa 'frame structure' maka elemen yang dipilih adalah elemen yang berdimensi satu, karena pemilihan dimensi elemen adalah dengan cara bagaimanakah elemen itu saling berhubungan.

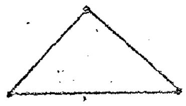
Sebagai tambahan, persoalan elemen satu dimensi adalah sangat sederhana tetapi merupakan batu loncatan yang sangat berguna untuk mengembangkan pengetahuan tentang Metode Elemen Hingga selanjutnya.

Elemen satu dimensi dapat ditunjukkan oleh suatu garis lurus, yang bermula dan berakhir pada 'nodal points'.

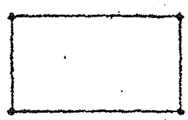
'Nodal point' diberi nomor misalnya: 1, 2 dan seterusnya. Titik titik ini disebut 'external nodes', karena titik titik ini berhubungan dengan elemen yang terdekat.

b. Elemen berdimensi dua.

Biasanya elemen berdimensi dua dipakai untuk persoalan persoa- 'solid mechanics'. Bentuk dasar dari elemen berdimensi dua adalah segitiga. Bentuk bentuk sederhana dari elemen berdimensi 2 adalah sebagai berikut :



elemen segitiga

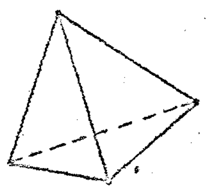


elemen segiempat

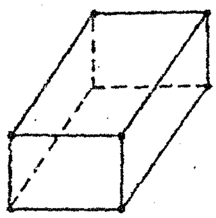
c. Elemen berdimensi tiga.

Tetrahedron adalah dasar untuk Elemen berdimensi tiga.

Gambarnya adalah sebagai berikut :



Tetrahedron



Rectangular prism

2. Menentukan 'displacement models'

Dasar dari pemilihan 'displacement model' (fungsi 'displacement') adalah pendekatan pendekatan yang sesuai dengan kenyataan. Untuk problim yang rumit penyelesaiannya adalah dengan membagi tiap bagian dari konstruksi menjadi beberapa sub bagian yang masing masing masih berhubungan dengan konstruksi pokok yang kemudian pendekatannya diwujudkan dalam fungsi yang relatif lebih sederhana. Fungsi yang sederhana itu digunakan untuk mengasumsi pendekatan 'displacement' dari tiap elemen. Fungsi ini dinamakan 'displace -

ment model' (fungsi displacement)

Fungsi 'displacement' dapat dinyatakan dalam bermacam macam bentuk yang sederhana, seperti polinomial dan fungsi trigonometri. Karena polinomial lebih mudah digunakan maka bentuk tersebut sering dipergunakan.

Tiga faktor yang saling berhubungan yang mempengaruhi pemilihan dari fungsi 'displacement'.

a. Type dan derajat dari fungsi 'displacement' harus dipilih.

b. Besarnya 'displacement' ditempat tempat tertentu yang menggambarkan fungsi harus dipilih. Biasanya dipilih 'displacement' di 'nodal point'. Tapi bisa juga dari 'displacement' pada beberapa titik atau semuanya.

c. Model harus menghasilkan pendekatan persamaan yang benar.

3. Menentukan Matriks Kekakuan Elemen.

Matriks kekakuan terdiri dari koefisien koefisien persamaan keseimbangan yang berasal dari sifat sifat material dan geometri dari suatu elemen yang dibentuk dengan menggunakan prinsip kerja virtuil. Kekakuan menghubungkan 'displacement' ('nodal displacement') pada 'nodal points' dengan gaya yang bekerja pada 'nodal points'. ('nodal force'). Distribusi gaya yang bekerja pada struktur diubah menjadi gaya terpusat yang ekivalen pada 'nodes'.

Hubungan keseimbangan antara matriks kekakuan $[k]$, vektor gaya pada 'nodal' $\{P\}$ dan vektor 'nodal displacement' $\{\delta\}$ dinyatakan dalam persamaan : $\{P\} = [k]\{\delta\}$

Elemen elemen dari matriks kekakuan disebut koeffisien pengaruh. Dikatakan bahwa kekakuan dari suatu konstruksi adalah suatu koefisien pengaruh yang memberikan gaya pada satu titik dari konstruksi sehubungan dengan 'unit displacement' dari titik yang sama atau yang berbeda.

Contoh:

Lihat gambar dibawah ini:

Sebuah batang sederhana yang ditengahnya terdapat per. Pada kedua ujung 'nodes'nya (titik 1 dan 2) dapat berpindah, lagi pula dapat dikerjakan gaya gaya. Anggapan ini disesuaikan dengan sebuah batang yang dilepas dari sistim struktur lengkapnya, yang mempunyai sifat sifat sama dengan anggapan diatas.

P_1 dan P_2 adalah gaya gaya yang bekerja dititik 1 dan 2.

u_1 dan u_2 adalah perpindahan pada titik 1 dan 2.

Matriks kolom gaya adalah : $\begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \end{Bmatrix}$ dan

Matriks perpindahannya : $\begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix}$

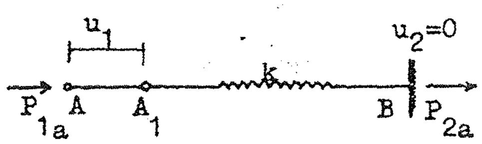
Matriks kekakuan dari per itu berderajat 2. Jadi persamaan didepan dapat ditulis sebagai :

$$\begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} \\ k_{21} & k_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix}$$

Untuk sementara ini pengertian dari masing masing unsur dalam matriks kekakuan belum dijelaskan.

Perjanjian tandanya : $-(P,u) \longleftarrow\!\!-\!-\!-\!-\, o \longrightarrow +(P,u)$

Untuk menyelesaikan soal pada gambar diatas maka dianggap dahulu titik A dapat bergerak sedangkan titik B diam.

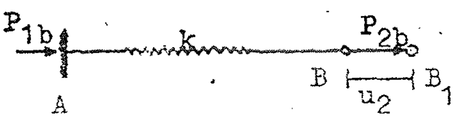


maka : $P_{1a} = k.u_1$

$P_{1a} + P_{2a} = 0$

$P_{2a} = -P_{1a} = k.u_1$

Kemudian titik B dapat bergerak sedangkan titik A diam.

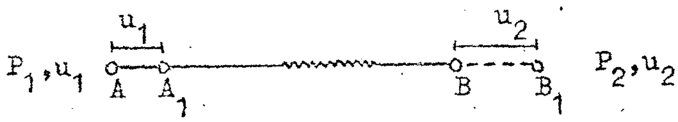


maka : $P_{2b} = k.u_2$

$P_{1b} + P_{2b} = 0$

$$P_{1b} = -P_{2b} = -k.u_2$$

Kombinasi keduanya didapatkan :



Pada titik A $\quad P_1 = P_{1a} + P_{1b} \quad P_1 = k.u_1 - k.u_2$

B $\quad P_2 = P_{2a} + P_{2b} \quad P_2 = -k.u_1 + k.u_2$

Dalam bentuk matriks menjadi :

$$\begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} k & -k \\ -k & k \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix}$$

Matriks kekakuan untuk batang tunggal dinotasikan sebagai :

$$[K] = \begin{bmatrix} k & -k \\ -k & k \end{bmatrix}$$

Untuk batang yang penampangnya seragam pada seluruh panjangnya maka harga k didapat dari hubungan dasar antara 'stress dan strain!

$$P_1 = \frac{AE}{L} u_1 \qquad k = \frac{AE}{L}$$

dimana : P_1 = gaya aksial $\quad$ E = modulus elastisitas

A = luas penampang $\quad$ L = panjang batang

u_1 = pertambahan panjang.

Bila batangnya seragam maka bentuk persamaan matriksnya menjadi :

$$\begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \end{Bmatrix} = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix}$$

Persamaan itu menyatakan hubungan antara gaya yang bekerja diujung batang serta perpindahannya. Kesemuanya dalam sistim koordinat lokal. Dan yang disebut Matriks kekakuan adalah :

$$[K] = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

Matriks kekakuan dari sebuah elemen tergantung dari :

a. 'Displacement Model'

c. Sifat materinya.

4. <u>Penggabungan dari persamaan persamaan aljabar untuk segenap 'discretized continuum'</u>.

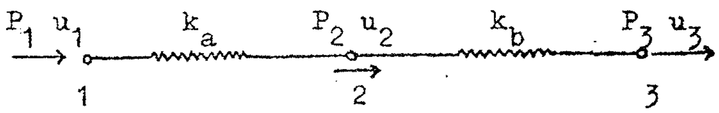
Proses ini termasuk penggabungan dari matriks kekakuan global yang berasal dari masing masing matriks kekakuan elemen dan vek - tor gaya yang berasal dari vektor 'nodal force' pada elemen. Biasanya dasar penggabungan ini adalah hubungan antara 'nodal'nya karena 'displacement' dari suatu 'nodal' pada elemen yang berba - tasan (disampingnya) selalu sama.

Hubungan keseimbangan keseluruhan antara matriks kekakuan total $[K]$, vektor beban total $\{P\}$ dan vektor 'nodal displacement'to tal untuk seluruh bentuk sekali lagi akan berupa persamaan :

$$\{P\} = [K]\,\{\delta\}$$

Persamaan ini dapat diselesaikan dengan memasukkan 'boundary condition' konstruksi.

Contoh :



Dengan cara superposisi akan didapat :

Elemen 1-2

$$\begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} k_a & -k_a \\ -k_a & k_a \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix} \qquad \begin{Bmatrix} P_2 \\ P_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} k_b & -k_b \\ -k_b & k_b \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_2 \\ u_3 \end{Bmatrix}$$

Bila matriks dari kedua Elemen tersebut dijumlahkan maka :

$$\begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} k_a & -k_a & 0 \\ -k_a & k_a & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & k_b & -k_b \\ 0 & -k_b & k_b \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{Bmatrix} =$$

$$\{P\} = \underbrace{\begin{bmatrix} k_a & -k_a & 0 \\ -k_a & k_a+k_b & -k_b \\ 0 & -k_b & k_b \end{bmatrix}}_{\text{matriks kekakuan elemen}} \underbrace{\begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{Bmatrix}}_{\text{matriks peralihan}}$$

5. <u>Penyelesaian untuk 'displacement' yang tak diketahui.</u>

Persamaan persamaan aljabar dalam step 4 selanjutnya dipergunakan untuk menghitung 'displacement' yang tidak diketahui.

6. <u>Menghitung strain dan tegangan elemen dari 'nodal displacement'.</u>

Untuk analisa konstruksi besaran pokok yang diinginkan adalah 'nodal displacement'. Sedangkan besaran besaran lain seperti tegangan dan strain dapat dihitung dari besaran pokok 'nodal displacement' tersebut.

BAB III. ANALISA STATIS PORTAL BIDANG

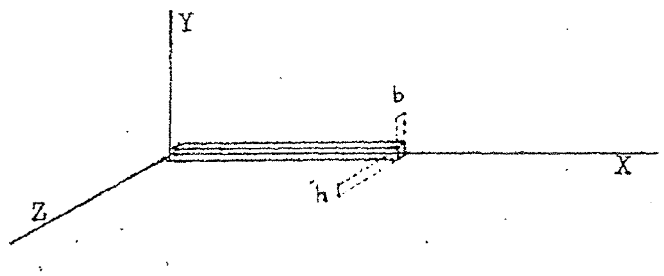
Interpretasi dasar yang pokok dari Elemen Hingga adalah penggambaran secara fisik dari bentuk dan konstruksi sebagai suatu gabungan yang disusun oleh elemen elemen blok bangunan yang saling berhubungan pada 'nodal point'.

1. Bentuk elemen yang dipilih.

Untuk analisa portal bidang anggapan fisiknya berasal dari teknik idealisasi lama dalam analisa 'framed structure'.

Maka dipilih 'beam element' yang merupakan perluasan dari 'bar element' jadi merupakan elemen berdimensi satu.

Pada 'bar element' biasanya digambarkan sebagai satu garis lurus. Demikian juga dengan 'beam element' hanya disini elemen mempunyai lebar sebesar b dan tinggi h. Sistim koordinat yang dipakai adalah koordinat bidang karena perhitungan disini untuk portal bidang. Lihat gambar berikut ini



2. Pemilihan fungsi 'displacement'

'Displacement model' yang dipilih adalah berbentuk persamaan polinomial yaitu :

$$V(x) = a_1 + a_2 x + a_3 x^2 + a_4 x^3 \ldots\ldots + a_{n+1} x^n$$

Alasan pemilihan bentuk persamaan diatas karena

a. Mudah dioperasikan secara matematis.

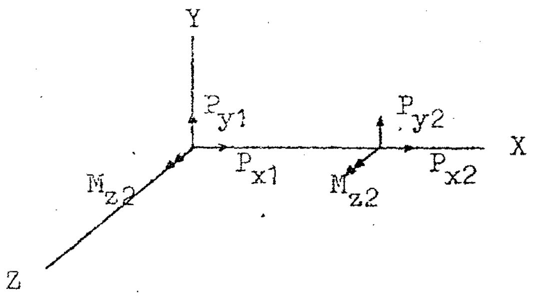
b. persamaannya mendekati keadaan sebenarnya.

3. <u>Matriks kekakuan elemen.</u>

Langkah langkah untuk menentukan matriks kekakuan elemen adalah sebagai berikut :

a. Tinjauan persoalan.

Dimulai dengan memilih sistim koordinat lokal yang sesuai dan memberikan nomor untuk setiap titik pada elemen.
'Degree Of Freedom' (disingkat D.O.F.) ditentukan dari jumlah total 'displacement' yang akan dicari dari konstruksi. Selanjutnya jumlah 'nodal displacement vector' dan 'nodal load vector' sama banyaknya dengan jumlah D.O.F.
Matriks kekakuan elemen $[k]$ untuk tiap elemen tunggal ditentukan dengan persamaan : $\{p\} = [k] \{\delta\}$
Khusus untuk 'beam element' anggapannya adalah penampang melintangnya seragam untuk seluruh panjangnya yang merupakan bagian dari konstruksi lengkap.



Gambar III.3.1.

Gaya aksial P_x mengakibatkan aksial 'displacement' u sepanjang sumbu X. Digambarkan sebagai vektor dengan satu ujung panah. Arah kekanan negatip.
Gaya vertikal P_y mengakibatkan 'shear displacement' v sepanjang sumbu Y. Digambarkan sebagai vektor dengan satu ujung panah. Arah keatas negatip.
Momen M_z mengakibatkan rotasi θ_z berporos pada sumbu Z dibidang XY. Digambarkan sebagai vektor dengan dua ujung anak pa-

vektor tegak lurus bidang XY (=bidang gambar).

Jadi untuk 'beam element' yang memiliki 2 'nodal', jumlah D.O.F. nya 6 buah. Hubungan antara momen serta gaya lintang dan aksial dapat dilihat pada gambar III.3.1.

Dititik 1 'displacement' nya dapat ditulis :

$$\left\{\delta_1^e\right\} = \begin{Bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ \theta_1 \end{Bmatrix}$$

Kemudian gaya serta momennya dapat ditulis :

$$\left\{P_1^e\right\} = \begin{Bmatrix} P_{x1} \\ P_{y1} \\ M_{z1} \end{Bmatrix}$$

Sehingga keseluruhannya dapat ditulis sebagai berikut

$$\left\{\delta_e\right\} = \begin{Bmatrix} \delta_1^e \\ \delta_2^e \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ \theta_1 \\ u_2 \\ v_2 \\ \theta_2 \end{Bmatrix} \quad \text{dan} \quad \left\{P_e\right\} = \begin{Bmatrix} P_1^e \\ P_2^e \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} P_{x1} \\ P_{y1} \\ M_{z1} \\ P_{x2} \\ P_{y2} \\ M_{z2} \end{Bmatrix}$$

Maka matriks kekakuan elemen berdimensi 6 kali 6.

b. Fungsi 'displacement'

Seperti telah dijelaskan didepan fungsi 'displacement' dinyatakan dalam persamaan polinomial dan karena dimaksudkan untuk menunjukkan 'displacement' disetiap titik $\delta(x,y)$ dalam batas dari 'nodal displacement' $\{\delta^e\}$ maka anggapan polinomialnya harus mengandung satu koeffisien yang tak diketahui untuk setiap D.O.F. pada elemen itu.

Keadaan 'displacement'nya pada setiap titik (x,y) dielemen itu dapat ditulis dalam bentuk matriks

$$\{\delta\ (x,y)\} = [f(x,y)]\ \{a\} \qquad ..(III.1.)$$

dimana $\{a\}$ adalah matriks kolom yang merupakan koeffisien yang belum diketahui itu.

Khusus untuk 'beam element' : setiap titiknya mengandung translasi u dan v serta rotasi θ_z . Jadi 'displacement vector'nya adalah :

$$\{\delta(x,y)\} = \begin{Bmatrix} u \\ v \\ \theta_z \end{Bmatrix}$$

Karena elemen memiliki 6 D.O.F. maka harus ada 6 koeffisien yang tak diketahui dalam polinomial 'displacement'nya.

Persamaan 'displacement' pada 'bar element'

$$u = a_1 + a_2X$$

$$v = a_3 + a_4X + a_5X^2 + a_6X^3$$

$$\theta_z = \frac{dv}{dx} = a_4 + 2a_5X + 3a_6X^2$$

Dari ketiga persamaan diatas dapat disusun matriks 'displacement' :

$$\{\delta(x,y)\} = \begin{Bmatrix} u \\ v \\ \theta_z \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & X & X^2 & X^3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2X & 3X^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{Bmatrix}$$

Ini adalah persamaan 'displacement' disetiap titik pada elemen. Harga a untuk sementara masih belum diketahui.

c. Nyatakan persamaan 'displacement' kedalam 'nodal displacement'

Keadaan umum: koeffisien dari fungsi 'displacement' $\{a\}$ sekarang dinyatakan dalam batas 'nodal displacement', caranya dengan mensubstitusikan posisi tiap titik dari elemen kedalam persamaan III.1.

Lihat gambar III.3.1.

Jadi untuk titik 1 :

$$\{\delta_1^e\} = \{\delta(x_1, y_1)\} = [f(x_1, y_1)] \{a\}$$

Dengan proses yang sama untuk titik titik yang lain sejumlah n titik;persamaan berbentuk:

$$\left\{\delta^e\right\} = \begin{Bmatrix} \delta_1^e \\ \delta_2^e \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \delta_n^e \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} [f(x_1,y_1)] \\ [f(x_2,y_2)] \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ [f(x_n,y_n)] \end{bmatrix} \left\{a\right\}$$

atau

$$\left\{\delta^e\right\} = [A] \left\{a\right\}$$

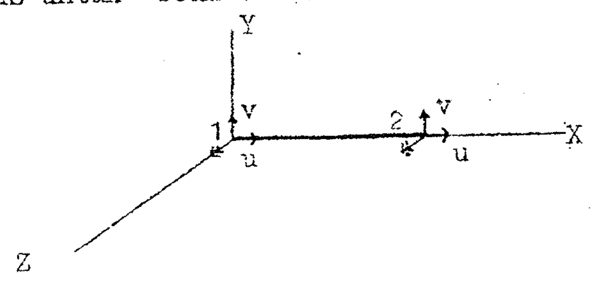
Karena matriks $[A]$ diketahui maka harga $\{a\}$ bisa dihitung dengan : $\{a\} = [A]^{-1} \left\{\delta^e\right\}$

Substitusikan$\{a\}$ pada persamaan III.1. akan memberi hubungan antara 'displacement' dari tiap tiap titik $\left\{\delta(x,y)\right\}$dengan'nodal displacement' $\left\{\delta^e\right\}$

didapat :

$$\left\{\delta(x,y)\right\} = [f(x,y)] [A]^{-1} \left\{\delta^e\right\} \quad .....(III.2)$$

Khusus untuk 'beam element'



$$u = a_1 + a_2X$$

$$v = a_3 + a_4X + a_5X^2 + a_6X^3$$

$$\theta = \frac{dv}{dx} = a_4 + 2a_5X + 3a_6X^2$$

Titik 1, X = 0 maka

$$u_1 = a_1 \; ; \; v_1 = a_3 \; ; \; \theta_{z1} = a_4$$

Titik 2, X = L maka

$$u_2 = a_1 + a_2L$$

$$v_2 = a_3 + a_4L + a_5L^2 + a_6L^3$$

$$\theta_{z2} = a_4 + 2a_5L + 3a_6L^2$$

Dalam bentuk matriks ditulis :

$$\{\delta^e\} = \begin{Bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ \theta_{z1} \\ u_2 \\ v_2 \\ \theta_{z2} \end{Bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & L & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & L & L^2 & L^3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2L & 3L^2 \end{bmatrix}}_{[A]} \begin{Bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{Bmatrix}$$

Karena tiap elemen mempunyai 6 D.O.F. maka matriks $[A]$ adalah 6 kali 6.

Matriks $[A]^{-1}$ dapat dihitung.

$$\underbrace{\begin{Bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{Bmatrix}}_{\{a\}} = \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{L} & 0 & 0 & \frac{1}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{3}{L^2} & -\frac{2}{L} & 0 & \frac{3}{L^2} & -\frac{1}{L} \\ 0 & \frac{2}{L^3} & \frac{1}{L^2} & 0 & -\frac{2}{L^3} & \frac{1}{L^2} \end{bmatrix}}_{[A]^{-1}} \underbrace{\begin{Bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ \theta_{z1} \\ u_2 \\ v_2 \\ \theta_{z2} \end{Bmatrix}}_{\{\delta\}}$$

d. Hubungan antara strain dan 'displacement'.

Strain $\varepsilon(x,y)$ pada titik (x,y) berhubungan dengan 'displacement' $\delta(x,y)$ pada titiknya, maka juga berarti berhubungan dengan 'nodal displacement'nya.

Strain pada setiap titik dari suatu elemen dapat dibentuk dengan cara mendeferensialkan fungsi 'displacement' yang telah dipilih.

Bentuk yang tepat dari deferensiasi ini tergantung dari macam-

Bentuk umum: $\{\varepsilon(x,y)\} = \{\text{differensial dari } \delta(x,y)\}$

Bentuk dari persamaan diatas dapat diterangkan dengan teori Elastisitas.

Dari persamaan III.2 akan didapat :

$$\{\varepsilon(x,y)\} = [\text{differensial dari } f(x,y)]\,[A]^{-1}\,\{\delta^e\}$$

Jika matriks $[\text{differerensial } f(x,y)]$ diganti matriks $[C]$ maka persamaan menjadi

$$\{\varepsilon(x,y)\} = [C]\,[A]^{-1}\,\{\delta^e\}$$

Bila $[C][A]^{-1} = [B]$ maka $\{\varepsilon(x,y)\} = B\{\delta^e\}$ .....(III.3)

Khusus untuk 'beam element'

$$\{\varepsilon(x,y)\} = \frac{du}{dx} = - a_2 \qquad \text{akibat normal}$$

$$\{\varepsilon(x,y)\} = -\frac{d^2v}{dx^2} = -2a_5 Y - 6\,a_6\,XY \qquad \text{akibat momen}$$

Dalam persamaan matriks :

$$\{\varepsilon(x,y)\} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -2Y & -6XY \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{Bmatrix}$$

Karena $\{a\} = [A]^{-1}\{\delta^e\}$

Dengan substitusi persamaan $\{a\}$ kedalam persamaan diatas, didapat .

$$\{\varepsilon(x,y)\} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -2Y & -6XY \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{L} & 0 & 0 & \frac{1}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{3}{L^2} & -\frac{2}{L} & 0 & \frac{3}{L^2} & -\frac{1}{L} \\ 0 & \frac{2}{L^3} & \frac{1}{L^2} & 0 & -\frac{2}{L^3} & \frac{1}{L^2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ \theta_{z1} \\ u_2 \\ v_2 \\ \theta_{z2} \end{Bmatrix}$$

Hasil dari perkalian matriks diatas adalah sebagai berikut :

$$\{\varepsilon(x,y)\} = \begin{bmatrix} \frac{1}{L} & 0 & 0 & -\frac{1}{L} & 0 & 0 \\ 0 & (\frac{6}{L^2} - \frac{12X}{L^3})Y & (\frac{4}{L} - \frac{6X}{L^2})Y & 0 & (-\frac{6}{L^2} + \frac{12X}{L^3})Y & (\frac{2}{L} - \frac{6X}{L^2})Y \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ \theta_{z1} \\ u_2 \\ v_2 \\ \theta_{z2} \end{Bmatrix}$$

matriks $[B]$

Strain diujung 'beam element' bagian atas $Y = \frac{1}{2} h$

Strain diujung 'beam element' bagian bawah $Y = -\frac{1}{2} h$

e. Hubungan antara tegangan dan 'strain'.

Tegangan dalam (internal stress) $\{\sigma(x,y)\}$ yang terjadi dalam elemen berhubungan dengan strain nya $\{\varepsilon(x,y)\}$. Karena antara tegangan dalam dan 'nodal displacement' sudah diketahui, maka tegangan $\{\sigma(x,y)\}$ dapat dihubungkan dengan 'nodal displacement' nya.

Dengan memasukkan elastisitas dari elemen didapat :

$$\{\sigma(x,y)\} = [D] \{\varepsilon(x,y)\}$$

Dimana $[D]$ adalah matriks elastisitas yang berisi sifat sifat dari elastisitas.

Dari persamaan III.3 diketahui

$$\{\varepsilon(x,y)\} = [B] \{\delta^e\}$$

Maka didapat

$$\{\sigma(x,y)\} = [D] [B] \{\delta^e\} \qquad \text{........(III.4)}$$

Untuk 'beam element' maka tegangan dalam $\{\sigma(x,y)\}$ dan strain $\{\varepsilon(x,y)\}$ berhubungan dengan momen dalam M_z dan dengan lengkung $-\frac{d^2v}{dx^2}$.

Jadi $M_z = -EI \frac{d^2v}{dx^2}$ (Hubungan ini dibentuk dari teori momen yang sederhana, yang disebut $\frac{M}{I} = \frac{f}{z} = \frac{E}{R}$ dimana lengkung $\frac{1}{R}$ didekati dengan $-\frac{d^2v}{dx^2}$).

Dari $\sigma = \varepsilon . E$ matriks D berisi :

$$D = \begin{bmatrix} E & 0 \\ 0 & E \end{bmatrix}$$

Maka persamaan III.4 menjadi :

$$\{\sigma(x,y)\} = \begin{bmatrix} E & 0 \\ 0 & E \end{bmatrix} [B] . \{\delta^e\} \; ; \quad \text{dimana } [B] \text{ dan } \{\delta^e\} \text{ adalah}$$

$$\underbrace{\begin{bmatrix} \frac{1}{L} & 0 & 0 & -\frac{1}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \left(\frac{6}{L^2} - \frac{12X}{L^3}\right)Y & \left(\frac{4}{L} - \frac{6X}{L^2}\right)Y & 0 & \left(-\frac{6}{L^2} + \frac{12X}{L^3}\right)Y & \left(\frac{2}{L} - \frac{6X}{L^2}\right)Y \end{bmatrix}}_{\text{matriks } [B]} \underbrace{\begin{Bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ \theta_{z1} \\ u_2 \\ v_2 \\ \theta_{z2} \end{Bmatrix}}_{\{\delta^e\}}$$

Tegangan (σ_a) elemen bagian atas untuk $Y = \frac{1}{2} h$

Tegangan (σ_b) elemen bagian bawah untuk $Y = -\frac{1}{2} h$

f. Hubungan 'nodal loads' dengan 'nodal displacements'

Mengganti tegangan dalam $\{\sigma(x,y)\}$ dengan 'statically equiva - lent nodal forces' $\{P^e\}$. Dari akibat hubungan 'nodal loads'dan 'nodal displacement' $\{\delta^e\}$ dapat ditentukan matriks kekakuan elemen $[K]$

Prinsip dari usaha virtuil digunakan untuk menentukan kumpulan dari 'nodal loads' yang secara statis sama dengan akibat tegangan dalam.

Kondisi eqivalen dapat dijelaskan sebagai berikut :

setiap 'virtuil displacement' yang terjadi pada elemen, usaha luar total akibat 'nodal loads' sama dengan usaha dalam total akibat tegangan.

$$\left\{\delta^{*e}\right\} = \begin{Bmatrix} \delta_1^{*e} \\ \delta_2^{*e} \\ \cdot \\ \cdot \\ \delta_n^{*e} \end{Bmatrix}$$

Usaha luar yang diakibatkan oleh 'nodal loads' disebut W_{ext}

$$W_{ext} = \left\{\delta_1^{*e}\right\}\left\{P_1^e\right\} + \left\{\delta_2^{*e}\right\}\left\{P_2^e\right\} \ldots\ldots + \left\{\delta_n^{*e}\right\}\left\{P_n^e\right\}$$

$$= \left\{\delta^{*e}\right\}^T \left\{P^e\right\} \qquad \ldots\ldots(III.5)$$

'Displacement' menyebabkan terjadinya strain $\varepsilon(x,y)$ dan tegangan $\sigma(x,y)$ pada suatu titik. Maka usaha dalam persatuan volume W_{int} adalah: $\left\{\varepsilon(x,y)^*\right\}^T \left\{\sigma(x,y)\right\}$

Total usaha dalam didapat dengan mengintegrasikan seluruh volume : $\int^{v} W_{int}\, d(vol) = \int^{v} \left\{\varepsilon(x,y)^*\right\}^T \left\{\sigma(x,y)\right\} d(vol)$.(III.6)

Dari persamaan strain yaitu $\left\{\varepsilon(x,y)\right\} = [B]\left\{\delta^e\right\}$ serta karena 'nodal displacement' yang terjadi adalah $\left\{\delta^{*e}\right\}$ maka persamaan menjadi: $\left\{\varepsilon(x,y)^*\right\} = [B]\left\{\delta^{*e}\right\}$

Dari persamaan (III.4) dimana $\left\{\sigma(x,y)\right\} = [D]\,[B]\left\{\delta^e\right\}$

Maka substitusi kedalam persamaan (III.6) didapat:

$$\int^{v} W_{int}\, d(vol) = \int^{v} \left\{\delta^{*e}\right\}^T [B]^T [D]\,[B]\left\{\delta^e\right\} d(vol)$$

Karena $W_{int} = W_{ext}$ maka

$$\left\{P^e\right\} = \left[\int^{v} [B]^T\,[D]\,[B]\,d(vol)\right]\left\{\delta^e\right\} \qquad (III.7)$$

Dengan membandingkan persamaan :

$$\left\{P^e\right\} = [k]\left\{\delta^e\right\}$$

Dihasilkan :

$$[k] = \int^{v} [B^T]\,[D]\,[B]\,d(vol) \qquad (III.8)$$

Jadi untuk 'beam element': oleh karena $\left\{\sigma(x,y)\right\}$ berhubungan dengan Momen persatuan panjang M_z maka untuk menghitung usaha dalam total kita harus mengintegrasikan hasil kali antara M_z dengan kurva yang bersangkutan untuk seluruh panjang elemen.

[illegible] 'beam element' mempunyai lebar b maka $\int^{v} d(vol)$ pada per samaan (III.8) harus diganti dengan $\int_{-\frac{1}{2}h}^{\frac{1}{2}h}\int_{0}^{L} dy\ dx$ sehingga:

$$\{P^e\} = \int_{-\frac{1}{2}h}^{\frac{1}{2}h}\int_{0}^{L} [B]^T\ [D]\ [B]\ \{\delta^e\}\ b\ dy\ dx$$

dengan semua komponen pada persamaan diatas telah diketahui semua. Alhasil matriks [k] adalah sebagai berikut :

$$[k] = \int_{-\frac{1}{2}h}^{\frac{1}{2}h}\int_{0}^{L} [B]^T\ [D]\ [B]\ b\ dy\ dx$$

Bila dituliskan secara lengkap matriks kekakuan elemen [k] =

(lihat halaman berikutnya)

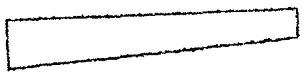
$$[k] = \int_{-\frac{1}{2}h}^{\frac{1}{2}h}\int_{0}^{L} \begin{bmatrix} \frac{1}{L} & 0 \\ 0 & (\frac{6}{L^2} - \frac{12X}{L^3})Y \\ 0 & (\frac{4}{L} - \frac{6X}{L^2})Y \\ \frac{-1}{L} & 0 \\ 0 & (\frac{-6}{L^2} + \frac{12X}{L^3})Y \\ 0 & (\frac{2}{L} - \frac{6X}{L^2})Y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{bE}{L} & 0 & 0 & \frac{-bE}{L} & 0 & 0 \\ 0 & bE(\frac{6}{L^2} - \frac{12X}{L^3})Y & bE(\frac{4}{L} - \frac{6X}{L^2})Y & 0 & bE(\frac{-6}{L^2} + \frac{12X}{L^3})Y & bE(\frac{2}{L} - \frac{6X}{L^2})Y \end{bmatrix} dx\, dy$$

$$[k] = EI \int_0^L \begin{bmatrix} \frac{A}{L^2 I} & 0 & 0 & \frac{-A}{IL^2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{36}{L^4} - \frac{144X}{L^5} + \frac{144X^2}{L^6} & \frac{24}{L^3} - \frac{84X}{L^4} + \frac{72X^2}{L^5} & 0 & \frac{-36}{L^4} + \frac{144X}{L^5} - \frac{144X^2}{L^6} & \frac{12}{L^3} - \frac{60X}{L^4} + \frac{72X^2}{L^5} \\ 0 & \frac{24}{L^3} - \frac{84X}{L^4} + \frac{72X^2}{L^5} & \frac{16}{L^2} - \frac{48X}{L^3} + \frac{36X^2}{L^4} & 0 & \frac{-24}{L^3} + \frac{84X}{L^4} - \frac{72X^2}{L^5} & \frac{8}{L^2} - \frac{36X}{L^3} + \frac{36X^2}{L^4} \\ \frac{-A}{L^2 I} & 0 & 0 & \frac{A}{IL^2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{-36}{L^4} + \frac{144X}{L^5} - \frac{144X^2}{L^6} & \frac{-24}{L^3} + \frac{84X}{L^4} - \frac{72X^2}{L^5} & 0 & \frac{36}{L^4} - \frac{144X}{L^5} + \frac{144X^2}{L^6} & \frac{-12}{L^3} + \frac{60X}{L^4} - \frac{72X^2}{L^5} \\ 0 & \frac{12}{L^3} - \frac{60X}{L^4} + \frac{72X^2}{L^5} & \frac{8}{L^2} - \frac{36X}{L^3} + \frac{36X^2}{L^4} & 0 & \frac{-12}{L^3} + \frac{60X}{L^4} - \frac{72X^2}{L^5} & \frac{4}{L^2} - \frac{24X}{L^3} + \frac{36X^2}{L^4} \end{bmatrix} dx$$

$$
\left[k\right] = \begin{bmatrix}
\frac{AE}{L} & 0 & 0 & \frac{-AE}{L} & 0 & 0 \\
0 & \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{-12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} \\
0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & 0 & \frac{-6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \\
\frac{-AE}{L} & 0 & 0 & \frac{AE}{L} & 0 & 0 \\
0 & \frac{-12EI}{L^3} & \frac{-6EI}{L^2} & 0 & \frac{12EI}{L^3} & \frac{-6EI}{L^2} \\
0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & 0 & \frac{-6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L}
\end{bmatrix}
$$

Ini adalah matriks kekakuan untuk setiap elemen pada koordinat lokal.

Catatan:



Bila dijumpai persoalan yang memakai balok dengan 'voute' maka untuk harga I (momen Inersia) dan A (luas penampang melintang) diambil harga rata ratanya.

3. Hubungan antara tegangan dan 'displacement'

Menetapkan 'stress displacement' matriks $\{H\}$ yang menghubung - kan tegangan dalam (internal stress) dengan 'nodal displace - ment'nya. Kita lihat dari persamaan (III.4)

$$\{\sigma(x,y)\} = [D]\,[B]\,\{\delta^e\}$$

$$\{\sigma(x,y)\} = [H]\;\{\delta^e\}$$

Maka matriks $[H] = [D]\,[B]$

Matriks $[H]$ mengandung x dan y maka akan memberikan hubungan tegangan disetiap titik X dan Y didalam elemen dengan 'nodal displacement'nya.

Maka untuk 'beam element' dari persamaan $[H] = [D]\,[B]$ akan didapat:

$$H = \begin{bmatrix} \frac{E}{L} & 0 & 0 & -\frac{E}{L} & 0 & 0 \\ 0 & EY\left(\frac{6}{L^2} - \frac{12X}{L^3}\right) & EY\left(\frac{4}{L} - \frac{6X}{L^2}\right) & 0 & EY\left(\frac{-6}{L^2} + \frac{12X}{L^3}\right) & EY\left(\frac{2}{L} - \frac{6X}{L^2}\right) \end{bmatrix}$$

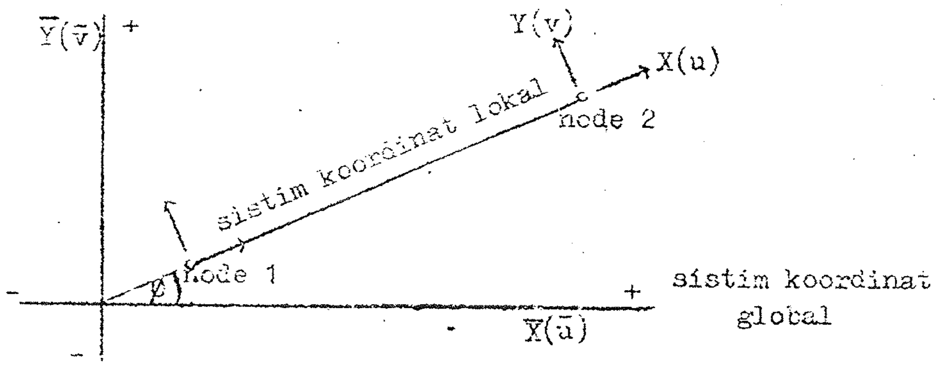
Dengan memasukkan koordinat elemen yakni 0 dan L maka matriks $[H]$ berubah menjadi matriks H^e

$$[H^e] = \begin{bmatrix} \frac{E}{L} & 0 & 0 & -\frac{E}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{6EY}{L^2} & \frac{4EY}{L} & 0 & -\frac{6EY}{L^2} & \frac{2EY}{L} \\ \frac{E}{L} & 0 & 0 & -\frac{E}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{6EY}{L^2} & -\frac{2EY}{L} & 0 & \frac{6EY}{L^2} & -\frac{4EY}{L} \end{bmatrix}$$

4. Mengubah Matriks kekakuan Elemen dari sistim koordinat Lokal kesistim koordinat Global.

Yang dimaksudkan dengan koordinat lokal ialah koordinat yang salah satu sumbunya berimpit dengan sumbu elemen. Biasanya pada suatu bangunan terdapat banyak batang yang arahnya tidak seragam, membentuk sudut dan sebagainya.

Untuk mendapatkan matriks kekakuan dari seluruh bangunan, maka matriks kekakuan masing masing elemen k yang sudah dihitung harus ditransformasikan kedalam sistim koordinat global, disebut $\bar{K}$.



Lihat gambar diatas.

Untuk sistim koordinat lokalnotasi yang dipakai adalah X dan Y , sedangkan untuk Translasinya u dan v, gaya aksial P_x dan P_y serta rotasinya tetap untuk kedua sistim. Sudut $\emptyset$ disebut positip bila berarah berlawanan dengan jarum jam, diukur dari sumbu $\bar{X}$.

Kemudian untuk koordinat Global notasi yang dipakai adalah $\bar{X}$ dan $\bar{Y}$, untuk translasinya $\bar{u}$ dan $\bar{v}$, gaya aksial $\bar{P}_x$ dan $\bar{P}_y$.

Untuk 'beam element' yang mempunyai 3 D.O.F. yaitu :

a. rotasi pada bidang XY akibat momen yang berputar pada sumbu Z.

b. Translasi akibat gaya aksial pada sumbu X.

c. Translasi akibat gaya lintang pada sumbu Y.

Hubungan antara koordinat lokal dan global untuk ketiga D.O.F. itu adalah sebagai berikut :

$$P_{x1} = \bar{P}_{x1}\cos\emptyset + \bar{P}_{y1}\sin\emptyset$$
$$P_{y1} = -\bar{P}_{x1}\sin\emptyset + \bar{P}_{y1}\cos\emptyset$$
$$M_{z1} = \bar{M}_{z1}$$
$$P_{x2} = \bar{P}_{x2}\cos\emptyset + \bar{P}_{y2}\sin\emptyset$$
$$P_{y2} = -\bar{P}_{x2}\sin\emptyset + \bar{P}_{y2}\cos\emptyset$$
$$M_{z2} = \bar{M}_{z2}$$

Dalam bentuk matriks

$$\begin{Bmatrix} P_{x1} \\ P_{y1} \\ M_{z1} \\ P_{x2} \\ P_{y2} \\ M_{z2} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\phi & \sin\phi & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\sin\phi & \cos\phi & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos\phi & \sin\phi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\sin\phi & \cos\phi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \overline{P}_{x1} \\ \overline{P}_{y1} \\ \overline{M}_{z1} \\ \overline{P}_{x2} \\ \overline{P}_{y2} \\ \overline{M}_{z2} \end{Bmatrix}$$

matriks $[T]$

$$\begin{bmatrix} \cos\phi & -\sin\phi & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \sin\phi & \cos\phi & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos\phi & -\sin\phi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sin\phi & \cos\phi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = [T]^T$$

Matriks T disebut matriks transformasi.

Hubungan antara 'local displacement' dan 'global displacement' dapat dinyatakan sebagai : $\{\delta\} = [T]\{\overline{\delta}\}$

Untuk sistim koordinat Global maka $[k]$ harus diubah menjadi $[\overline{k}]$. Perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\{P\} = [k]\{\delta\} \qquad [k]\{\delta\} = [T]\{\overline{P}\}$$
$$\{P\} = [T]\{\overline{P}\}$$

selanjutnya

$$[T]^T [T] \{\overline{P}\} = [T]^T [k] \{\delta\}$$
$$[I] \{\overline{P}\} = [T]^T [k] \{\delta\}$$
$$\{\overline{P}\} = [T]^T [k] [T] \{\overline{\delta}\}$$
$$\{\overline{P}\} = [\overline{k}] \{\overline{\delta}\}$$

Maka didapat :

$$[\overline{k}] = [T]^T [k] [T]$$

Hasil $\overline{k}$ untuk elemen adalah seperti pada halaman berikutnya :

$$[K] = \frac{EI}{L^3}\begin{bmatrix} \frac{AL^2}{I}C_x^2+12C_y^2 & (\frac{AL^2}{I}-12)C_xC_y & -6LC_y & -(\frac{AL^2}{I}C_x^2+12C_y^2) & -(\frac{AL^2}{I}-12)C_xC_y & -6LC_y \\ (\frac{AL^2}{I}-12)C_xC_y & (\frac{AL^2}{I}C_y^2+12C_x^2) & 6LC_x & -(\frac{AL^2}{I}-12)C_xC_y & -(\frac{AL^2}{I}C_y^2+12C_x^2) & 6LC_x \\ -6LC_y & 6LC_x & 4L^2 & 6LC_y & -6LC_x & 2L^2 \\ -(\frac{AL^2}{I}C_x^2+12C_y^2) & -(\frac{AL^2}{I}-12)C_xC_y & 6LC_y & (\frac{AL^2}{I}C_x^2+12C_y^2) & (\frac{AL^2}{I}-12)C_xC_y & 6LC_y \\ -(\frac{AL^2}{I}-12)C_xC_y & -(\frac{AL^2}{I}C_y^2+12C_x^2) & -6LC_x & (\frac{AL^2}{I}-12)C_xC_y & (\frac{AL^2}{I}C_y^2+12C_x^2) & -6LC_x \\ -6LC_y & 6LC_x & 2L^2 & 6LC_y & -6LC_x & 4L^2 \end{bmatrix}$$

$C_x = \cos\alpha$

$C_y = \sin\alpha$

5. Pembebanan

Umumnya pembagian suatu konstruksi menjadi elemen elemen lokasinya dipilih sedemikian rupa sehingga titik 'nodalnya' bertepatan dengan letak dari beban luar yang terpusat. Juga ditempat-tempat dimana bentuk geometris konstruksi serta fungsi beban mengalami perubahan.

Ada beberapa cara untuk menyatakan vektor beban yang mewakili seluruh pembebanan pada elemen.

a. Lumped loads

Metode langsung yaitu berupa pendekatan dengan meninjau beban merata pada sebuah elemen yang kemudian membaginya pada 'nodal'. Beban pada 'nodal' merupakan bagian dari beban merata yang berhubungan dengan dengan daerah pengaruh dari 'nodal' tersebut. Beban itu disebut 'lumped loads'.

Contoh :

Vektor beban akibat q t/m dapat dibentuk dengan catatan bahwa panjang daerah pengaruh tiap titik adalah $\frac{1}{2}$ L.
Gaya resultan dalam tiap daerah pengaruh adalah $\frac{1}{2}$ qL yang bekerja pada jarak $\frac{1}{4}$ L dari titik 'nodal' tersebut.
Matriks pembebanannya adalah sebagai berikut:

$$\{Q\} = \frac{qL}{8}\{4 \quad L \quad 4 \quad -L\}$$

b. Consistent loads

'Lumped loads' biasanya mudah pembentukannya dan kegunaannya cukup baik untuk menganalisa suatu persoalan.
Tetapi perhitungan dengan menggunakan 'Consistent loads' lebih baik, hanya agak sulit untuk mendapatkannya.
'consistent loads' dapat dihitung sebagai berikut :

dasarnya adalah energi potensial minimum

$$I_p = \delta U - \delta W = 0$$

$$I_p = \int_0^V dU(u,v,\theta) - \int_0^L (\bar{Q}_x\, u + \bar{Q}_y\, v + \bar{M}_z\, \theta)\, ds$$

Energi potensial minimum $I_p = 0$

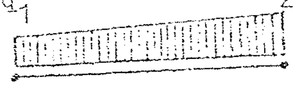
Jadi persamaan

$$\{\delta\}^T \Big(\int_0^V [B]^T [D][B] \{\delta\} - \int_0^L [A^{-1}]^T \{\delta\}^T [\phi]^T\, Q\, ds = 0$$

$$\{F\} = [k]\{\delta\}$$

dimana : $\{P\} = \int_0^L [A^{-1}]^T [\phi]^T\, Q\, ds$

Contoh :



$$\{P\} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \frac{-3}{L^2} & \frac{2}{L^3} & 1 \\ 0 & 1 & \frac{-2}{L} & \frac{1}{L^2} & X \\ 0 & 0 & \frac{3}{L^2} & \frac{-2}{L^3} & X^2 \\ 0 & 0 & \frac{-1}{L} & \frac{1}{L^2} & X^3 \end{bmatrix} \int_0^L \left\{ q_1 - \frac{X}{L} q_1 + \frac{X}{L} q_2 \right\} dx$$

matriks $[A^{-1}]^T$

$$[A^{-1}]^T \int_0^L \begin{Bmatrix} q_1 - \frac{X}{L} q_1 + \frac{X}{L} q_2 \\ q_1 X - \frac{X^2}{L} q_1 + \frac{X^2}{L} q_2 \\ q_1 X^2 - \frac{X^3}{L} q_1 + \frac{X^3}{L} q_2 \\ q_1 X^3 - \frac{X^4}{L} q_1 + \frac{X^4}{L} q_2 \end{Bmatrix} dx =$$

$$\frac{L}{60} \begin{Bmatrix} 21\, q_1 + 9\, q_2 \\ (3\, q_1 + 2\, q_2)\, L \\ 9\, q_1 + 21\, q_2 \\ (2\, q_1 + 3\, q_2)(-L) \end{Bmatrix}$$

Untuk beban merata $q_1 = q_2$

$$P = \frac{L}{60} \begin{Bmatrix} 30\, q \\ 5\, qL \\ 30\, q \\ -5\, qL \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{1}{2}\, qL \\ 1/12\, qL^2 \\ \frac{1}{2}\, qL \\ -1/12\, qL^2 \end{Bmatrix}$$

Contoh untuk beban horisontal.

Kolom yang menderita akibat berat sendiri pada sistim koordi - nat lokal merupakan pembebanan horisontal.

$$P = \int \left\{A^{-1}\right\}^{T} \left[\emptyset\right]^{T} q \; dx$$

$$= \left\{A^{-1}\right\}^{T} \int_{0}^{L} \left\{1 \quad x\right\} \left\{q\right\} dx$$

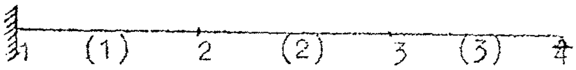
$$= \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{L} \\ 0 & \frac{1}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} qL \\ \frac{1}{2}qL^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2}qL \\ \frac{1}{2}qL \end{bmatrix}$$

6. Penggabungan (assemblage) Matriks kekakuan elemen dan matriks be ban.

Setelah matriks kekauan elemen dan matriks beban dari sebuah elemen didapat, maka langkah berikutnya yang penting adalah peng gabungan menjadi matriks kekakuan total dan matriks beban total didalam sistim koordinat global.

Perhitungan selanjutnya mempergunakan 'computer' untuk meme- cahkan persoalan dengan memasukkan 'boundary conditions' dari se luruh konstruksi., sehingga akan didapat 'displacement'nya.

Contoh dalam bentuk notasi



Setiap titik mengandung 3 D.O.F.

Matriks kekakuan total

$$\begin{bmatrix} K_{AA}^{12} & K_{AB}^{12} & 0 & 0 \\ K_{BA}^{12} & K_{BB}^{12}+K_{AB}^{23} & K_{AB}^{23} & 0 \\ 0 & K_{BA}^{23} & K_{BB}^{23}+K_{AB}^{34} & K_{AB}^{34} \\ 0 & 0 & K_{BA}^{43} & K_{BB}^{34} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{Bmatrix} P_1^1 \\ P_2^1 + P_2^2 \\ P_3^2 + P_4^3 \\ P_4^3 \end{Bmatrix}$$

7. <u>Menghitung 'displacement' disetiap titik 'nodal'.</u>

Dari persamaan $\{\bar{P}\} = [\bar{K}]\ \{\bar{\delta}\}$ dan dengan memasukkan 'boundary condition'nya, maka 'displacement' pada koordinat Global, dapat dihitung dengan bantuan komputer.

Selanjutnya bila hasil hasil 'global displacemant' telah didapat dari komputer tadi, 'local displacemant' bisa dihitung pula dengan menggunakan hubungan:

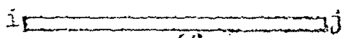
$$\{\delta\} = [T]\ \{\bar{\delta}\}$$

$\{\delta\}$ = matriks 'displacement' pada koordinat lokal.

$[T]$ = matriks Transformasi.

$\{\bar{\delta}\}$ = matriks 'displacement' untuk koordinat Global.

8. <u>Menghitung 'strain' pada titik 'nodal'.</u>



Beam element

$$\{\varepsilon\} = [B]\ \{\delta\}$$

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_{i_N} \\ \varepsilon_{i_M} \\ \varepsilon_{j_N} \\ \varepsilon_{j_M} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{L} & 0 & 0 & \frac{-1}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{6Y}{L} & \frac{4Y}{L} & 0 & \frac{-6Y}{L^2} & \frac{2Y}{L} \\ \frac{1}{L} & 0 & 0 & \frac{-E}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{-6Y}{L} & \frac{-2Y}{L} & 0 & \frac{6Y}{L^2} & \frac{-4Y}{L} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_i \\ v_i \\ \theta_i \\ u_j \\ v_j \\ \theta_j \end{Bmatrix}$$

Strain ε bagian atas dan bawah terdapat berturut turut dengan memasukkan harga harga $Y=\frac{1}{2}H$ dan $Y=-\frac{1}{2}H$.

9. <u>Menghitung 'stress' pada titik 'nodal'</u>

Untuk 'stress' adalah sebagai berikut

$$\sigma = E\,\varepsilon$$

jadi:

$$\begin{Bmatrix} \sigma_{i_N} \\ \sigma_{i_M} \\ \sigma_{j_N} \\ \sigma_{j_M} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{E}{L} & 0 & 0 & \frac{-E}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{6EY}{L^2} & \frac{4EY}{L} & 0 & \frac{-6EY}{L^2} & \frac{2EY}{L} \\ \frac{E}{L} & 0 & 0 & \frac{-E}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{-6EY}{L^2} & \frac{-2EY}{L} & 0 & \frac{6EY}{L^2} & \frac{-4EY}{L} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_i \\ v_i \\ \theta_i \\ u_j \\ v_j \\ \theta_j \end{Bmatrix}$$

Pada ujung balok bagian atas harga 'stress' didapat dengan memasukkan harga $Y = \frac{1}{2}H$ dan bagian bawah dengan $Y = -\frac{1}{2}H$.

Keterangan:

Index i_N menunjukkan akibat noraml dititik i.

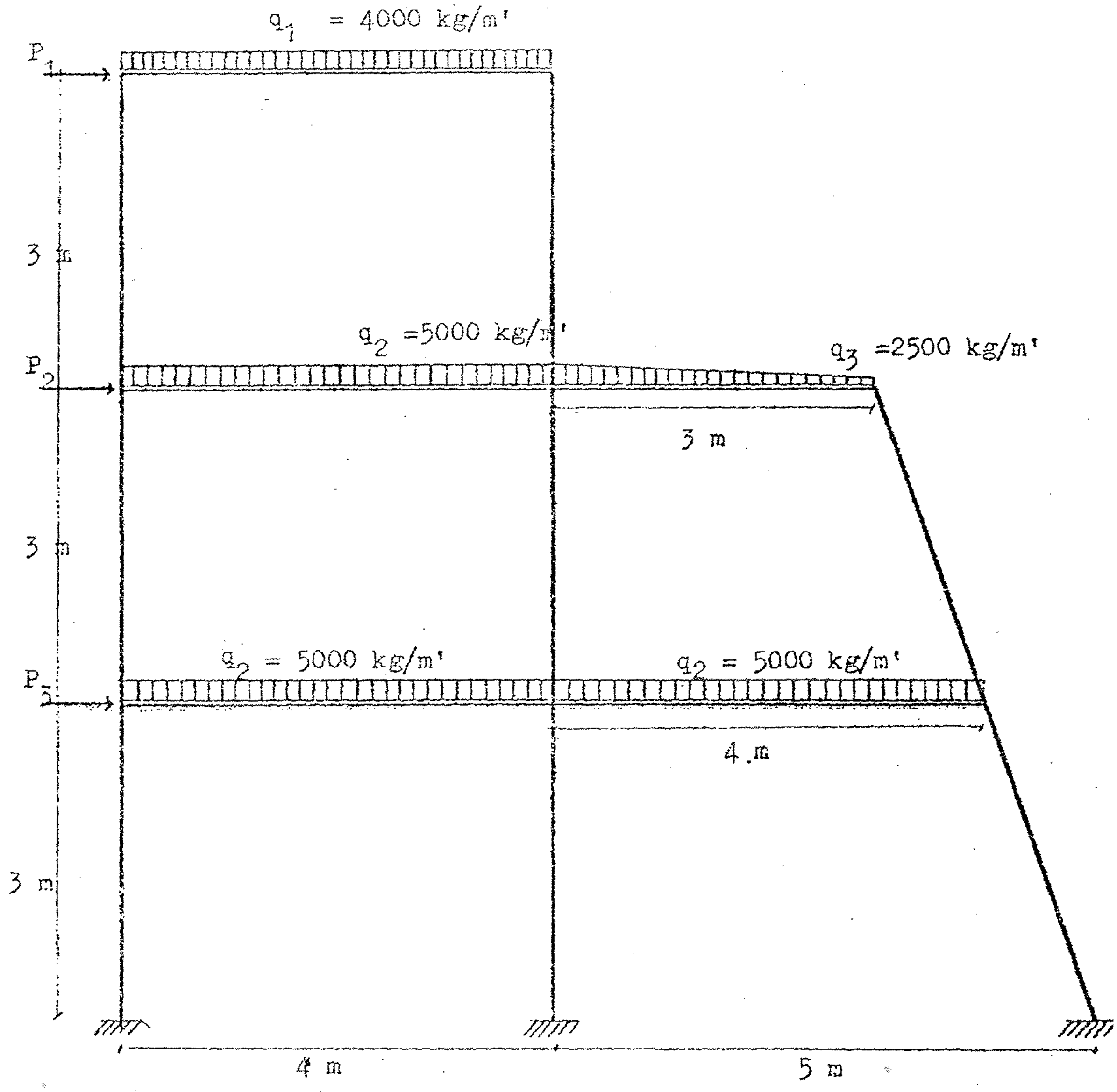
i_M menunjukkan akibat momen dititik i.

10. <u>Menghitung Momen pada titik 'nodal'</u>.

$$\frac{d^2v}{dx^2} = -\frac{M}{EI} \qquad M = -\frac{EI}{1}\frac{d^2v}{dx^2} = \frac{EI}{Y}\,\varepsilon$$

$$\begin{Bmatrix} M_i \\ M_j \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & \frac{-6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \\ \frac{-6EI}{L^2} & \frac{-2EI}{L} & \frac{6EI}{L^2} & \frac{-4EI}{L} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} v_i \\ \theta_i \\ v_j \\ \theta_j \end{Bmatrix}$$

BAB IV. CONTOH SOAL.



Portal bertingkat seperti tergambar dengan data-data sebagai berikut:

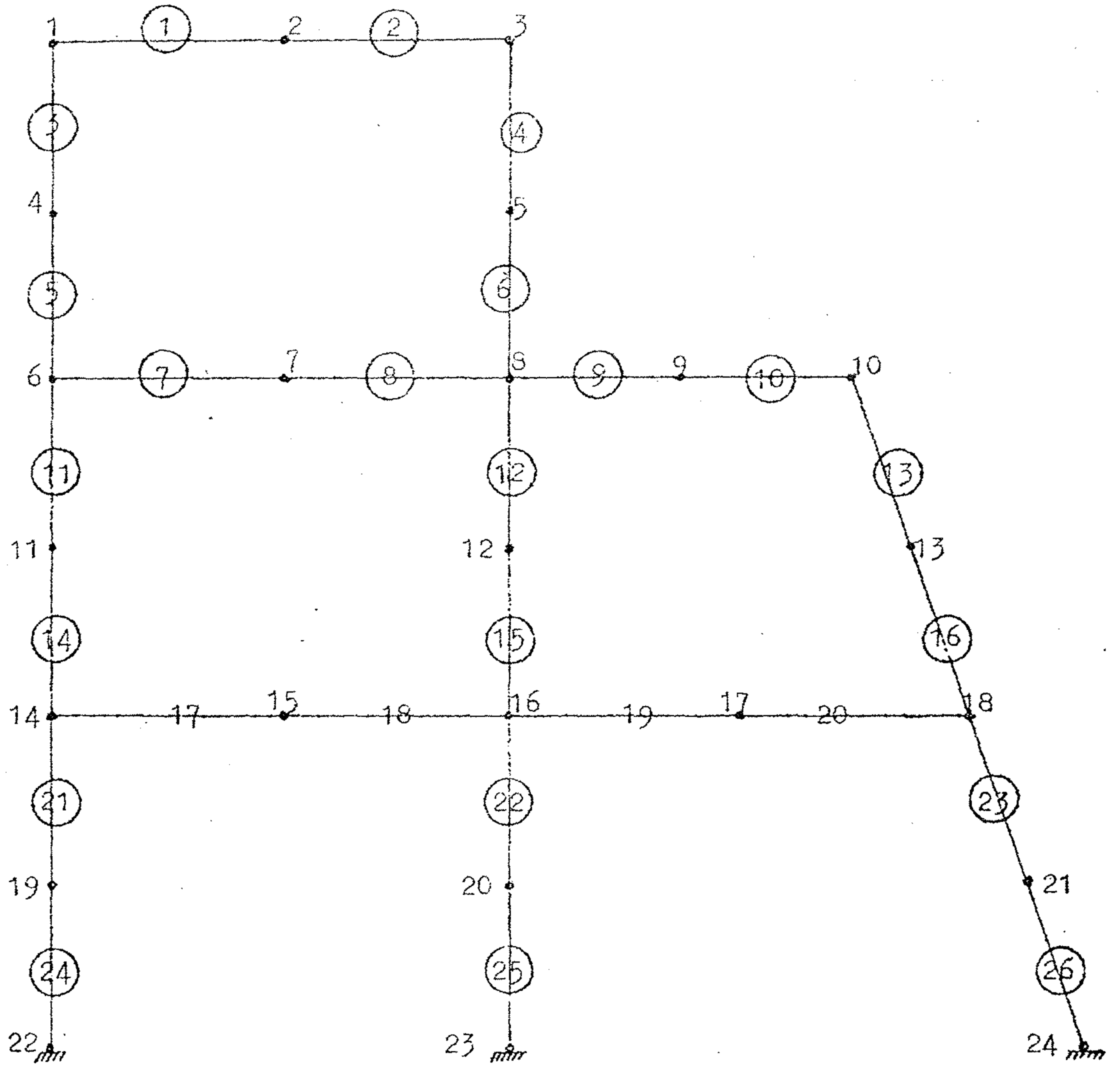
Balok dengan lebar B = 30 cm tinggi H = 60 cm

Kolom dengan lebar B = 30 cm tinggi H = 40 cm

Beban terbagi merata sesuai dengan gambar serta beban-beban terpusat berarah mendatar kekanan : P_1 = 2000 kg

P_2 = 4000 kg dan P_3 = 5000 k

E (modulus elastisitas) = 100000 kg/cm^2



Pembagian dalam elemen-elemen.

Setiap bentang atau tinggi dibagi menjadi dua bagian yang sama.

Maka jumlah elemen total = 26

Jumlah titik nodal = 24

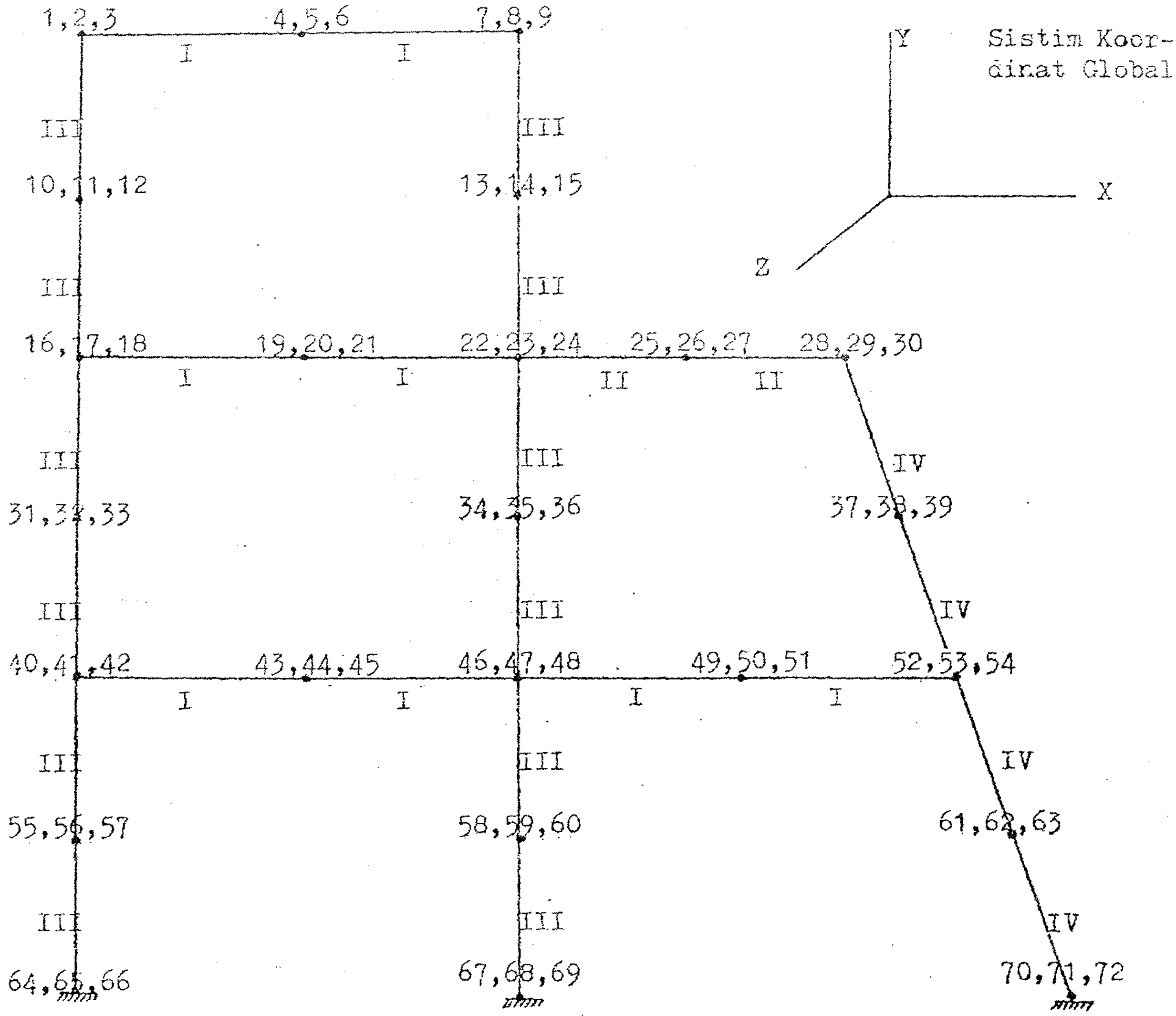
Jumlah DOF = 3 x 24 = 72

Setiap titik nodal mengandung 3 D.O.F. yang dituliskan berturut-turut (a,b,c) dimana

a = translasi arah sumbu X pada koordinat Global.

b = translasi arah sumbu Y pada koordinat Global.

c = rotasi pada bidang XY untuk koordinat Global.



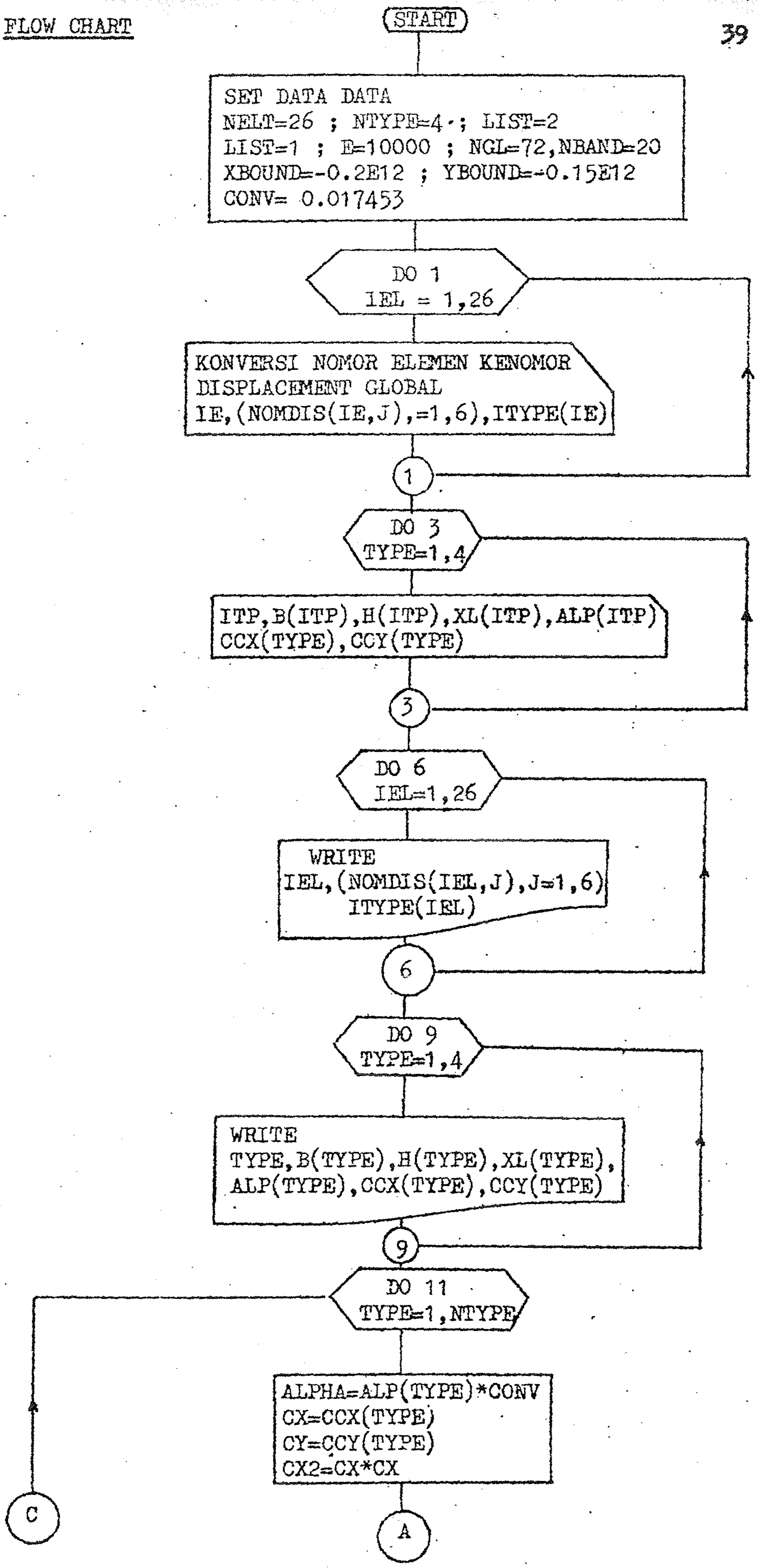
Type I : B = 30 cm
$A = 1800\ cm^2$
L = 200 cm
$= 0^{\circ}$
H = 60 cm
$I = 540000\ cm^4$

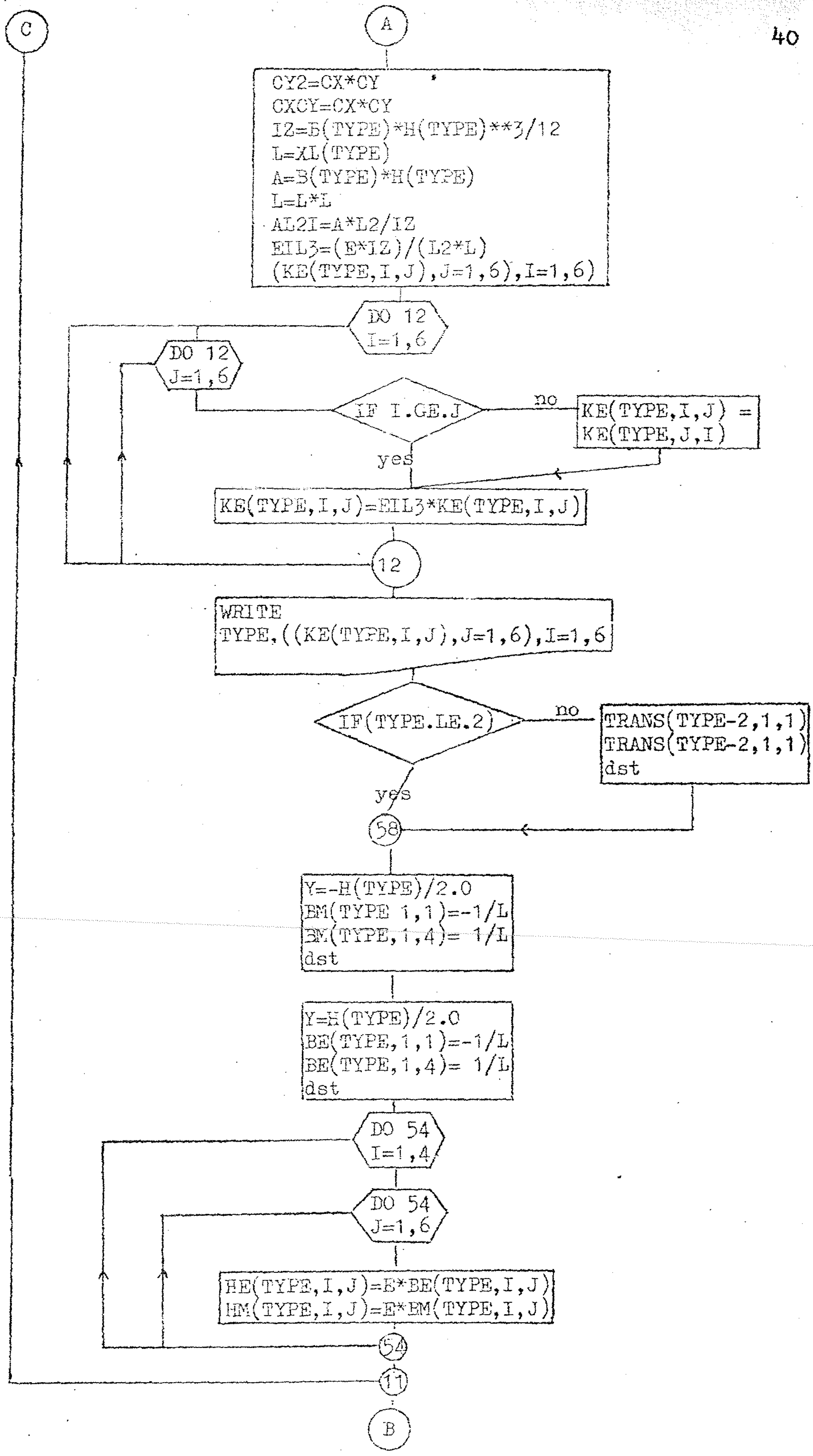
Type III : B = 30 cm
$A = 1200\ cm^2$
L = 150 cm
$= 270^{\circ}$
H = 40 cm
$I = 160000\ cm^4$

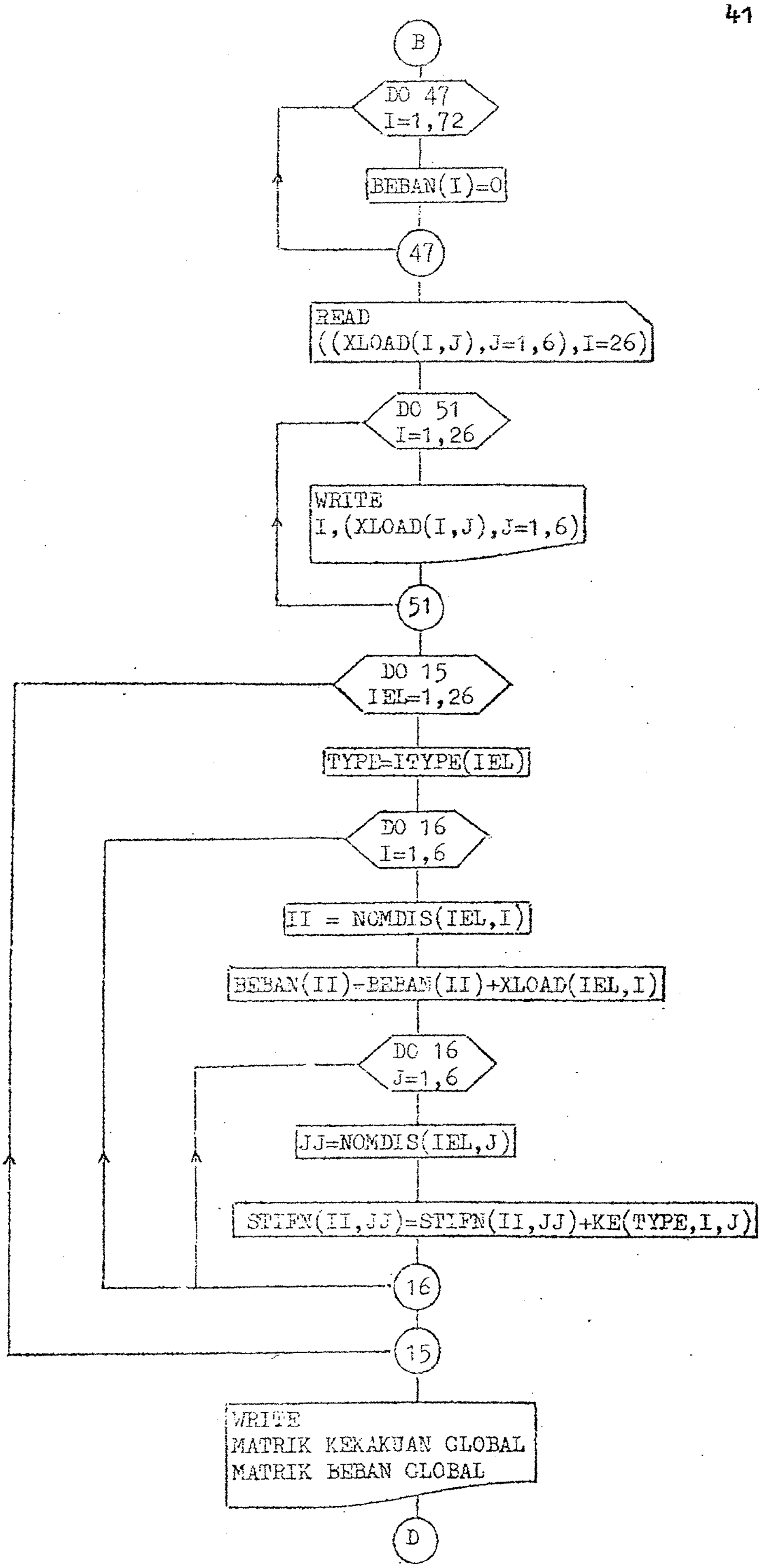
Type II : B = 30 cm
$A = 1800\ cm^2$
L = 150 cm
$= 0^{\circ}$
H = 60 cm
$I = 540000\ cm^4$

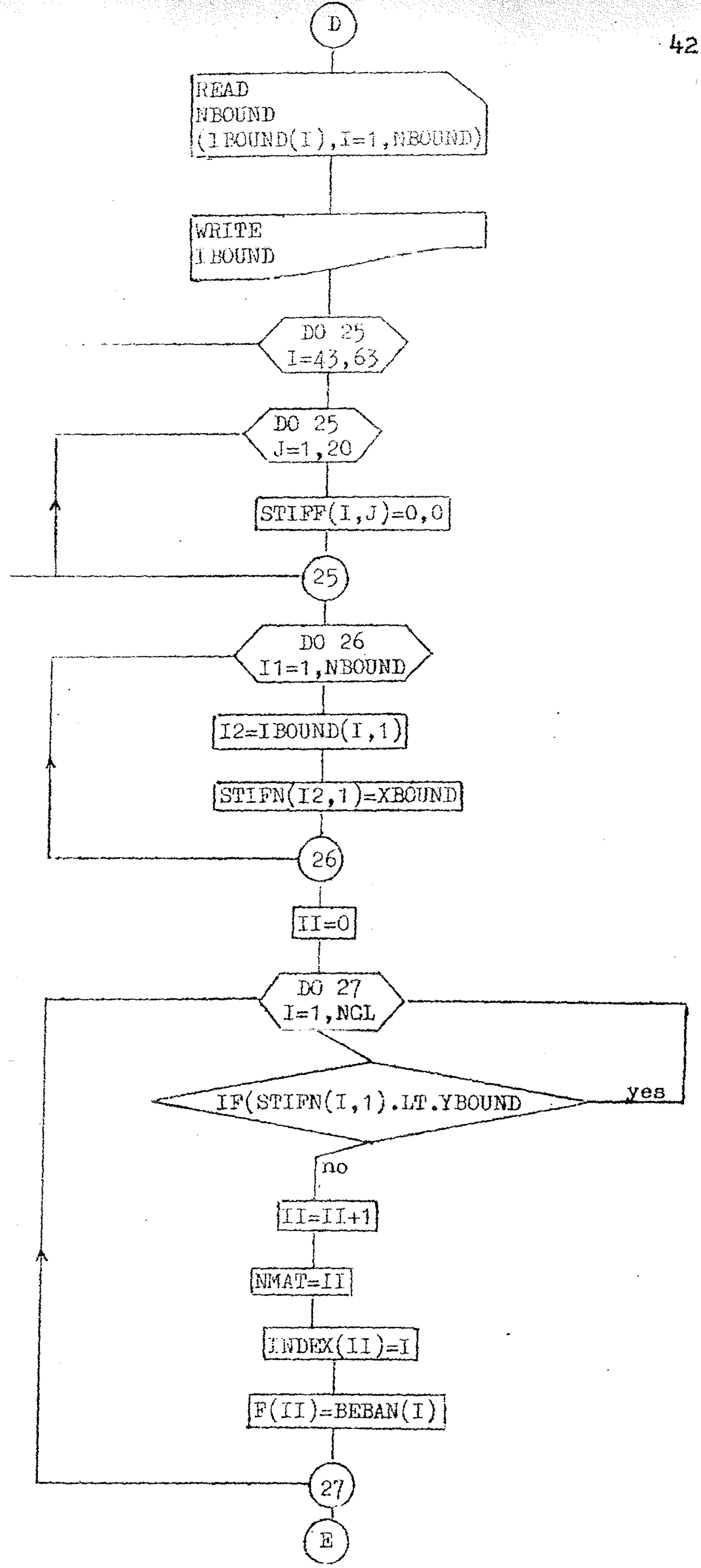
Type IV : B = 30 cm
$A = 1200\ cm^2$
L = 158,1139 cm
$= 288^{\circ}26'5''$
H = 40 cm
$I = 160000\ cm^4$

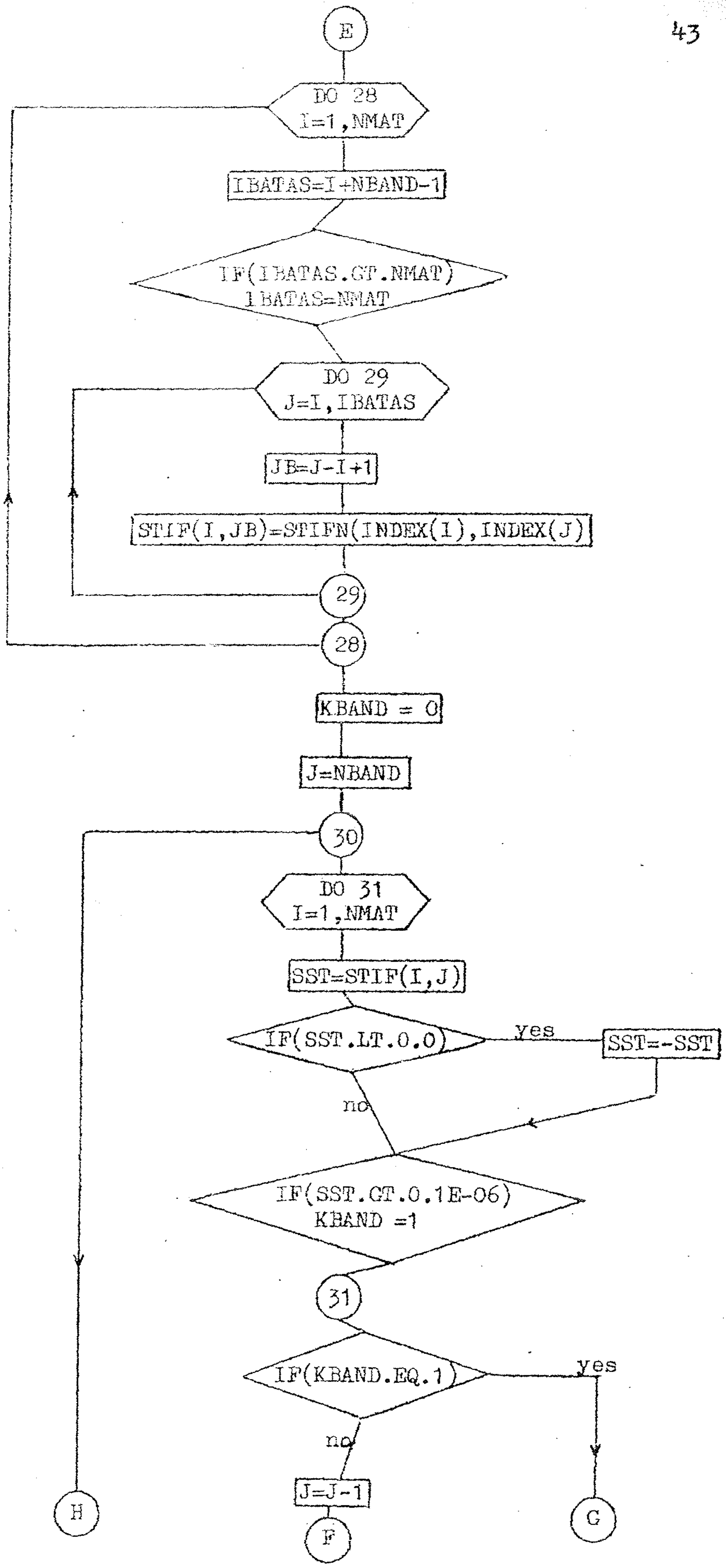
FLOW CHART

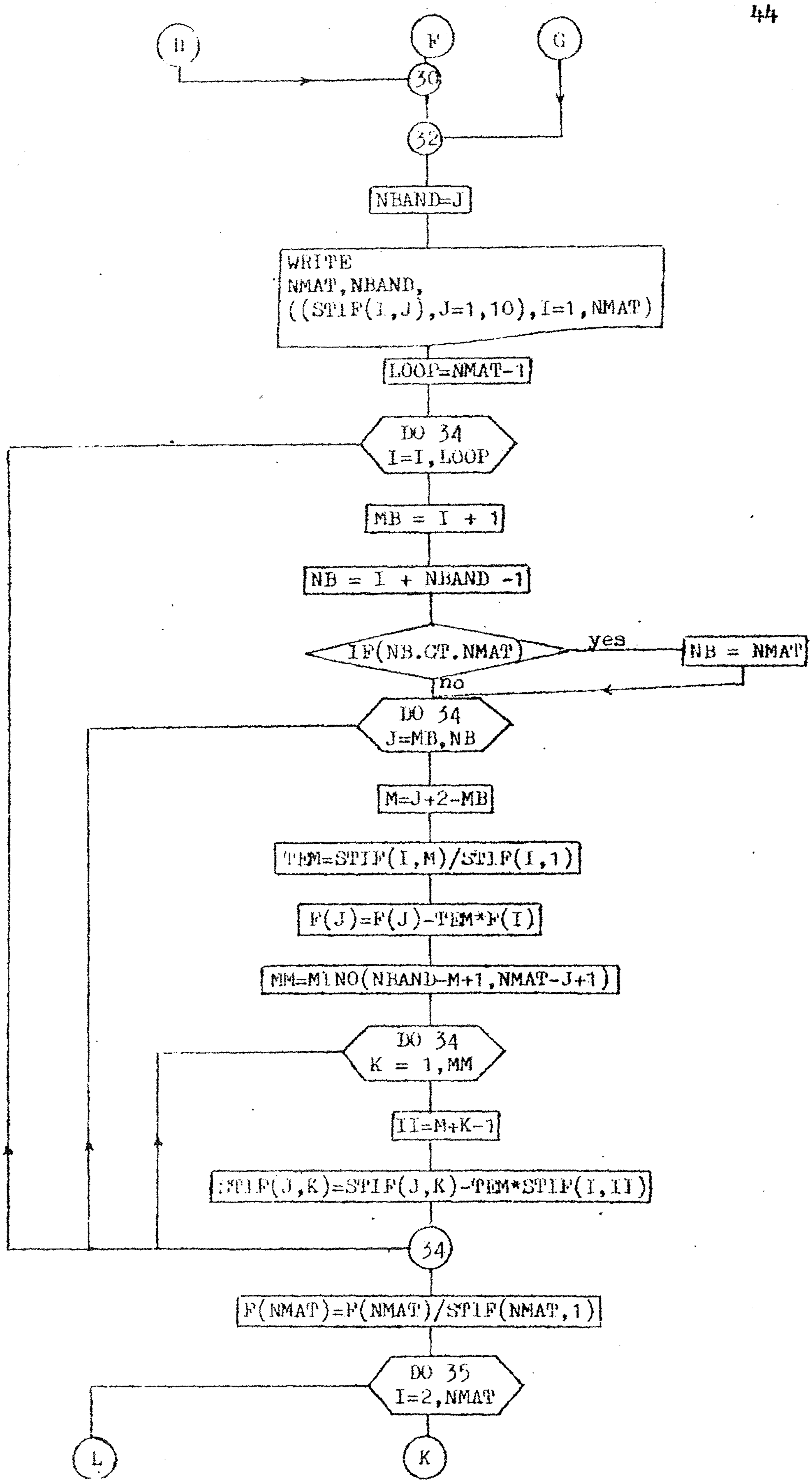

START
SET DATA DATA
NELT=26 ; NTYPE=4 ; LIST=2
LIST=1 ; E=10000 ; NGL=72,NBAND=20
XBOUND=-0.2E12 ; YBOUND=-0.15E12
CONV= 0.017453
DO 1
IEL = 1,26
KONVERSI NOMOR ELEMEN KENOMOR
DISPLACEMENT GLOBAL
IE,(NOMDIS(IE,J),=1,6),ITYPE(IE)
1
DO 3
TYPE=1,4
ITP,B(ITP),H(ITP),XL(ITP),ALP(ITP)
CCX(TYPE),CCY(TYPE)
3
DO 6
IEL=1,26
WRITE
IEL,(NOMDIS(IEL,J),J=1,6)
ITYPE(IEL)
6
DO 9
TYPE=1,4
WRITE
TYPE,B(TYPE),H(TYPE),XL(TYPE),
ALP(TYPE),CCX(TYPE),CCY(TYPE)
9
DO 11
TYPE=1,NTYPE
ALPHA=ALP(TYPE)*CONV
CX=CCX(TYPE)
CY=CCY(TYPE)
CX2=CX*CX
C
A


C
A
CY2=CX*CY
CXCY=CX*CY
IZ=B(TYPE)*H(TYPE)**3/12
L=XL(TYPE)
A=B(TYPE)*H(TYPE)
L=L*L
AL2I=A*L2/IZ
EIL3=(E*IZ)/(L2*L)
(KE(TYPE,I,J),J=1,6),I=1,6)
DO 12
I=1,6
DO 12
J=1,6
IF I.GE.J
no
KE(TYPE,I,J) =
KE(TYPE,J,I)
yes
KE(TYPE,I,J)=EIL3*KE(TYPE,I,J)
12
WRITE
TYPE,((KE(TYPE,I,J),J=1,6),I=1,6
IF(TYPE.LE.2)
no
TRANS(TYPE-2,1,1)
TRANS(TYPE-2,1,1)
dst
yes
58
Y=-H(TYPE)/2.0
BM(TYPE 1,1)=-1/L
BM(TYPE,1,4)= 1/L
dst
Y=H(TYPE)/2.0
BE(TYPE,1,1)=-1/L
BE(TYPE,1,4)= 1/L
dst
DO 54
I=1,4
DO 54
J=1,6
HE(TYPE,I,J)=E*BE(TYPE,I,J)
HM(TYPE,I,J)=E*BM(TYPE,I,J)
54
11
B

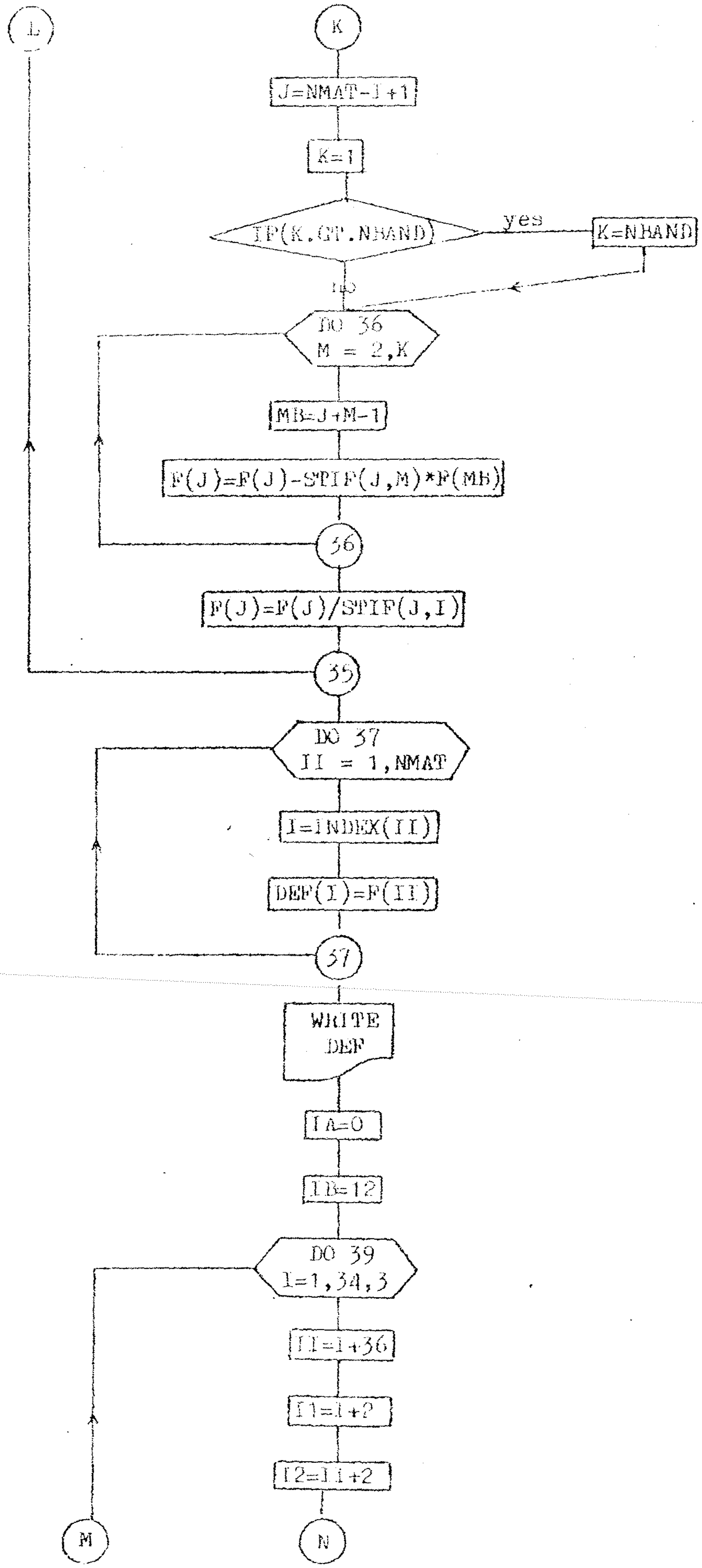

B
DO 47
I=1,72
BEBAN(I)=0
47
READ
((XLOAD(I,J),J=1,6),I=26)
DO 51
I=1,26
WRITE
I,(XLOAD(I,J),J=1,6)
51
DO 15
IEL=1,26
TYPE=ITYPE(IEL)
DO 16
I=1,6
II = NOMDIS(IEL,I)
BEBAN(II)=BEBAN(II)+XLOAD(IEL,I)
DO 16
J=1,6
JJ=NOMDIS(IEL,J)
STIFN(II,JJ)=STIFN(II,JJ)+KE(TYPE,I,J)
16
15
WRITE
MATRIK KEKAKUAN GLOBAL
MATRIK BEBAN GLOBAL
D

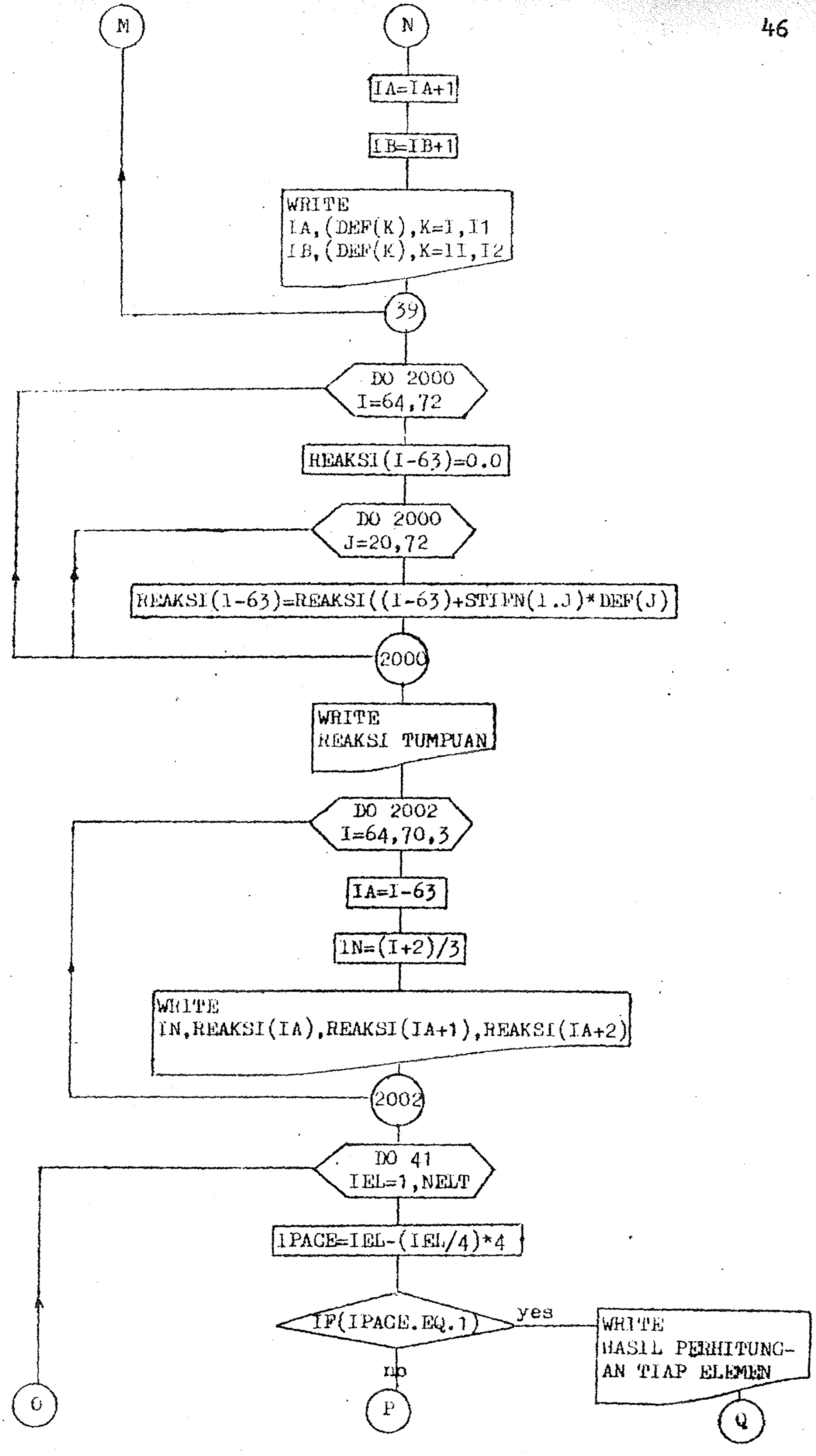

D
READ
NBOUND
(IBOUND(I),I=1,NBOUND)
WRITE
IBOUND
DO 25
I=43,63
DO 25
J=1,20
STIFF(I,J)=0,0
25
DO 26
I1=1,NBOUND
I2=IBOUND(I,1)
STIFN(I2,1)=XBOUND
26
II=0
DO 27
I=1,NCL
IF(STIFN(I,1).LT.YBOUND
yes
no
II=II+1
NMAT=II
INDEX(II)=I
F(II)=BEBAN(I)
27
E

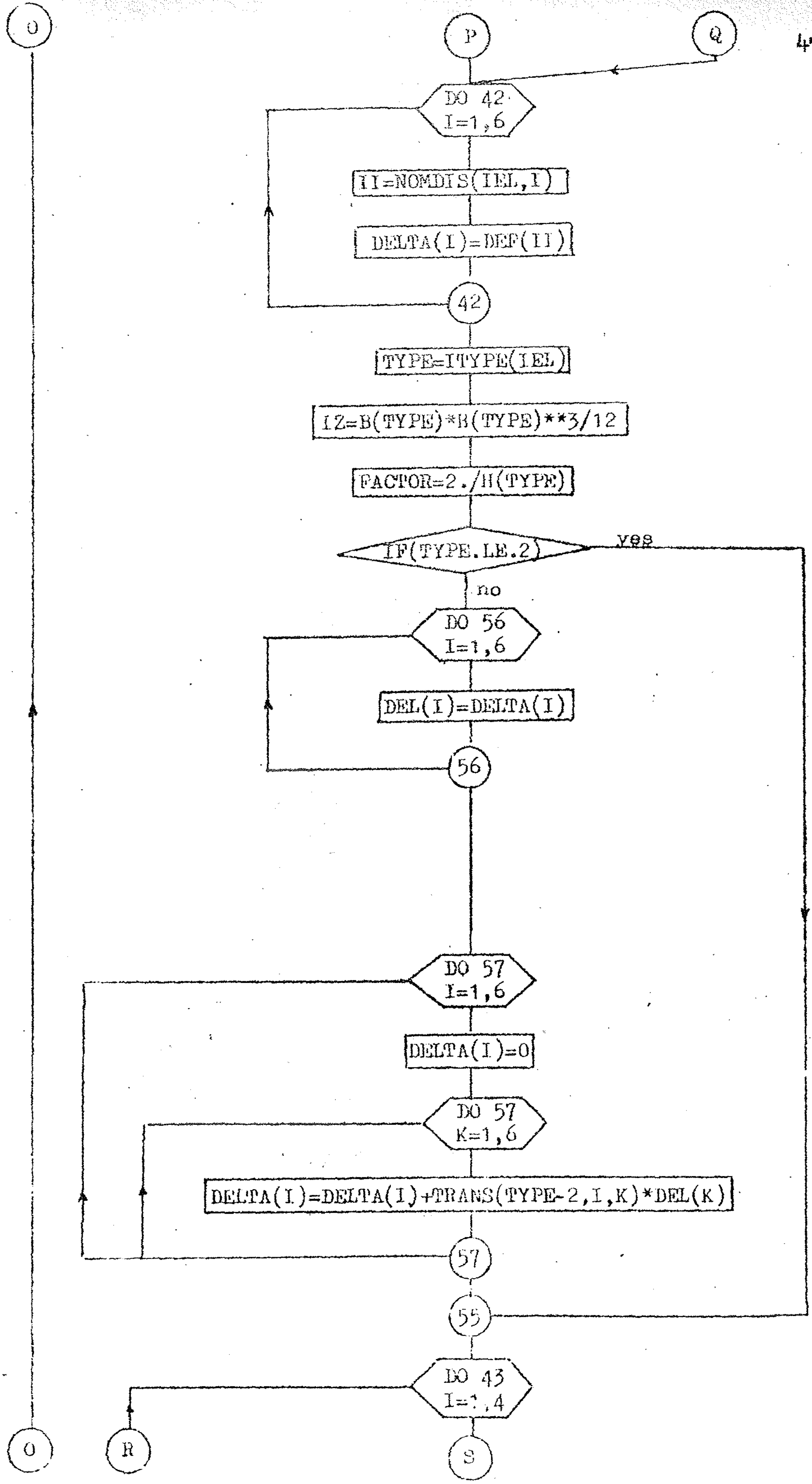

E
DO 28
I=1,NMAT
IBATAS=I+NBAND-1
IF(IBATAS.GT.NMAT)
IBATAS=NMAT
DO 29
J=I,IBATAS
JB=J-I+1
STIF(I,JB)=STIFN(INDEX(I),INDEX(J)
29
28
KBAND = 0
J=NBAND
30
DO 31
I=1,NMAT
SST=STIF(I,J)
IF(SST.LT.0.0)
yes
SST=-SST
no
IF(SST.GT.0.1E-06)
KBAND =1
31
IF(KBAND.EQ.1)
yes
no
J=J-1
H
F
G

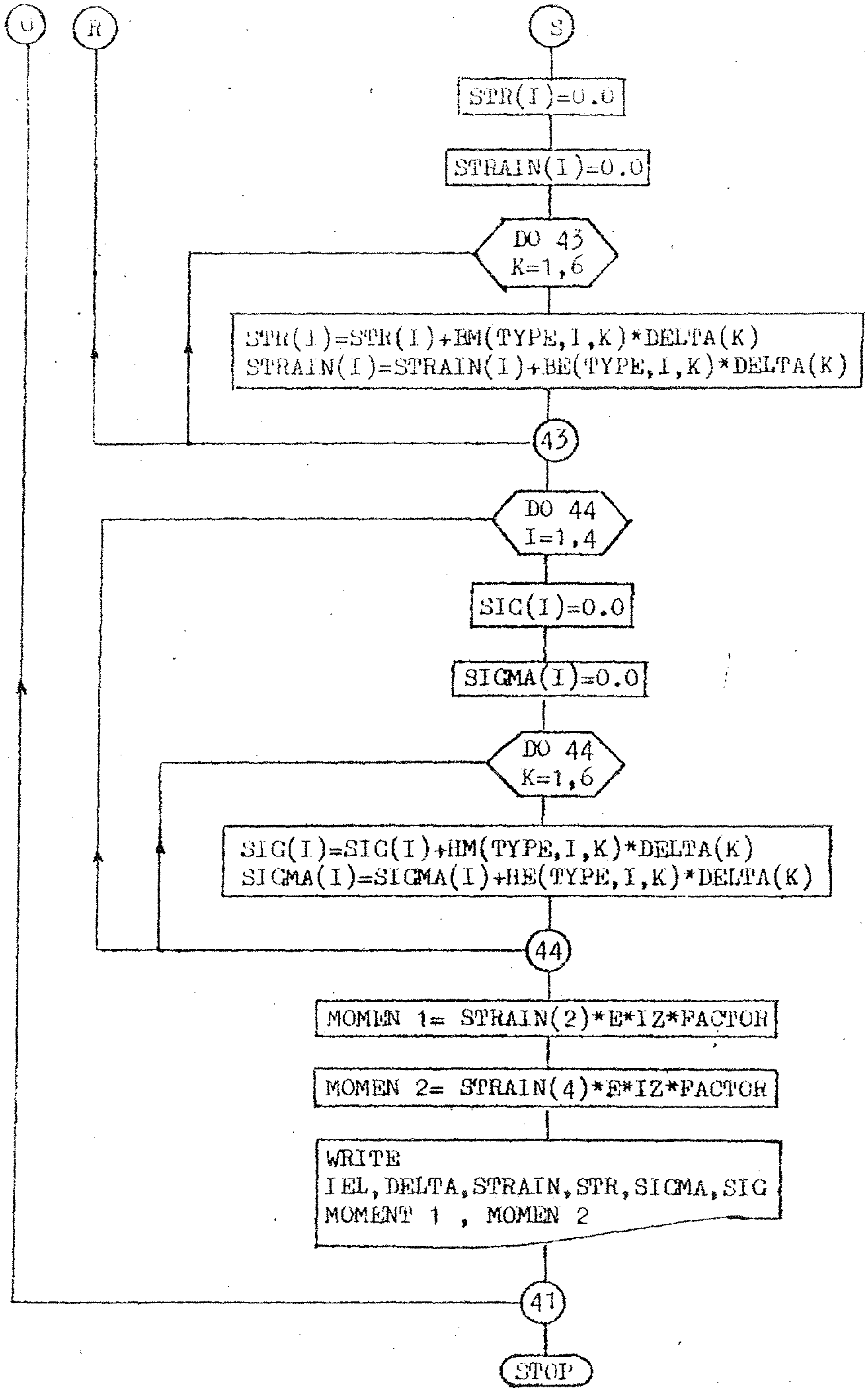


H
F
G
30
32
NBAND=J
WRITE
NMAT,NBAND,
((STIF(I,J),J=1,10),I=1,NMAT)
LOOP=NMAT-1
DO 34
I=I,LOOP
MB = I + 1
NB = I + NBAND -1
IF(NB.GT.NMAT)
yes
NB = NMAT
no
DO 34
J=MB,NB
M=J+2-MB
TEM=STIF(I,M)/STIF(I,1)
F(J)=F(J)-TEM*F(I)
MM=MINO(NBAND-M+1,NMAT-J+1)
DO 34
K = 1,MM
II=M+K-1
STIF(J,K)=STIF(J,K)-TEM*STIF(I,II)
34
F(NMAT)=F(NMAT)/STIF(NMAT,1)
DO 35
I=2,NMAT
L
K


L
K
J=NMAT-I+1
K=1
IF(K.GT.NBAND)
yes
K=NBAND
no
DO 36
M = 2,K
MB=J+M-1
F(J)=F(J)-STIF(J,M)*F(MB)
36
F(J)=F(J)/STIF(J,I)
35
DO 37
II = 1,NMAT
I=INDEX(II)
DEF(I)=F(II)
37
WRITE
DEF
IA=0
IB=12
DO 39
I=1,34,3
II=I+36
I1=I+2
I2=I1+2
M
N


M
N
IA=IA+1
IB=IB+1
WRITE
IA,(DEF(K),K=I,I1
IB,(DEF(K),K=I1,I2
39
DO 2000
I=64,72
REAKSI(I-63)=0.0
DO 2000
J=20,72
REAKSI(I-63)=REAKSI((I-63)+STIFN(I.J)*DEF(J)
2000
WRITE
REAKSI TUMPUAN
DO 2002
I=64,70,3
IA=I-63
IN=(I+2)/3
WRITE
IN,REAKSI(IA),REAKSI(IA+1),REAKSI(IA+2)
2002
DO 41
IEL=1,NELT
IPACE=IEL-(IEL/4)*4
IF(IPACE.EQ.1)
yes
no
WRITE
HASIL PERHITUNG-
AN TIAP ELEMEN
O
P
Q


O
P
Q
DO 42
I=1,6
II=NOMDIS(IEL,I)
DELTA(I)=DEF(II)
42
TYPE=ITYPE(IEL)
IZ=B(TYPE)*B(TYPE)**3/12
FACTOR=2./H(TYPE)
IF(TYPE.LE.2)
yes
no
DO 56
I=1,6
DEL(I)=DELTA(I)
56
DO 57
I=1,6
DELTA(I)=0
DO 57
K=1,6
DELTA(I)=DELTA(I)+TRANS(TYPE-2,I,K)*DEL(K)
57
55
DO 43
I=1,4
O
R
S


U
R
S
STR(I)=0.0
STRAIN(I)=0.0
DO 43
K=1,6
STR(I)=STR(I)+BM(TYPE,I,K)*DELTA(K)
STRAIN(I)=STRAIN(I)+BE(TYPE,I,K)*DELTA(K)
43
DO 44
I=1,4
SIG(I)=0.0
SIGMA(I)=0.0
DO 44
K=1,6
SIG(I)=SIG(I)+HM(TYPE,I,K)*DELTA(K)
SIGMA(I)=SIGMA(I)+HE(TYPE,I,K)*DELTA(K)
44
MOMEN 1= STRAIN(2)*E*IZ*FACTOR
MOMEN 2= STRAIN(4)*E*IZ*FACTOR
WRITE
IEL,DELTA,STRAIN,STR,SIGMA,SIG
MOMENT 1 , MOMEN 2
41
STOP

```
DOS FORTRAN IV 360N-FO-479 3-8          MAINPGM        DATE   08/30/79      TIME    08.03.42       PAGE 0001

0001            REAL*8 STIF(63,20),TEM,F(63)/63*0.0/
0002            REAL*4 L,L2,KE(4,6,6),STIFN(72,72)/5184*0.0/,
               *BEBAN(72),XLOAD(26,6),CCX(4),CCY(4),
               *E(4),H(4),BE(4,6,6)/144*0.0/,HE(4,6,6)/144*0.0/,
               *XL(4),ALP(4),STRAIN(4),SIGMA(4),DELTA(6),DEL(6),
               *HM(4,6,6)/144*0.0/,BM(4,6,6)/144*0.0/,STR(4),SIG(4),
               *MOMEN1,MOMEN2,REAKSI(9),
               *DEF(72)/72*0.0/,TRANS(2,6,6)/72*0.0/,IZ
0003            INTEGER*2 TYPE,INDEX(65),IBOUND(9) ,NOMDIS(26,6),ITYPE(26)
0004            NELT=26
0005            NTYPE=4
0006            LIST=2
0007            LIST=1
0008            E=100000.0
0009            NGL=72
0010            NBAND=20
0011            XBOUND=-0.2E12
0012            YBOUND=-0.15E12
0013            CONV=0.017453
0014            DO 1 IEL=1,26
0015            READ(1,2) IE,(NOMDIS(IE,J),J=1,6),ITYPE(IE)
0016          2 FORMAT(8I3)
0017          1 CONTINUE
0018            DO 3 TYPE=1,4
0019            READ(1,4) ITP,B(ITP),H(ITP),XL(ITP),ALP(ITP),CCX(TYPE),CCY(TYPE)
0020          4 FORMAT(I3,2F4.0,2F8.3,2F10.4)
0021          3 CONTINUE
0022            WRITE(3,5)
0023          5 FORMAT('1'////////40X,'TABEL NOMOR DISPLACEMENT TIAP ELEMEN'/
               *47X,'PADA SISTIM GLOBAL'/37X,42('=')/)
```

```
      DO 6 IEL=1,26
      WRITE(3,7) IEL,(NOMDIS(IEL,J),J=1,6),ITYPE(IEL)
    7 FORMAT(37X,8I5)
    6 CONTINUE
      WRITE(3,8)
    8 FORMAT(37X,42('=')///46X,'TABEL DATA TIAP ELEMEN'/46X,22('=')/)
      DO 9 TYPE=1,4
      WRITE(3,10) TYPE,B(TYPE),H(TYPE),XL(TYPE),ALP(TYPE),
     *CCX(TYPE),CCY(TYPE)
   10 FORMAT(40X,I3,2F6.0,4F10.5)
    9 CONTINUE
      DO 11 TYPE=1,NTYPE
      ALPHA=ALP(TYPE)*CONV
      CX=CCX(TYPE)
      CY=CCY(TYPE)
      CX2=CX*CX
      CY2=CY*CY
      CXCY=CX*CY
      IZ=B(TYPE)*H(TYPE)**3/12.
      L=XL(TYPE)
      A=B(TYPE)*H(TYPE)
      L2=L*L
      AL2I=A*L2/IZ
      EIL3=(E*IZ)/(L2*L)
      Y=H(TYPE)/2
      KE(TYPE,1,1)=AL2I*CX2+12.*CY2
      KE(TYPE,2,1)=(AL2I-12.)*CXCY
      KE(TYPE,2,2)=AL2I*CY2+12.*CX2
```

```
      KE(TYPE,3,1)=-6.*L*CY
      KE(TYPF,3,2)= 6.*L*CX
      KE(TYPE,3,3)= 4.*L*L
      KE(TYPE,4,1)=-(AL2I*CX2+12.*CY2)
      KE(TYPE,4,2)=-(AL2I-12.)*CXCY
      KE(TYPE,4,3)= 6.*L*CY
      KE(TYPE,4,4)=AL2I*CX2+12.*CY2
      KE(TYPE,5,1)=-(AL2I-12.)*CXCY
      KE(TYPE,5,2)=-(AL2I*CY2+12.*CX2)
      KE(TYPE,5,3)=-6.*L*CX
      KE(TYPE,5,4)=(AL2I-12.)*CXCY
      KE(TYPE,5,5)=AL2I*CY2+12.*CX2
      KE(TYPE,6,1)=-6.*L*CY
      KE(TYPE,6,2)= 6.*L*CX
      KE(TYPE,6,3)= 2.*L*L
      KE(TYPE,6,4)= 6.*L*CY
      KE(TYPE,6,5)=-6.*L*CX
      KE(TYPE,6,6)=4.*L2
      DO 12 I=1,6
      DO 12 J=1,6
      IF(I.GE.J) GO TO 13
      KE(TYPE,I,J)=KE(TYPE,J,I)
   13 KE(TYPE,I,J)=EIL3*KE(TYPE,I,J)
   12 CONTINUE
      WRITE(3,14) TYPE,((KE(TYPE,I,J),J=1,6),I=1,6)
   14 FORMAT('1',15(/),50X,'MATRIKS KEKAKUAN TYPE',I3/
     *50X,24('=')//6(25X,6G12.4//))
```

```
      IF(TYPE.LE.2) GO TO 58
      TRANS(TYPE-2,1,1)=CX
      TRANS(TYPE-2,1,2)=CY
      TRANS(TYPE-2,2,1)=-CY
      TRANS(TYPE-2,2,2)=CX
      TRANS(TYPE-2,3,3)=1.
      TRANS(TYPE-2,4,4)=CX
      TRANS(TYPE-2,4,5)=CY
      TRANS(TYPE-2,5,4)=-CY
      TRANS(TYPE-2,5,5)=CX
      TRANS(TYPE-2,6,6)=1.
   58 CONTINUE
      Y=-H(TYPE)/2.0
      BM(TYPE,1,1)=1./L
      BM(TYPE,1,4)=-1./L
      BM(TYPE,2,2)=(6.*Y)/L2
      BM(TYPE,2,3)=(4.*Y)/L
      BM(TYPE,2,5)=-(6.*Y)/L2
      BM(TYPE,2,6)=(2.*Y)/L
      BM(TYPE,3,1)=1./L
      BM(TYPE,3,4)=-1./L
      BM(TYPE,4,2)=-(6.*Y)/L2
      BM(TYPE,4,3)=-(2.*Y)/L
      BM(TYPE,4,5)= (6.*Y)/L2
      BM(TYPE,4,6)=-(4.*Y)/L
      Y=H(TYPE)/2.
      BE(TYPE,1,1)=1./L
      BE(TYPE,1,4)=-1./L
      BE(TYPE,2,2)=(6.*Y)/L2
      BE(TYPE,2,3)=(4.*Y)/L
      BE(TYPE,2,5)=-(6.*Y)/L2
```

```
          BE(TYPE,2,6)=(2.*Y)/L
          BE(TYPE,3,1)=1./L
          BE(TYPE,3,4)=-1./L
          BE(TYPE,4,2)=-(6.*Y)/L2
          BE(TYPE,4,3)=-(2.*Y)/L
          BE(TYPE,4,5)= (6.*Y)/L2
          BE(TYPE,4,6)=-(4.*Y)/L
          DO 54 I=1,4
          DO 54 J=1,6
          HE(TYPE,I,J)=E*BE(TYPE,I,J)
          HM(TYPE,I,J)=E*BM(TYPE,I,J)
       54 CONTINUE
       11 CONTINUE
          DO 47 I=1,72
       47 BEBAN(I)=0.
          READ(1,50) ((XLOAD(I,J),J=1,6),I=1,26)
       50 FORMAT(6F10.2)
          WRITE(3,53)
       53 FORMAT('1'//////61X,'DAFTAR MATRIKS BEBAN TIAP ELEMEN'/
         *35X,73('=')/)
          DO 51 I=1,26
          WRITE(3,52)  I,(XLOAD(I,J),J=1,6)
       52 FORMAT(35X,I3,2X,6F12.2)
       51 CONTINUE
          DO 15 IEL=1,26
          TYPE=ITYPE(IEL)
          DO 16 I=1,6
          II=NOMDIS(IEL,I)
          BEBAN(II)=BEBAN(II)+XLOAD(IEL,I)
```

```
      DO 16 J=1,6
      JJ=NOMDIS(IEL,J)
      STIFN(II,JJ)=STIFN(II,JJ)+KE(TYPE,I,J)
   16 CONTINUE
   15 CONTINUE
      GO TO(17,18),LIST
   17 DO 19 IP=1,65,8
      IFIN=IP+7
      DO 20 IB=1,37,36
      IC=IB+35
      WRITE(3,21) IP,IFIN,IB,IC,((STIFN(I,J),J=IP,IFIN),I=IB,IC)
   21 FORMAT('1',10(/),5 X,'MATRIKS KEKAKUAN GLOBAL'/
     *58X,'KOLUM',I3,' S/D',I3/58X,'BARIS',I3,' S/D',I3//18X,96('=')//
     *36(18X,8G12.4/)/18X,96('='))
   20 CONTINUE
   19 CONTINUE
   18 CONTINUE
      WRITE(3,59)
   59 FORMAT('1'///////42X,'MATRIKS BEBAN UNTUK SISTIM GLOBAL'//
     *37X,45('=')/39X,'TITIK',6X,'FX',9X,'FY',10X,'M'/37X,45('=')/)
      DO 60 I=1,24
      I1=(I-1)*3+1
      WRITE(3,61) I,BEBAN(I1),BEBAN(I1+1),BEBAN(I1+2)
   60 CONTINUE
      WRITE(3,62)
   61 FORMAT(40X,I3,2X,3E11.2)
   62 FORMAT(/37X,45('='))
      READ(1,22) NBOUND
   22 FORMAT(I4)
```

```
      READ(1,23) (IBOUND(I),I=1,NBOUND)
   23 FORMAT(20I4)
      WRITE(3,24) IBOUND
   24 FORMAT('1'////30X,'LIST BOUNDARY'/10X,20I5)
      DO 25 I=43,63
      DO 25 J=1,20
      STIF(I,J)=0.0
   25 CONTINUE
      DO 26 I1=1,NBOUND
      I2=IBOUND(I1)
      STIFN(I2,1)=XBOUND
   26 CONTINUE
      II=0
      DO 27 I=1,NGL
      IF(STIFN(I,1).LT.YBOUND) GO TO 27
      II=II+1
      NMAT=II
      INDEX(II)=I
      E(II)=BEBAN(I)
   27 CONTINUE
      DO 28 I=1,NMAT
      IBATAS=I+NBAND-1
      IF(IBATAS.GT.NMAT) IBATAS=NMAT
      DO 29 J=I,IBATAS
      JB=J-I+1
      STIF(I,JB)=STIFN(INDEX(I),INDEX(J))
   29 CONTINUE
   28 CONTINUE
      KBAND=0
      J=NBAND
```

```
   30 DO 31 I=1,NMAT
      SST=STIF(I,J)
      IF(SST.LT.0.0) SST=-SST
      IF(SST.GT.0.1E-06) KBAND=1
   31 CONTINUE
      IF(KBAND.EQ.1) GO TO 32
      J=J-1
      GO TO 30
   32 NBAND=J
      WRITE(3,33) NMAT,NBAND,((STIF(I,J),J=1,10),I=1,NMAT)
   33 FORMAT('1'//20X,'UKURAN BAND MATRIKS',I3,'X',I3/
     *30X,'LIST 10 KOLOM PERTAMA'/10X,100('=')//63(10X,10G12.4/))
      LOOP=NMAT-1
      DO 34 I=1,LOOP
      MB=I+1
      NB=I+NBAND-1
      IF(NB.GT.NMAT) NB=NMAT
      DO 34 J=MB,NB
      M=J+2-MB
      TEM=STIF(I,M)/STIF(I,1)
      F(J)=F(J)-TEM*F(I)
      MM=MINO(NBAND-M+1,NMAT-J+1)
      DO 34 K=1,MM
      II=M+K-1
      STIF(J,K)=STIF(J,K)-TEM*STIF(I,II)
   34 CONTINUE
      F(NMAT)=F(NMAT)/STIF(NMAT,1)
      DO 35 I=2,NMAT
```

```
      J=NMAT-I+1
      K=I
      IF(K.GT.NBAND) K=NBAND
      DO 36 M=2,K
      MB=J+M-1
      F(J)=F(J)-STIF(J,M)*F(MB)
   36 CONTINUE
      F(J)=F(J)/STIF(J,1)
   35 CONTINUF
      DO 37 II=1,NMAT
      I=INDEX(II)
      DEF(I)=F(II)
   37 CONTINUE
      WRITE(3,46) DEF
   46 FORMAT('1'//////50X,'TABEL DEFORMASI'/24(30X,3G13.4/))
      WRITE(3,38)
   38 FORMAT('1'//////50X,'M A T R I K S   D E F O R M A S I'//
     *25X,89('=')/18X,2(7X,'TITIK',5X,'U',12X,'V',10X,'THETA')/
     *17X,2(17X,'CM',11X,'CM',11X,'RAD')/25X,89('=')/)
      IA=0
      IB=12
      DO 39 I=1,34,3
      II=I+36
      I1=I+2
      I2=II+2
      IA=IA+1
      IB=IB+1
      WRITE(3,40) IA,(DEF(K),K=I,I1),IB,(DEF(K),K=II,I2)
   39 CONTINUE
```

```
      WRITE(3,64)
   64 FORMAT(/25X,89('='))
   40 FORMAT(21X,2(4X,I3,3G13.4)/)
      DO 2000 I=64,72
      REAKSI(I-63)=0.0
      DO 2000 J=20,72
      REAKSI(I-63)=REAKSI(I-63)+STIFN(I,J)*DEF(J)
 2000 CONTINUE
      WRITE(3,2001)
 2001 FORMAT('1'/////30X,'REAKSI TUMPUAN'/30X,14('=')/)
      DO 2002 I=64,70,3
      IA=I-63
      IN=(I+2)/3
 2002 WRITE(3,2003) IN,REAKSI(IA),REAKSI(IA+1),REAKSI(IA+2)
 2003 FORMAT(20X,I4,3X,3G12.4/)
      DO 41 IEL=1,NELT
      IPAGE=IEL-(IEL/4)*4
      IF(IPAGE.EQ.1) WRITE(3,63)
   63 FORMAT('1'////30X,'HASIL PERHITUNGAN TIAP ELEMEN'///)
      DO 42 I=1,6
      II=NOMOIS(IEL,I)
      DELTA(I)=DEF(II)
   42 CONTINUE
      TYPE=ITYPE(IEL)
      IZ=B(TYPE)*H(TYPE)**3/12.
      FACTOR=2./H(TYPE)
      IF(TYPE.LE.2) GO TO 55
      DO 56 I=1,6
      DEL(I)=DELTA(I)
```

```
   56 CONTINUE
      DO 57 I=1,6
      DELTA(I)=0
      DO 57 K=1,6
      DELTA(I)=DELTA(I)+TRANS(TYPE-2,I,K)*DEL(K)
   57 CONTINUE
   55 CONTINUE
      DO 43 I=1,4
      STR(I)=0.0
      STRAIN(I)=0.0
      DO 43 K=1,6
      STR(I)=STR(I)+BM(TYPE,I,K)*DELTA(K)
      STRAIN(I)=STRAIN(I)+BE(TYPE,I,K)*DELTA(K)
   43 CONTINUE
      DO 44 I=1,4
      SIG(I)=0.0
      SIGMA(I)=0.0
      DO 44 K=1,6
      SIG(I)=SIG(I)+HM(TYPE,I,K)*DELTA(K)
      SIGMA(I)=SIGMA(I)+HE(TYPE,I,K)*DELTA(K)
   44 CONTINUE
      MOMEN1=STRAIN(2)*E*IZ*FACTOR
      MOMEN2=STRAIN(4)*E*IZ*FACTOR
      WRITE(3,45) IEL,DELTA,STRAIN,STR,SIGMA,SIG,MOMEN1,MOMEN2
   45 FORMAT(30X, I3,6G12.4/35X,'STRAIN',4X,4G12.4/45X,4G12.4/
     *35X,'SIGMA ',4X,4G12.4/45X,4G12.4/
     *35X,'MOMEN ',2F12.2,'   (KG - CM)'/)
   41 CONTINUE
      STOP
      END
```

TABEL NOMOR DISPLACEMENT TIAP ELEMEN
PADA SISTIM GLOBAL

1	1	2	3	4	5	6	1
2	4	5	6	7	8	9	1
3	1	2	3	10	11	12	3
4	7	8	9	13	14	15	3
5	10	11	12	16	17	18	3
6	13	14	15	22	23	24	3
7	16	17	18	19	20	21	1
8	19	20	21	22	23	24	1
9	22	23	24	25	26	27	2
10	25	26	27	28	29	30	2
11	16	17	18	31	32	33	3
12	22	23	24	34	35	36	3
13	28	29	30	37	38	39	4
14	31	32	33	40	41	42	3
15	34	35	36	46	47	48	3
16	37	38	39	52	53	54	4
17	40	41	42	43	44	45	1
18	43	44	45	46	47	48	1
19	46	47	48	49	50	51	1
20	49	50	51	52	53	54	1
21	40	41	42	55	56	57	3
22	46	47	48	58	59	60	3
23	52	53	54	61	62	63	4
24	55	56	57	64	65	66	3
25	58	59	60	67	68	69	3
26	61	62	63	70	71	72	4

TABEL DATA TIAP ELEMEN

1	30.	60.	200.00000	0.0	1.00000	0.0
2	30.	60.	150.00000	0.0	1.00000	0.0
3	30.	40.	150.00000	270.00000	0.0	-1.00000
4	30.	40.	158.11400	288.43481	0.31620	-0.94870

MATRIKS KEKAKUAN TYPE 1

0.9000E 06	0.0	0.0	-0.9000E 06	0.0	0.0
0.0	0.8100E 05	0.8100E 07	0.0	-0.8100E 05	0.8100E 07
0.0	0.8100E 07	0.1080E 10	0.0	-0.8100E 07	0.5400E 09
-0.9000E 06	0.0	0.0	0.9000E 06	0.0	0.0
0.0	-0.8100E 05	-0.8100E 07	0.0	0.8100E 05	-0.8100E 07
0.0	0.8100E 07	0.5400E 09	0.0	-0.8100E 07	0.1080E 10

MATRIKS KEKAKUAN TYPE 2

0.1200E 07	0.0	0.0	-0.1200E 07	0.0	0.0
0.0	0.1920E 06	0.1440E 08	0.0	-0.1920E 06	0.1440E 08
0.0	0.1440E 08	0.1440E 10	0.0	-0.1440E 08	0.7200E 09
-0.1200E 07	0.0	0.0	0.1200E 07	0.0	0.0
0.0	-0.1920E 06	-0.1440E 08	0.0	0.1920E 06	-0.1440E 08
0.0	0.1440E 08	0.7200E 09	0.0	-0.1440E 08	0.1440E 10

MATRIKS KEKAKUAN TYPE 3

0.5685E 05	0.0	0.4267E 07	-0.5689E 05	0.0	0.4267E 07
0.0	0.8000E 06	0.0	0.0	-0.8000E 06	0.0
0.4267E 07	0.0	0.4267E 09	-0.4267E 07	0.0	0.2133E 09
-0.5689E 05	0.0	-0.4267E 07	0.5689E 05	0.0	-0.4267E 07
0.0	-0.8000E 06	0.0	0.0	0.8000E 06	0.0
0.4267E 07	0.0	0.2133E 09	-0.4267E 07	0.0	0.4267E 09

MATRIKS KEKAKUAN TYPE 4

0.1196E 06	-0.2131E 06	0.3543E 07	-0.1196E 06	0.2131E 06	0.3643E 07
-0.2131E 06	0.6879E 06	0.1214E 07	0.2131E 06	-0.6879E 06	0.1214E 07
0.3643E 07	0.1214E 07	0.4048E 09	-0.3643E 07	-0.1214E 07	0.2024E 09
-0.1196E 06	0.2131E 06	-0.3643E 07	0.1196E 06	-0.2131E 06	-0.3643E 07
0.2131E 06	-0.6879E 06	-0.1214E 07	-0.2131E 06	0.6879E 06	-0.1214E 07
0.3643E 07	0.1214E 07	0.2024E 09	-0.3643E 07	-0.1214E 07	0.4048E 09

DAFTAR MATRIKS BEBAN TIAP ELEMEN

1	0.0	4000.00	133333.31	0.0	4000.00	-133333.31
2	0.0	4000.00	133333.31	0.0	4000.00	-133333.31
3	-2000.00	216.00	0.0	0.0	216.00	0.0
4	0.0	216.00	0.0	0.0	216.00	0.0
5	0.0	216.00	0.0	0.0	216.00	0.0
6	0.0	216.00	0.0	0.0	216.00	0.0
7	0.0	5000.00	166666.63	0.0	5000.00	-166666.63
8	0.0	5000.00	166666.63	0.0	5000.00	-166666.63
9	0.0	3468.75	84375.00	0.0	3093.75	-60937.50
10	0.0	2531.25	60937.50	0.0	2156.25	-56250.00
11	-4000.00	216.00	0.0	0.0	216.00	0.0
12	0.0	216.00	0.0	0.0	216.00	0.0
13	0.0	227.68	1897.37	0.0	227.68	-1897.37
14	0.0	216.00	0.0	0.0	216.00	0.0
15	0.0	216.00	0.0	0.0	216.00	0.0
16	0.0	227.68	1897.37	0.0	227.68	-1897.37
17	0.0	5000.00	166666.63	0.0	5000.00	-166666.63
18	0.0	5000.00	166666.63	0.0	5000.00	-166666.63
19	0.0	5000.00	166666.63	0.0	5000.00	-166666.63
20	0.0	5000.00	166666.63	0.0	5000.00	-166666.63
21	-5000.00	216.00	0.0	0.0	216.00	0.0
22	0.0	216.00	0.0	0.0	216.00	0.0
23	0.0	227.68	1897.37	0.0	227.68	-1897.37
24	0.0	216.00	0.0	0.0	216.00	0.0
25	0.0	216.00	0.0	0.0	216.00	0.0
26	0.0	227.68	1897.37	0.0	227.68	-1897.37

MATRIKS KEKAKUAN GLOBAL
KOLOM 1 S/D 3
BARIS 1 S/D 36

0.9569E 06	0.0	0.4267E 07	-0.9000E 06	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.8810E 06	0.8100E 07	0.0	-0.8100E 05	0.8100E 07	0.0	0.0
0.4267E 07	0.8100E 07	0.1507E 10	0.0	-0.8100E 07	0.5400E 09	0.0	0.0
-0.9000E 06	0.0	0.0	0.1800E 07	0.0	0.0	-0.9000E 06	0.0
0.0	-0.8100E 05	-0.8100E 07	0.0	0.1620E 06	0.0	0.0	-0.8100E 05
0.0	0.8100E 07	0.5400E 09	0.0	0.0	0.2160E 10	0.0	-0.8100E 07
0.0	0.0	0.0	-0.9000E 06	0.0	0.0	0.9569E 06	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8100E 05	-0.8100E 07	0.0	0.8810E 06
0.0	0.0	0.0	0.0	0.8100E 07	0.5400E 09	0.4267E 07	-0.8100E 07
-0.5689E 05	0.0	-0.4267E 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	-0.8000E 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.4267E 07	0.0	0.2133E 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5689E 05	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8000E 06
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4267E 07	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

MATRIKS KEKAKUAN GLOBAL

MATRIKS KEKAKUAN GLOBAL
KOLOM 1 S/D 8
BARIS 37 S/D 72

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

MATRIKS KEKAKUAN GLOBAL
KOLOM 9 S/D 16
BARIS 1 S/D 36

0.0	-0.5689E 05	0.0	0.4267E 07	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	-0.8000E 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	-0.4267E 07	0.0	0.2133E 09	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.8100E 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5400E 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.4267E 07	0.0	0.0	0.0	-0.5689E 05	0.0	0.4267E 07	0.0
-0.8100E 07	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8000E 06	0.0	0.0
0.1507E 10	0.0	0.0	0.0	-0.4267E 07	0.0	0.2133E 09	0.0
0.0	0.1138E 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5689E 05
0.0	0.0	0.1600E 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.8533E 09	0.0	0.0	0.0	-0.4267E 07
-0.4267E 07	0.0	0.0	0.0	0.1138E 06	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1600E 07	0.0	0.0
0.2133E 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8533E 09	0.0
0.0	-0.5689E 05	0.0	-0.4267E 07	0.0	0.0	0.0	0.1014E 07
0.0	0.0	-0.8000E 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.4267E 07	0.0	0.2133E 09	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.9000E 06
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5689E 05	0.0	-0.4267E 07	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8000E 06	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.4267E 07	0.0	0.2133E 09	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5689E 05
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4267E 07
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
[illegible]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.0	0.0

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

MATRIKS KEKAKUAN GLOBAL
KOLOM 9 S/D 16
BARIS 37 S/D 72

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

MATRIKS KEKAKUAN GLOBAL
KOLOM 17 S/D 24
BARIS 1 S/D 36

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.4267E 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.8000E 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.2133E 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5689E 05	0.0	0.4267E 07
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8000E 06	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4267E 07	0.0	0.2133E 09
0.0	0.0	-0.9000E 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1681E 07	0.8100E 07	0.0	-0.8100E 05	0.8100E 07	0.0	0.0	0.0
0.8100E 07	0.1933E 10	0.0	-0.8100E 07	0.5400E 09	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.1800E 07	0.0	0.0	-0.9000E 06	0.0	0.0
-0.8100E 05	-0.8100E 07	0.0	0.1620E 06	0.0	0.0	-0.8100E 05	0.8100E 07
0.8100E 07	0.5400E 09	0.0	0.0	0.2160E 10	0.0	-0.8100E 07	0.5400E 09
0.0	0.0	-0.9000E 06	0.0	0.0	0.2214E 07	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	-0.8100E 05	-0.8100E 07	0.0	0.1873E 07	0.6300E 07
0.0	0.0	0.0	0.8100E 07	0.5400E 09	0.0	0.6300E 07	0.3373E 10
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1200E 07	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1920E 06	-0.1440E 08
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1440E 08	0.7200E 09
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	-0.4267E 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.8000E 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.2133E 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5689E 05	0.0	-0.4267E 07
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8000E 06	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4267E 07	0.0	0.2133E 09

0.0 0.0 0.0

MATRIKS KEKAKUAN GLOBAL
KOLOM 17 S/D 24
BARIS 37 S/D 72

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

MATRIKS KEKAKUAN GLOBAL
KOLOM 25 S/D 32
BARIS 1 S/D 36

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5689E 05	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8000E 06
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4267E 07	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.1200E 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	-0.1920E 06	0.1440E 08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	-0.1440E 08	0.7200E 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.2400E 07	0.0	0.0	-0.1200E 07	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.3840E 06	0.0	0.0	-0.1920E 06	0.1440E 08	0.0	0.0
0.0	0.0	0.2880E 10	0.0	-0.1440E 08	0.7200E 09	0.0	0.0
-0.1200E 07	0.0	0.0	0.1320E 07	-0.2131E 06	0.3643E 07	0.0	0.0
0.0	-0.1920E 06	-0.1440E 08	-0.2131E 06	0.8799E 06	-0.1319E 08	0.0	0.0
0.0	0.1440E 08	0.7200E 09	0.3643E 07	-0.1319E 08	0.1845E 10	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1138E 06	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1600E 07
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0

MATRIKS KEKAKUAN GLOBAL
KOLUM 25 S/D 32
BARIS 37 S/D 72

0.0	0.0	0.0	-0.1196E 06	0.2131E 06	-0.3643E 07	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.2131E 06	-0.6879E 06	-0.1214E 07	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.3643E 07	0.1214E 07	0.2024E 09	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5689E 05	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8000E 06
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4267E 07	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

MATRIKS KEKAKUAN GLOBAL
KOLOM 33 S/D 40
BARIS 1 S/D 36

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.4267E 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.2133E 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	-0.5689E 05	0.0	0.4267E 07	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	-0.8000E 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	-0.4267E 07	0.0	0.2133E 09	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1196E 06	0.2131E 06	0.3643E 07	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.2131E 06	-0.6879E 06	0.1214E 07	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3643E 07	-0.1214E 07	0.2024E 09	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5689E 05
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.8533E 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4267E 07
0.0	0.1138E 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.1600E 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.8533E 09	0.0	0.0	0.0	0.0

MATRIKS KEKAKUAN GLOBAL

MATRIKS KEKAKUAN GLOBAL
KOLOM 33 S/D 40
BARIS 37 S/D 72

0.0	0.0	0.0	0.0	0.2392E 06	-0.4262E 06	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4262E 06	0.1376E 07	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8095E 09	0.0
-0.4267E 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1014E 07
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.2133E 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.9000E 06
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	-0.5689E 05	0.0	-0.4267E 07	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	-0.8000E 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.4267E 07	0.0	0.2133E 09	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1196E 06	0.2131E 06	-0.3643E 07	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.2131E 06	-0.6879E 06	-0.1214E 07	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.3643E 07	0.1214E 07	0.2024E 09	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5689E 05
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4267E 07
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

MATRIKS KEKAKUAN GLOBAL
KOLOM 41 S/D 48
BARIS 1 S/D 36

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.4267E 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.8000E 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.2133E 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5689E 05	0.0	0.4267E 07
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8000E 06	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4267E 07	0.0	0.2133E 09

0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 -0.4267E 07 0.0

MATRIKS KEKAKUAN GLOBAL
KOLOM 41 S/D 48
BARIS 37 S/D 72

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	-0.9000E 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1681E 07	0.8100E 07	0.0	-0.8100E 05	0.8100E 07	0.0	0.0	0.0
0.8100E 07	0.1933E 10	0.0	-0.8100E 07	0.5400E 09	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.1800E 07	0.0	0.0	-0.9000E 06	0.0	0.0
-0.8100E 05	-0.8100E 07	0.0	0.1620E 06	0.0	0.0	-0.8100E 05	0.8100E 07
0.8100E 07	0.5400E 09	0.0	0.0	0.2160E 10	0.0	-0.8100E 07	0.5400E 09
0.0	0.0	-0.9000E 06	0.0	0.0	0.1914E 07	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	-0.8100E 05	-0.8100E 07	0.0	0.1762E 07	0.0
0.0	0.0	0.0	0.8100E 07	0.5400E 09	0.0	0.0	0.3013E 10
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.9000E 06	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8100E 05	-0.8100E 07
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8100E 07	0.5400E 09
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	-0.4267E 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.8000E 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.2133E 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5689E 05	0.0	-0.4267E 07
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8000E 06	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4267E 07	0.0	0.2133E 09
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

MATRIKS KEKAKUAN GLOBAL
KOLOM 49 S/D 56
BARIS 1 S/D 36

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

MATRIKS KEKAKUAN GLOBAL

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

MATRIKS KEKAKUAN GLOBAL
KOLOM 49 S/D 56
BARIS 37 S/D 72

0.0	0.0	0.0	-0.1196E 06	0.2131E 06	0.3643E 07	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.2131E 06	-0.6879E 06	0.1214E 07	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	-0.3643E 07	-0.1214E 07	0.2024E 09	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5689E 05	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8000E 06
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4267E 07	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.9000E 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	-0.8100E 05	0.8100E 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	-0.8100E 07	0.5400E 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1800E 07	0.0	0.0	-0.9000E 06	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.1620E 06	0.0	0.0	-0.8100E 05	0.8100E 07	0.0	0.0
0.0	0.0	0.2160E 10	0.0	-0.8100E 07	0.5400E 09	0.0	0.0
-0.9000E 06	0.0	0.0	0.1139E 07	-0.4262E 06	0.0	0.0	0.0
0.0	-0.8100E 05	-0.8100E 07	-0.4262E 06	0.1457E 07	-0.8100E 07	0.0	0.0
0.0	0.8100E 07	0.5400E 09	0.0	-0.8100E 07	0.1890E 10	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1138E 06	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1600E 07
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	-0.1196E 06	0.2131E 06	-0.3643E 07	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.2131E 06	-0.6879E 06	-0.1214E 07	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.3643E 07	0.1214E 07	0.2024E 09	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5689E 05	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8000E 06
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4267E 07	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

MATRIKS KEKAKUAN GLOBAL
KOLOM 57 S/D 64
BARIS 1 S/D 36

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

MATRIKS KEKAKUAN GLOBAL
KOLOM 57 S/D 64
BARIS 37 S/D 72

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.4267E 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.2133E 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	-0.5689E 05	0.0	0.4267E 07	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	-0.8000E 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	-0.4267E 07	0.0	0.2133E 09	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1196E 06	0.2131E 06	0.3643E 07	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.2131E 06	-0.6879E 06	0.1214E 07	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3643E 07	-0.1214E 07	0.2024E 09	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5689E 05
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.8533E 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4267E 07
0.0	0.1138E 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.1600E 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.8533E 09	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.2392E 06	-0.4262E 06	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4262E 06	0.1376E 07	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8095E 09	0.0
-0.4267E 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5689E 05
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.2133E 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4267E 07
0.0	-0.5689E 05	0.0	-0.4267E 07	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	-0.8000E 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.4267E 07	0.0	0.2133E 09	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1196E 06	0.2131E 06	-0.3643E 07	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.2131E 06	-0.6879E 06	-0.1214E 07	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.3643E 07	0.1214E 07	0.2024E 09	0.0

MATRIKS KEKAKUAN GLOBAL
KOLOM 65 S/D 72
BARIS 1 S/D 36

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
			[illegible]	0.0	0.0	0.0	0.0

0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

MATRIKS KEKAKUAN GLOBAL
KOLOM 65 S/D 72
BARIS 37 S/D 72

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.4267E 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.8000E 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.2133E 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	-0.5689E 05	0.0	0.4267E 07	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	-0.8000E 06	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	-0.4267E 07	0.0	0.2133E 09	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1196E 06	0.2131E 06	0.3643E 07
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2131E 06	-0.6879E 06	0.1214E 07
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3643E 07	-0.1214E 07	0.2024E 09
0.0	-0.4267E 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.8000E 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.4267E 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.5689E 05	0.0	-0.4267E 07	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.8000E 06	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	-0.4267E 07	0.0	0.4267E 09	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1196E 06	-0.2131E 06	-0.3643E 07
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2131E 06	0.6879E 06	-0.1214E 07
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3643E 07	-0.1214E 07	0.4048E 09

MATRIKS BEBAN UNTUK SISTIM GLOBAL

TITIK	FX	FY	M
1	-2000.00	4216.00	133333.31
2	0.0	8000.00	0.0
3	0.0	4216.00	-133333.31
4	0.0	432.00	0.0
5	0.0	432.00	0.0
6	-4000.00	5432.00	166666.63
7	0.0	10000.00	0.0
8	0.0	8900.75	-82291.63
9	0.0	5625.00	0.0
10	0.0	2383.93	-54352.63
11	0.0	432.00	0.0
12	0.0	432.00	0.0
13	0.0	455.36	0.0
14	-5000.00	5432.00	166666.63
15	0.0	10000.00	0.0
16	0.0	10432.00	0.0
17	0.0	10000.00	0.0
18	0.0	5455.36	-166666.56
19	0.0	432.00	0.0
20	0.0	432.00	0.0
21	0.0	455.36	0.0
22	0.0	216.00	0.0
23	0.0	216.00	0.0
24	0.0	227.68	-1897.37

LIST BOUNDARY

64 65 66 67 68 69 70 71 72

16	0.0	10432.00	0.0
17	0.0	10000.00	0.0
18	0.0	5455.36	-166666.56
19	0.0	432.00	0.0
20	0.0	432.00	0.0
21	0.0	455.36	0.0
22	0.0	216.00	0.0
23	0.0	216.00	0.0
24	0.0	227.68	-1897.37

LIST BOUNDARY

64 65 66 67 68 69 70 71 72

UKURAN BAND MATRIKS 63X 18

LIST 10 KOLOM PERTAMA

0.9569D 06	0.0	0.4267D 07	-0.9000D 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5689D 05
0.8810D 06	0.8100D 07	0.0	-0.8100D 05	0.8100D 07	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8000D 06
0.1507D 10	0.0	-0.8100D 07	0.5400D 09	0.0	0.0	0.0	-0.4267D 07	0.0	0.2133D 09
0.1800D 07	0.0	0.0	-0.9000D 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1620D 06	0.0	0.0	-0.8100D 05	0.8100D 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.2160D 10	0.0	-0.8100D 07	0.5400D 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.9569D 06	0.0	0.4267D 07	0.0	0.0	0.0	-0.5689D 05	0.0	0.4267D 07	0.0
0.8810D 06	-0.8100D 07	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8000D 06	0.0	0.0	0.0
0.1507D 10	0.0	0.0	0.0	-0.4267D 07	0.0	0.2133D 09	0.0	0.0	0.0
0.1138D 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5689D 05	0.0	0.4267D 07	0.0
0.1600D 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8000D 06	0.0	0.0	0.0
0.8533D 09	0.0	0.0	0.0	-0.4267D 07	0.0	0.2133D 09	0.0	0.0	0.0
0.1138D 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5689D 05
0.1600D 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8000D 06
0.8533D 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4267D 07	0.0	0.2133D 09
0.1014D 07	0.0	0.0	-0.9000D 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1681D 07	0.8100D 07	0.0	-0.8100D 05	0.8100D 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1933D 10	0.0	-0.8100D 07	0.5400D 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1800D 07	0.0	0.0	-0.9000D 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1620D 06	0.0	0.0	-0.8100D 05	0.8100D 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.2160D 10	0.0	-0.8100D 07	0.5400D 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.2214D 07	0.0	0.0	-0.1200D 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1873D 07	0.6300D 07	0.0	-0.1920D 06	0.1440D 08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.3373D 10	0.0	-0.1440D 08	0.7200D 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.2400D 07	0.0	0.0	-0.1200D 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.3840D 06	0.0	0.0	-0.1920D 06	0.1440D 08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.2880D 10	0.0	-0.1440D 08	0.7200D 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1320D 07	-0.2131D 06	0.3643D 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1196D 06
0.8799D 06	-0.1319D 08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2131D 06	-0.6879D 06
0.1845D 10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3643D 07	-0.1214D 07	0.2024D 09
0.1138D 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5689D 05
0.1600D 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8000D 06
0.8533D 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4267D 07	0.0	0.2133D 09
0.1138D 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1600D 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.8533D 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.2392D 06	-0.4262D 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1376D 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.8095D 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1014D 07	0.0	0.0	-0.9000D 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1681D 07	0.8100D 07	0.0	-0.8100D 05	0.8100D 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1933D 10	0.0	-0.8100D 07	0.5400D 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1800D 07	0.0	0.0	-0.9000D 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1620D 06	0.0	0.0	-0.8100D 05	0.8100D 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.2160D 10	0.0	-0.8100D 07	0.5400D 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1914D 07	0.0	0.0	-0.9000D 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1762D 07	0.0	0.0	-0.8100D 05	0.8100D 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.3013D 10	0.0	-0.8100D 07	0.5400D 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1800D 07	0.0	0.0	-0.9000D 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1620D 06	0.0	0.0	-0.8100D 05	0.8100D 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.2160D 10	0.0	-0.8100D 07	0.5400D 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1139D 07	-0.4262D 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1196D 06
0.1457D 07	-0.8100D 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2131D 06	-0.6879D 06
0.1890D 10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3643D 07	-0.1214D 07	0.2024D 09
0.1138D 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1600D 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.8533D 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1138D 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1600D 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.8533D 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.2392D 06	-0.4262D 06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1376D 07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.8095D 09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

TABEL DEFORMASI

-0.7564	0.1291	0.1307E-02
-0.7533	0.3096	0.9804E-04
-0.7501	0.2058	-0.5486E-03
-0.6231	0.1198	0.6660E-03
-0.6264	0.1946	0.1535E-02
-0.4981	0.1099	0.1195E-02
-0.4935	0.2861	0.6611E-04
-0.4889	0.1828	-0.3657E-03
-0.4845	0.8580E-01	-0.9984E-03
-0.4802	-0.7917E-01	-0.8808E-03
-0.3887	0.8817E-01	0.4957E-03
-0.3987	0.1512	0.1144E-02
-0.3865	-0.5944E-01	0.1379E-02
-0.2798	0.6591E-01	0.1187E-02
-0.2762	0.2079	-0.1258E-03
-0.2725	0.1191	0.1145E-03
-0.2689	0.1353	-0.4726E-03
-0.2653	-0.3112E-01	-0.4777E-03
-0.9541E-01	0.3322E-01	0.1103E-02
-0.1320	0.5984E-01	0.1334E-02
-0.1492	-0.2079E-01	0.1360E-02
0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0

M A T R I K S   D E F O R M A S I

TITIK	U CM	V CM	THETA RAD	TITIK	U CM	V CM	THETA RAD
1	-0.7564	0.1291	0.1307E-02	13	-0.3865	-0.5944E-01	0.1379E-02
2	-0.7533	0.3096	0.9804E-04	14	-0.2798	0.6591E-01	0.1187E-02
3	-0.7501	0.2058	-0.5486E-03	15	-0.2762	0.2079	-0.1258E-03
4	-0.6231	0.1198	0.6660E-03	16	-0.2725	0.1191	0.1145E-03
5	-0.6264	0.1946	0.1535E-02	17	-0.2689	0.1353	-0.4726E-03
6	-0.4981	0.1099	0.1195E-02	18	-0.2653	-0.3112E-01	-0.4777E-03
7	-0.4935	0.2861	0.6611E-04	19	-0.9541E-01	0.3322E-01	0.1103E-02
8	-0.4889	0.1828	-0.3657E-03	20	-0.1320	0.5984E-01	0.1334E-02
9	-0.4845	0.8580E-01	-0.9984E-03	21	-0.1492	-0.2079E-01	0.1360E-02
10	-0.4802	-0.7917E-01	-0.8808E-03	22	0.0	0.0	0.0
11	-0.3887	0.8817E-01	0.4957E-03	23	0.0	0.0	0.0
12	-0.3987	0.1512	0.1144E-02	24	0.0	0.0	0.0

REAKSI TUMPUAN
==============

22	724.0	-0.2658E 05	-0.1719E 06
23	1816.	-0.4787E 05	-0.2785E 06
24	8463.	-0.1915E 05	-0.2937E 06

HASIL PERHITUNGAN TIAP ELEMEN

```
1 -0.7564       0.1291      0.1307E-02 -0.7533      0.3096       0.9804E-04
  STRAIN      -0.1574E-04  0.1385E-05 -0.1574E-04  0.3614E-03
              -0.1574E-04 -0.1385E-05 -0.1574E-04 -0.3614E-03
  SIGMA        -1.573       0.1385      -1.573       36.14
               -1.573      -0.1385      -1.573      -36.14
  MOMEN       2493.35    650551.38     (KG - CM)
2 -0.7533       0.3096      0.9804E-04 -0.7501      0.2058      -0.5486E-03
  STRAIN      -0.1574E-04  0.3614E-03 -0.1574E-04 -0.1674E-03
              -0.1574E-04 -0.3614E-03 -0.1574E-04  0.1674E-03
  SIGMA        -1.574       36.14       -1.574      -16.74
               -1.574      -36.14       -1.574       16.74
  MOMEN     650551.38   -301391.19     (KG - CM)
3 -0.1291      -0.7564      0.1307E-02 -0.1198     -0.6231       0.6660E-03
  STRAIN      -0.6214E-04  0.1636E-03 -0.6214E-04  0.7475E-05
              -0.6214E-04 -0.1636E-03 -0.6214E-04 -0.7475E-05
  SIGMA        -6.214       16.36       -6.214       0.7476
               -6.214      -16.36       -6.214      -0.7476
  MOMEN     130841.38      5979.83     (KG - CM)
4 -0.2058      -0.7501     -0.5486E-03 -0.1946     -0.6264       0.1535E-02
  STRAIN      -0.7480E-04 -0.5434E-03 -0.7480E-04 -0.1220E-04
              -0.7480E-04  0.5434E-03 -0.7480E-04  0.1220E-04
  SIGMA        -7.480      -54.34       -7.480      -1.220
               -7.480       54.34       -7.480       1.220
  MOMEN    -434722.94     -9756.90     (KG - CM)
```

HASIL PERHITUNGAN TIAP ELEMEN

```
5 -0.1198       -0.6231        0.6660E-03 -0.1099        -0.4961         0.1195E-02
  STRAIN        -0.6574E-04  0.7476E-05 -0.6574E-04 -0.1486E-03
                -0.6574E-04 -0.7476E-05 -0.6574E-04  0.1486E-03
  SIGMA          -6.574        0.7478        -6.574        -14.86
                 -6.574       -0.7478        -6.574         14.86
  MOMEN         5980.95   -118875.06    (KG - CM)

6 -0.1946       -0.6264        0.1535E-02 -0.1828        -0.4889        -0.3657E-03
  STRAIN        -0.7840E-04 -0.1219E-04 -0.7840E-04  0.5190E-03
                -0.7840E-04  0.1219E-04 -0.7840E-04 -0.5190E-03
  SIGMA          -7.840       -1.219         -7.840         51.90
                 -7.840        1.219         -7.840        -51.90
  MOMEN        -9755.45    415215.88    (KG - CM)

7 -0.4981        0.1099        0.1195E-02 -0.4935         0.2861         0.6611E-04
  STRAIN        -0.2309E-04 -0.5611E-04 -0.2309E-04  0.3948E-03
                -0.2309E-04  0.5611E-04 -0.2309E-04 -0.3948E-03
  SIGMA          -2.309       -5.611         -2.309         39.48
                 -2.309        5.611         -2.309        -39.48
  MOMEN      -100995.38    710717.25    (KG - CM)

8 -0.4935        0.2861        0.6611E-04 -0.4889         0.1828        -0.3657E-03
  STRAIN        -0.2309E-04  0.3948E-03 -0.2309E-04 -0.2653E-03
                -0.2309E-04 -0.3948E-03 -0.2309E-04  0.2653E-03
  SIGMA          -2.310        39.48         -2.310        -26.53
                 -2.310       -39.48         -2.310         26.53
  MOMEN       710717.25   -477568.50    (KG - CM)
```

HASIL PERHITUNGAN TIAP ELEMEN

```
  9 -0.4889        0.1828      -0.3657E-03 -0.4845      0.8580E-01 -0.9984E-03
     STRAIN      -0.2880E-04  0.8438E-04 -0.2880E-04  0.1687E-03
                 -0.2880E-04 -0.8438E-04 -0.2880E-04 -0.1687E-03
     SIGMA         -2.880       8.438      -2.880      16.87
                   -2.880      -8.438      -2.880     -16.87
     MOMEN      151884.25    303667.00    (KG - CM)

 10 -0.4845        0.8580E-01 -0.9984E-03 -0.4802     -0.7917E-01 -0.8808E-03
     STRAIN      -0.2880E-04  0.1687E-03 -0.2880E-04 -0.2157E-03
                 -0.2880E-04 -0.1687E-03 -0.2880E-04  0.2157E-03
     SIGMA         -2.880      16.87       -2.880     -21.57
                   -2.880     -16.87       -2.880      21.57
     MOMEN      303664.81   -388298.50    (KG - CM)

 11 -0.1099      -0.4981       0.1195E-02 -0.8817E-01 -0.3887       0.4957E-03
     STRAIN      -0.1448E-03  0.1860E-03 -0.1448E-03  0.5532E-06
                 -0.1448E-03 -0.1860E-03 -0.1448E-03 -0.5532E-06
     SIGMA         -14.48      18.60       -14.48      0.5527E-01
                   -14.48     -18.60       -14.48     -0.5527E-01
     MOMEN      148788.25      442.56     (KG - CM)

 12 -0.1828      -0.4889      -0.3657E-03 -0.1512     -0.3987       0.1144E-02
     STRAIN      -0.2105E-03 -0.3707E-03 -0.2105E-03 -0.3201E-04
                 -0.2105E-03  0.3707E-03 -0.2105E-03  0.3201E-04
     SIGMA         -21.05     -37.07       -21.05      -3.201
                   -21.05      37.07       -21.05       3.201
     MOMEN     -296528.38    -25608.01    (KG - CM)
```

HASIL PERHITUNGAN TIAP ELEMEN

```
13 -0.7674E-01 -0.4806        -0.8808E-03 -0.6583E-01 -0.3855        0.1379E-02
   STRAIN      -0.6898E-04 -0.5533E-03 -0.6898E-04 -0.1838E-04
               -0.6898E-04  0.5533E-03 -0.6898E-04  0.1838E-04
   SIGMA        -6.898       -55.33       -6.898       -1.838
                -6.898        55.33       -6.898        1.838
   MOMEN    -442653.56    -14705.20    (KG - CM)

14 -0.8817E-01 -0.3887         0.4957E-03 -0.6591E-01 -0.2798        0.1187E-02
   STRAIN      -0.1484E-03  0.5534E-06 -0.1484E-03 -0.1849E-03
               -0.1484E-03 -0.5534E-06 -0.1484E-03  0.1849E-03
   SIGMA        -14.84       0.5533E-01   -14.84       -18.49
                -14.84      -0.5533E-01   -14.84        18.49
   MOMEN        442.75   -147901.19    (KG - CM)

15 -0.1512     -0.3987         0.1144E-02 -0.1191       -0.2725        0.1145E-03
   STRAIN      -0.2141E-03 -0.3201E-04 -0.2141E-03  0.3066E-03
               -0.2141E-03  0.3201E-04 -0.2141E-03 -0.3066E-03
   SIGMA        -21.41       -3.201       -21.41        30.66
                -21.41        3.201       -21.41       -30.66
   MOMEN     -25607.47    245314.88    (KG - CM)

16 -0.6583E-01 -0.3855         0.1379E-02 -0.5436E-01 -0.2615       -0.4777E-03
   STRAIN      -0.7258E-04 -0.1838E-04 -0.7258E-04  0.4881E-03
               -0.7258E-04  0.1838E-04 -0.7258E-04 -0.4881E-03
   SIGMA        -7.258       -1.838       -7.258        48.81
                -7.258        1.838       -7.258       -48.81
```

HASIL PERHITUNGAN TIAP ELEMEN

17	-0.2798	0.6591E-01	0.1167E-02	-0.2762	0.2079	-0.1258E-03
	STRAIN	-0.1826E-04	0.3559E-04	-0.1826E-04	0.3582E-03	
		-0.1826E-04	-0.3559E-04	-0.1826E-04	-0.3582E-03	
	SIGMA	-1.826	3.559	-1.826	35.82	
		-1.826	-3.559	-1.826	-35.82	
	MOMEN	64062.20	644777.50	(KG - CM)		
18	-0.2762	0.2079	-0.1258E-03	-0.2725	0.1191	0.1145E-03
	STRAIN	-0.1826E-04	0.3582E-03	-0.1826E-04	-0.4303E-03	
		-0.1826E-04	-0.3582E-03	-0.1826E-04	0.4303E-03	
	SIGMA	-1.826	35.82	-1.826	-43.03	
		-1.826	-35.82	-1.826	43.03	
	MOMEN	644777.00	-774506.06	(KG - CM)		
19	-0.2725	0.1191	0.1145E-03	-0.2689	0.1353	-0.4726E-03
	STRAIN	-0.1821E-04	-0.1461E-03	-0.1821E-04	0.3222E-03	
		-0.1821E-04	0.1461E-03	-0.1821E-04	-0.3222E-03	
	SIGMA	-1.821	-14.61	-1.821	32.22	
		-1.821	14.61	-1.821	-32.22	
	MOMEN	-262903.38	579943.38	(KG - CM)		
20	-0.2689	0.1353	-0.4726E-03	-0.2653	-0.3112E-01	-0.4777E-03
	STRAIN	-0.1821E-04	0.3222E-03	-0.1821E-04	-0.3207E-03	
		-0.1821E-04	-0.3222E-03	-0.1821E-04	0.3207E-03	
	SIGMA	-1.821	32.22	-1.821	-32.07	
		-1.821	-32.22	-1.821	32.07	
	MOMEN	579942.88	-577208.44	(KG - CM)		

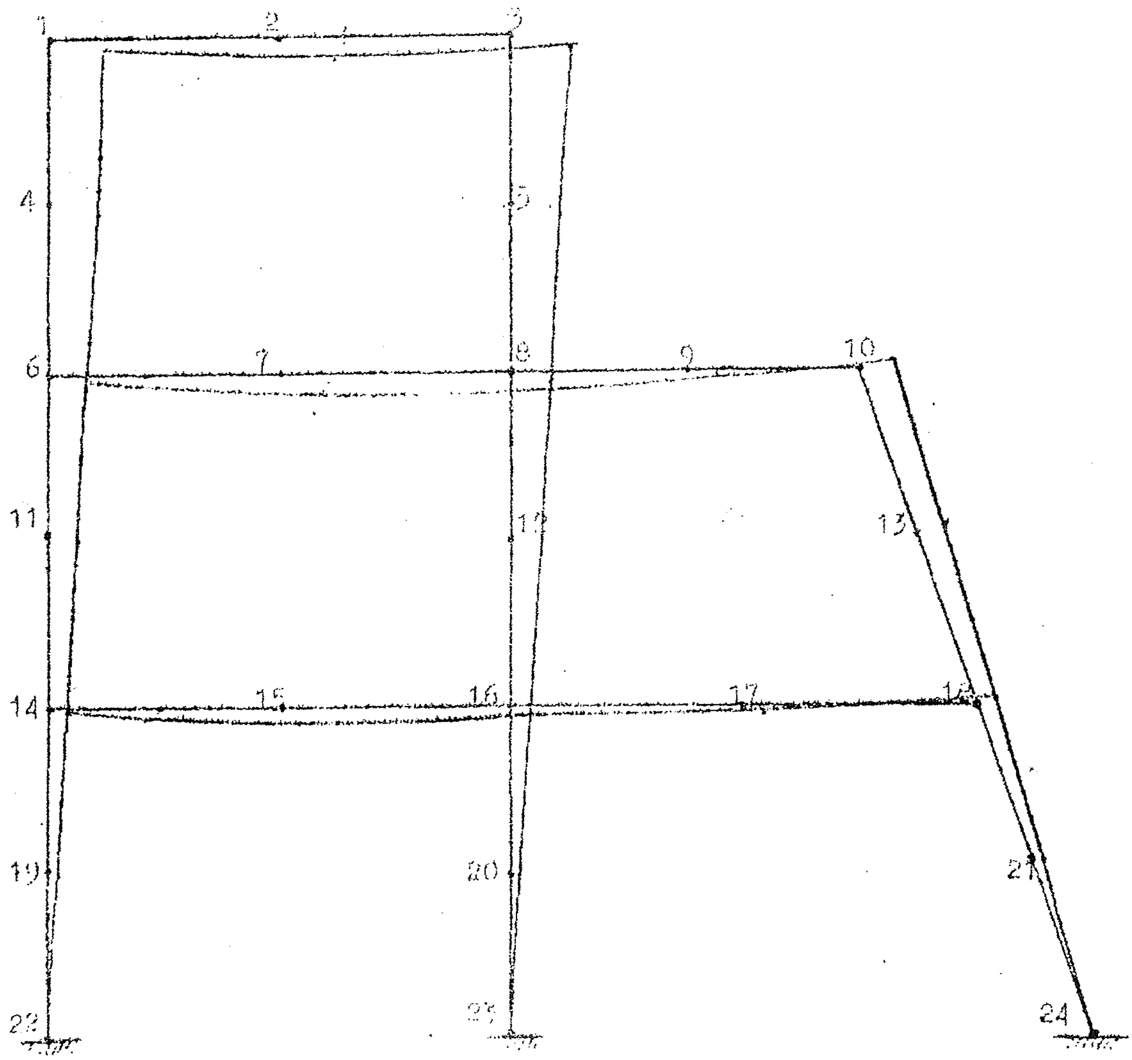
HASIL PERHITUNGAN TIAP ELEMEN

```
21 -0.6591E-01 -0.2798       0.1187E-02 -0.3322E-01 -0.9541E-01  0.1103E-02
   STRAIN      -0.2179E-03 -0.5662E-04 -0.2179E-03  0.7913E-04
               -0.2179E-03  0.5662E-04 -0.2179E-03 -0.7913E-04
   SIGMA        -21.79       -5.662      -21.79       7.913
                -21.79        5.662      -21.79      -7.913
   MOMEN     -45296.35     63301.79    (KG - CM)

22 -0.1191     -0.2725       0.1145E-03 -0.5984E-01 -0.1320      0.1334E-02
   STRAIN      -0.3953E-03 -0.3329E-03 -0.3953E-03  0.7632E-05
               -0.3953E-03  0.3329E-03 -0.3953E-03 -0.7632E-05
   SIGMA        -39.53      -33.29       -39.53       0.7632
                -39.53       33.29       -39.53      -0.7632
   MOMEN    -266288.63      6105.38    (KG - CM)

23 -0.5436E-01 -0.2615      -0.4777E-03 -0.2746E-01 -0.1481      0.1360E-02
   STRAIN      -0.1701E-03 -0.4417E-03 -0.1701E-03 -0.2310E-04
               -0.1701E-03  0.4417E-03 -0.1701E-03  0.2310E-04
   SIGMA        -17.01      -44.17       -17.01      -2.310
                -17.01       44.17       -17.01       2.310
   MOMEN    -353398.63    -18478.18    (KG - CM)

24 -0.3322E-01 -0.9541E-01  0.1103E-02  0.0         0.0          0.0
   STRAIN      -0.2215E-03  0.7913E-04 -0.2215E-03  0.2149E-03
               -0.2215E-03 -0.7913E-04 -0.2215E-03 -0.2149E-03
   SIGMA        -22.15        7.913      -22.15      21.49
                -22.15       -7.913      -22.15     -21.49
   MOMEN      63302.34    171900.19    (KG - CM)
```

HASIL PERHITUNGAN TIAP ELEMEN

```
25 -0.5984E-01 -0.1320        0.1334E-02  0.0            0.0           0.0
   STRAIN      -0.3989E-03  0.7633E-05 -0.3989E-03  0.3481E-03
               -0.3989E-03 -0.7633E-05 -0.3989E-03 -0.3481E-03
   SIGMA        -39.89       0.7633       -39.89       34.81
                -39.89      -0.7633       -39.89      -34.81
   MOMEN       6106.31    278500.56    (KG - CM)
26 -0.2746E-01 -0.1481        0.1360E-02  0.0            0.0           0.0
   STRAIN      -0.1737E-03 -0.2310E-04 -0.1737E-03  0.3671E-03
               -0.1737E-03  0.2310E-04 -0.1737E-03 -0.3671E-03
   SIGMA        -17.37      -2.310        -17.37       36.71
                -17.37       2.310        -17.37      -36.71
   MOMEN     -18477.43    293676.56    (KG - CM)
```

Sketsa deformasi dari hasil perhitungan komputer:



Dari perhitungan komputer didapat

Reaksi tumpuan

Titik 22 : H_x = 724 kg (⟵) ; V_y = 26580 kg (↑) ; M = 171900 kgcm

Titik 23 : H_x = 1816 kg (⟵) ; V_y = 47870 kg (↑) ; M = 278500 kgcm

Titik 24 : H_x = 8463 kg (⟵) ; V_y = 19150 kg (↑) ; M = 293700 kgcm

Kontrol

Beban vertikal = (26580 + 47870 + 19150 + 216 + 216 + 227,06) kg - 94255,44 kg = 94259,06 kg - 94255,44 kg ≈ 0 kg. (cocok)

Beban horizontal = (724 + 1816 + 8463) kg - 11000 kg = 11003 kg - 11000 kg ≈ 0 kg (cocok)

Menentukan besarnya momen yang bekerja pada setiap titik :

Rumus umum $\boxed{M^t_{i,e} = M^o_{i,e} + M^{EH}_{i,e}}$

dimana :

$M^t_{i,e}$ = Momen total pada titik i , elemen e.

$M^o_{i,e}$ = Momen akibat beban pada titik i, elemen e.

$M^{EH}_{i,e}$ = Momen hasil perhitungan komputer pada titik i, elemen e.

Tinjauan harga momen momen tersebut adalah bersifat momen nodal.

Bila berputar searah jarum jam = positip.

Contoh:

Titik 1 , elemen 1 : $M^o_{1,1}$ = 133333,31 kgcm (↻)

$M^{EH}_{1,1}$ = - 2493,35 kgcm (↺)

$M^t_{1,1}$ = 130839,96 kgcm (↻)

elemen 3 : $M^o_{1,3}$ = 0 kgcm

$M^{EH}_{1,3}$ = - 130841,38 kgcm (↺)

$M^t_{1,3}$ = - 130841,38 kgcm (↺)

Check : $M^t_{1,1} + M^t_{1,3}$ = 130839,96 - 130841,38 = 0 kgcm (cocok)

Titik 16 , elemen 15 : $M^{o}_{16,15} = 0$ kgcm

$M^{EH}_{16,15} = 245314,88$ kgcm

$M^{t}_{16,15} = 245314,88$ kgcm

elemen 18 : $M^{o}_{16,18} = -166666,66$ kgcm

$M^{EH}_{16,18} = -774506,06$ kgcm

$M^{t}_{16,18} = -941172,72$ kgcm

elemen 19 : $M^{o}_{16,19} = 166666,66$ kgcm

$M^{EH}_{16,19} = 262903,38$ kgcm

$M^{t}_{16,19} = 429570,04$ kgcm

elemen 22 : $M^{o}_{16,22} = 0$ kgcm

$M^{EH}_{16,22} = 266288,63$ kgcm

$M^{t}_{16,22} = 266288,63$ kgcm

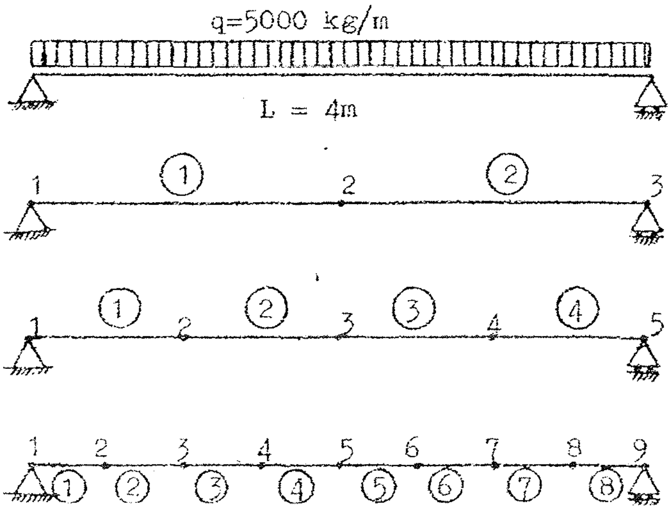
Chek : $M^{t}_{16,15} + M^{t}_{16,18} + M^{t}_{16,19} + M^{t}_{16,22} =$

$245314,88 - 941172,72 + 429570,04 + 266288,63 \approx 0$ kgcm

(cocok)

Berikut ini kami berikan sebuah contoh yang sederhana dimana pembagian elemennya dimulai dari 2 elemen, 4 elemen dan 8 elemen. Data datanya adalah sebagai berikut:

lebar balok B = 30 cm ; tinggi balok H = 40 cm ; luas penampang melintang A = 1200 cm^2; Momen Inersia I = 160000 cm^4 serta modulus elastisitas E = 100000 kg/cm^2.



Dari hasil perhitungan, didapatkan harga momen maksimum ditengah bentang sebagai berikut:

Jumlah elemen	M^{O} (kg cm)	M^{EI} (kg cm)	$M^{t} = M^{O} + M^{EI}$ (kg cm)
2	-166667	1166668	1000001
4	- 41667	1041684,75	1000017,75
8	- 10417	1010508	1000091

Dari perhitungan mekanika teknik didapat :

$$M_{max} = \frac{1}{8}\, q\, L^{2} = \frac{1}{8}\, 50\, (400)^{2} = 1.000.000 \text{ kgcm.}$$

BAB V . KESIMPULAN.

Dari contoh soal portal bertingkat yang pertama penentuan besarnya Momen disetiap titik 'nodal' dengan menggunakan persamaan :

$$M^{t}_{i,e} = M^{o}_{i,e} + M^{EH}_{i,e}$$

Dari persamaan diatas jelas bahwa bila pembagian elemennya untuk setiap bentang makin banyak, maka harga $M^{o}_{i,e}$ akan menuju nol. Dengan lain perkataan harga $M^{t}_{i,e}$ akan mendekati harga $M^{EH}_{i,e}$.

Juga dari contoh soal sederhana kedua terlihat bahwa dengan pembagian elemen semakin banyak ternyata harga $M^{EH}_{i,e}$ mendekati harga sebenarnya.

Dari kedua contoh soal tersebut diatas dapat kita simpulkan bahwa pemakaian cara Elemen Hingga untuk penyelesaian suatu perhitungan portal, akan didapatkan hasil yang lebih cermat bila pembagian elemen elemennya lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA.

1. Soemono, "Ilmu Gaya", Jambatan Jakarta, 1971.

2. Rockey K.C., Evans H.R., Griffiths D.W., Nethercot D.A., "The Finite Element Method", Crosby Lockwood Staples London, 1975.

3. Desai Chandrakant S., Abel John F., "Introduction To The Finite Element Method", Van Nostrand Reinhold Company, 1972.

4. Kardestuncer Hayrettin, "Elementary Matrix Analysis For Structure", McGraw Hill Kogakusha Ltd, 1974

5. Przemieniecki J.S., "Theory of Matrix Struktural Analysis", McGraw Hill Book Company, 1968.

6. Harijono Djojodihardjo, Muhamadi Siswo Sudarmo, "Pengantar Pemrograman Dengan Bahasa Fortran IV", Gramedia Jakarta, 1974.

LAMPIRAN

PENGANTAR ALJABAR MATRIKS

Aljabar matriks yang akan dijelaskan disini hanya sebagai pelengkap saja. Oleh karenanya bentuk bentuk matriks yang akan diuraikan nanti adalah bentuk yang sering dijumpai pada perhitungan dengan Metode Finite Element (Elemen Hingga).

Definisi matriks

Matriks adalah kumpulan dari unsur unsur yang tersusun dalam baris baris serta kolom kolom sehingga berbentuk segi empat.

Unsur yang menyusun matriks tersebut bisa berupa : bilangan kompleks, 'expression', konstanta, variabel atau kombinasi dari keempatnya. Contoh:

$$[A] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots\cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots\cdots & a_{2n} \\ \vdots & & a_{ij} & \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots\cdots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

Dimana :

$[A]$ = matriks A

a_{11} = salah satu unsur dari matriks

a_{ij} = unsur matriks pada baris ke i dan kolom ke j.

Jenis matriks ditentukan oleh banyaknya baris dan kolom. Matriks A terdiri dari m baris dan n kolom maka disebut matriks m x n .

Matriks Bujur Sangkar : bila jumlah baris = jumlah kolom ; jadi m=n

Unsur a_{ii} terletak sepanjang diagonal utama dari matriks bujur sangkar.

Contoh :

$$\{C\} = \begin{bmatrix} 1 & 2X & 3 \\ 4X & X+4 & 0 \\ -6 & -9X & 3 \end{bmatrix} \qquad a_{ii} = 1 \; ; \; X+4 \; ; \; 3$$

Matriks Kolom $\{B\}$: bila matriks hanya terdiri dari satu kolom. Atau juga disebut 'column vector' = vektor kolom. Contoh :

$$\{B\} = \begin{Bmatrix} a_{11} \\ a_{21} \\ a_{31} \\ a_{41} \end{Bmatrix}$$

Matriks Baris $\{D\}$: bila matriks hanya terdiri dari satu baris. Atau juga dinamakan 'row vector' = vektor baris. Contoh :

$$\{D\} = \begin{Bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \end{Bmatrix}$$

Matriks Transpose $[A]$: transpose dari matriks $[A]$ dinyatakan dalam bentuk notasi $[A]^T$

Matriks transpose didapatkan dengan memukarkan antara baris dengan kolom dan kolom dengan baris dari matriks $[A]$. Contoh :

$$[A] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \qquad [A]^T = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} & a_{31} & \cdots & a_{m1} \\ a_{12} & a_{22} & a_{32} & \cdots & a_{m2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{1n} & a_{2n} & a_{3n} & & a_{nm} \end{bmatrix}$$

Suatu matriks kolom bila ditransposekan akan menjadi matriks baris dan sebaliknya.

Matriks Simetris : Bila matriks itu sama dengan transposenya. Atau : $[A] = [A]^T$

Pengurangan dan penjumlahan : Matriks hanya dapat dijumlahkan atau dijumlahkan dengan matriks lain yang berderajat sama (sejenis). Jadi matriks (mxn) tidak bisa dijumlahkan dengan matriks (pxq).

lisih dari matriks A dan B adalah :

$$c_{ij} = a_{ij} + b_{ij}$$

contoh :

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (a_{11}+b_{11}) & (a_{12}+b_{12}) \\ (a_{21}+b_{21}) & (a_{22}+b_{22}) \end{bmatrix}$$

Bila dijumpai suatu keadaan dimana kita harus menjumlahkan dua matriks yang tidak sejenis, maka hal ini diperbolehkan dengan membesarkan derajat matriks yang kecil sehingga keduanya berderajat sama. Yang dimaksudkan dengan memperbesar derajat matriks yalah menambah kolom atau barisnya dengan bilangan bilangan nol. Contoh :

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 3 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{derajatnya diperbesar menjadi} \quad \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 3 & 2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

<u>Perkalian</u> : Dua buah matriks hanya dapat dikalikan bila banyaknya kolom pada matriks yang pertama = banyaknya baris pada matriks yang kedua. Jadi matriks (mxn) kali matriks (nxp) akan menghasilkan matriks (mxp). Harga dari setiap unsur matriks [C] yang merupakan hasil kali antara matriks [A] dengan matriks [B] adalah jumlah dari perkalian antara setiap unsur pada baris dari matriks [A] dengan setiap unsur pada kolom dari matriks [B] .

Dalam bentuk notasi :

$$c_{ij} = \sum_{k=1}^{n} a_{ik}\, b_{kj}$$

Contoh:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (a_{11}b_{11}+a_{12}b_{21}) & (a_{11}b_{12}+a_{12}b_{22}) \\ (a_{21}b_{11}+a_{22}b_{21}) & (a_{21}b_{12}+a_{22}b_{22}) \\ (a_{31}b12+a_{32}b_{21}) & (a_{31}b_{12}+a_{32}b_{22}) \end{bmatrix}$$

Jika α adalah suatu bilangan dan [A] adalah matriks, maka yang dimaksud dengan hasil kali α. A ialah suatu matriks B yang sejenis dengan [A] dengan unsur unsur : $b_{ij} = a_{ij} \cdot \alpha$

Contoh :

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha a_{11} & \alpha a_{12} \\ \alpha a_{21} & \alpha a_{22} \end{bmatrix}$$

Transpose dari hasil kali matriks. : Transpose dari hasil kali antara matriks [A] dengan matriks [B] sama dengan hasil kali transpose matriks [B] dengan transpose matriks [A] .

Dalam bentuk notasi : $[A]\,[B] = [C]$

$[B]^T\,[A]^T = [D]$ $\qquad [D] = [C]^T$

Contoh :

$$\underset{[A]}{\begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{bmatrix}} \underset{[B]}{\begin{bmatrix} 5 & 6 \\ 7 & 8 \end{bmatrix}} = \underset{[C]}{\begin{bmatrix} 19 & 22 \\ 43 & 50 \end{bmatrix}}$$

$$\underset{[B]^T}{\begin{bmatrix} 5 & 7 \\ 6 & 8 \end{bmatrix}} \underset{[A]^T}{\begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 4 \end{bmatrix}} = \begin{bmatrix} 19 & 43 \\ 22 & 50 \end{bmatrix} \qquad [D] = [C]^T$$

Matriks Inverse : Matriks Inverse $[A]^{-1}$ dari matriks bujur sangkar terdefinisi bila kondisi berikut ini dipenuhi yaitu :

$[A]^{-1}\,[A] = [I] = [A]\,[A]^{-1}$ dan $[A] \neq 0$

dimana : $[I]$ = matriks satuan yaitu matriks bujur sangkar yang unsur unsur diagonal utamanya adalah satu, serta unsur yang lain adalah nol.

$[A]$ = harga dari determinan $|A|$

$[A]^{-1}$ = matriks Inverse

Bila $[A] = 0$, inverse dari matriks $[A]$ tidak terdefinisi dan $[A]$ disebut 'singular matrix'. Hanya 'nonsingular matrix' bujur sang-yang mempunyai inverse.

Dalam bentuk notasi adalah sebagai berikut :

$$[A]^{-1} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}^{-1} = \frac{1}{|A|} \begin{bmatrix} A_{11} & A_{21} & \cdots & A_{n1} \\ A_{12} & A_{22} & \cdots & A_{n2} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ A_{1n} & A_{2n} & \cdots & A_{nn} \end{bmatrix} =$$

$$\frac{[A_{jk}]}{|A|}$$

dimana : A_{jk} = minor dari [A]

A_{jk} = matriks ajoint dari minor [A]

Matriks dan persamaannya : Salah sebuah faedah matriks yang sangat penting bagi bidang keinsinyuran ialah kemampuannya untuk menuliskan sejumlah persamaan yang panjang secara serempak. Hal itu akan mempermudah perhitungan selanjutnya, karena dapat diubah dalam bentuk program komputer yang membantu kita menyelesaikan hasil akhir dari persamaan itu.

Dalam bentuk notasi : [A] = [B]

Contoh :

$$\begin{aligned} X + 2Y + Z &= 8 \\ 2X - Y + 3Z &= 7 \\ X + Y - Z &= 4 \end{aligned} \quad \text{dalam bentuk matriks} \quad \overset{[A]}{\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & -1 & 3 \\ 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}} \begin{Bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{Bmatrix} = \overset{[B]}{\begin{Bmatrix} 8 \\ 7 \\ 4 \end{Bmatrix}}$$

dimana [A] = matriks segi empat.

dan [B] = matriks kolom.

Dengan menggunakan hukum dari matriks Inverse maka :

$$[A] = [B] \; ; \; [A]^{-1}[A] = [A]^{-1}[B]$$

$$[I] = [A]^{-1}[B] \longrightarrow = [A]^{-1}[B]$$

Dimana :

$$[I] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Diferensiasi Matriks : Sebuah matriks dapat dideferensier dengan mendifferensialkan setiap unsur dari matriks tersebut. Contoh :

$$[A] = \begin{bmatrix} X^2 & 3X^2 & 4X \\ 6 & \frac{1}{2}X^2 & 5X \\ 2X^3 & X^4 & 2 \end{bmatrix} \qquad \frac{d}{dX}[A] = \begin{bmatrix} 2X & 6X & 4 \\ 0 & X & 5 \\ 6X & 4X & 0 \end{bmatrix}$$

Integrasi matriks : Dengan cara yang sama dengan diatas matriks dapat diintegralkan. Contoh :

$$[A] = \begin{bmatrix} X^2 & 3X^2 & 4X \\ 6 & \frac{1}{2}X^2 & 5X \\ 2X^3 & X^4 & 2 \end{bmatrix} \qquad \int [A]\, dX = \begin{bmatrix} \frac{X^3}{3} & X^3 & 2X^2 \\ 6X & \frac{X^3}{6} & \frac{5X^2}{2} \\ \frac{X^4}{2} & \frac{X^5}{5} & 2X \end{bmatrix}$$