

TUGAS AKHIR
PEMROGRAMAN ANALISA MatriK
PORTAL BAJA SEMI-RIGID
DENGAN BAHASA TURBO BASIC



Disusun Oleh :

DONNY IRBANTORO

No. Mhs. : 91 310 126

NIRM : 910051013114120121

AHMAD SAUQI

No. Mhs. : 94 310 121

NIRM : 940051013114120120

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1999

TUGAS AKHIR
PEMROGRAMAN ANALISA MATRIK
PORTAL BAJA SEMI-RIGID
DENGAN BAHASA TURBO BASIC

**Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Dalam Rangka
Memperoleh Derajat Sarjana Pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta**

Disusun oleh :

DONNY IRBANTORO

No. Mhs. : 91 310 126
NIRM : 910051013114120121

AHMAD SAUQI

No. Mhs. : 94 310 121
NIRM : 940051013114120120

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1999**

TUGAS AKHIR
PEMROGRAMAN ANALISA MATRIK
PORTAL BAJA SEMI-RIGID
DENGAN BAHASA TURBO BASIC

Disusun oleh :

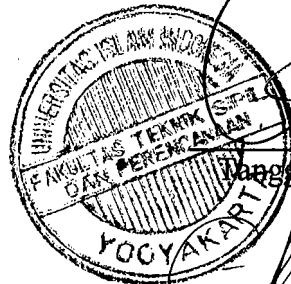
Nama : DONNY IRBANTORO
No. Mhs. : 91 310 126
NIRM : 910051013114120121

Nama : AHMAD SAUQI
No. Mhs. : 94 310 121
NIRM : 940051013114120120

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Susastrawan, MS.
Dosen Pembimbing I

Ir. Suharyatmo, MT
Dosen Pembimbing II



Tanggal : 27-7-99

Tanggal : 27/7/1999

MOTTO

" Allah meninggikan orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan, beberapa derajat "

(Q.S. Al Mujaadalah : 11)

"Setiap perbuatan adalah sia-sia kecuali untuk berdzikir kepada ALLAH, Setiap pembicaraan adalah sia-sia kecuali untuk berdzikir kepada ALLAH, dan Setiap perkataan adalah sia-sia kecuali untuk berdzikir kepada ALLAH"

(H.R. Buckhari)

PERSEMBAHAN

Dengan perasaan bahagia berkat limpahan karunia-Nya

Kupersembahkan Laporan Tugas Akhir ini kepada

Ibunda, Ayahanda dan Kakak, Adik tercinta

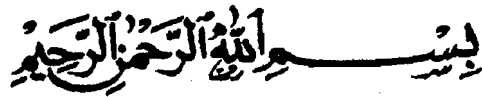
yang telah banyak memberikan dorongan semangat

ABSTRAKSI

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam perencanaan konstruksi rangka baja, mengarah pada tingkat ketelitian dan penggunaan asumsi-asumsi yang semakin mendekati kenyataan di lapangan. Berdasarkan penelitian para ahli mulai pada tahun 1917 tentang kekakuan sambungan pada struktur baja menunjukkan bahwa semua sambungan yang ditinjau mempunyai kekakuan antara dua kasus ekstrim *fully-rigid* dan *flexible*. Portal dengan sambungan semi-rigid mengasumsikan bahwa sambungan dapat memindahkan reaksi gaya geser vertikal dan juga memiliki kapasitas untuk memindahkan momen, pada sambungan terjadi sudut rotasi akibat momen yang ditahan. Momen tumpuan yang terjadi pada portal semi-rigid adalah lebih kecil dibandingkan dengan yang terjadi pada portal rigid. Sedangkan momen lapangan pada balok portal semi-rigid lebih besar dibandingkan pada portal rigid.

Metode yang digunakan dalam analisa struktur portal semi-rigid adalah metode matrik yang diaplikasikan dalam satu rangkaian program komputer dengan menggunakan bahasa Turbo Basic. Hasil yang diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan program dibandingkan dengan hasil analisa menggunakan perhitungan manual yang menghasilkan validasi tertinggi sebesar 0,82% hal ini menunjukkan bahwa program yang dibuat dapat dipakai sebagai perhitungan analisa struktur. Dengan penggunaan program maka hasil yang didapat akan lebih teliti dan lebih cepat, sehingga akan meningkatkan efiseinsi kerja dalam perencanaan konstruksi rangka baja.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadiran Allah SWT. yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya kepada seluruh makhluk ciptaan-Nya. Sholawat serta salam ditujukan kepada Nabi Muhammad saw, yang telah membawa manusia ke jalan yang diridlhoi Allah SWT.

Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan jenjang sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Menyadari adanya keterbatasan bahan/sumber, fasilitas, pengetahuan serta pengalaman yang dimiliki oleh penyusun, maka laporan Tugas Akhir ini belumlah sempurna. Meskipun demikian penyusun telah berusaha menyajikan sebaik mungkin, dengan harapan dapat memberikan manfaat ataupun sumbangan pemikiran ilmu pengetahuan kepada pembaca, khususnya Jurusan Teknik Sipil menyangkut masalah Sambungan Rangka Baja Semi-Rigid.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, kami mendapat bimbingan serta pengarahan dari beberapa pihak. Oleh karena itu kami mengucapkan terima

kasih kepada semua pihak yang telah membantu. Ucapan terima kasih ini kami tujukan kepada :

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE, Ph. D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. H. Tadjuddin BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia
3. Bapak Ir. H. Susastrawan, MS, selaku dosen Pembimbing I.
4. Bapak Ir. Suharyatmo, MT, selaku dosen Pembimbing II dan Sekretaris Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Ir. Fathurahman, MT., yang telah banyak memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Rekan-rekan Kelas D-94, yang telah banyak membantu dan mensupport kami.
7. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesainya laporan Tugas Akhir ini, yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu.
8. Penyusun sampaikan rasa hormat, sembah bakti dan terimakasih yang tak terhingga kepada Ibunda dan Ayahanda, serta Kakak, Adik tercinta yang telah memberikan dorongan dan bantuan moril maupun material hingga selesainya studi dan selesainya laporan Tugas Akhir ini.

Semoga Allah SWT yang berkenan menerima amal baik mereka dan semoga senantiasa mendapatkan limpahan Rahmat dan Magfirah dari-Nya.

Akhirnya kami berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan sesuatu yang bermanfaat bagi semua pihak yang tertarik dan ingin mempelajari Sambungan Rangka Baja Semi-Rigid.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Juli 1999

Penyusun

DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAKSI	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Maslah	4
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Manfaat Penelitian	5
1.6. Metode Analisis	5
1.6.1. Menetapkan Metode Analisis	5

1.6.2. Memahami Karakteristik Bahan dan Rumus yang Akan Digunakan	6
1.6.3. Analisa	6
1.7. Tinjauan Pustaka	6
1.7.1. Sambungan Semi-Rigid	6
1.7.2. Aljabar Matrik	10
1.7.3. Bahasa Basic (Turbo... Basic)	11
BAB II LANDASAN TEORI	13
2.1. Deformasi Batang	13
2.1.1. Deformasi Aksial	13
2.1.2. Deformasi Lentur	16
2.1.3. Kombinasi Deformasi Aksial dan Lentur Pada Portal .	19
2.2. JCODE dan MCODE	20
2.3. Transformasi Koordinat	21
2.4. Matrik Kekakuan	24
2.4.1. Kekakuan Struktur Batang Biasa	24
2.4.2. Kekakuan Struktur Batang Spring	26
2.4.3. Penyusunan Matrik Kekakuan Struktur	28
2.5. Matrik Beban Luar	29
2.5.1. Beban Pada Titik Buhul	28
2.5.2. Gaya Ujung Batang	29
2.5.3. Matrik Displesmen	31
2.5.4. Gaya Dalam Batang	31

2.5.5. Gaya Pada Titik Buhul	32
2.6. Momen Lapangan	32
BAB III PROSES PEMROGRAMAN	33
3.1. Umum	33
3.2. Langkah-langkah Pemrograman Analisa Struktur	33
3.2.1. Membaca dan Menyimpan Data Struktur	33
3.2.2. Mencari Jumlah Persamaan Simultan	34
3.2.3. Menentukan Hal Bandwidth	36
3.2.4. Menghitung Matrik Transformasi Batang	35
3.2.5. Pembebanan	36
3.2.6. Menyusun Matrik Beban Luar Total	37
3.2.7. Membentuk Matrik Kekuan Sistem Struktur	37
3.2.8. Menyelesaikan Persamaan Matrik	40
3.3. Flow Chart	41
3.3.1. Struktur Program	41
3.3.2. Flow Chart Program Utama	42
BAB IV ANALISA STRUKTUR	60
4.1. Geometri Struktur	60
4.2. Analisa Struktur Secara Manual	62
4.2.1. JCODE dan MCODE	62
4.2.2. Transformasi Koordinat Tiap Batang	63
4.2.3. Penyusunan Matrik Kekuan Struktur	64

4.2.3.1.	Matrik Kekakuan Batang Biasa	64
4.2.3.2.	Matrik Kekakuan Batang Spring	65
4.2.3.3.	Matrik Kekakuan Struktur	66
4.2.4.	Matrik Beban Luar	68
4.2.4.1.	Beban Pada Titik Buhul	68
4.2.4.2.	Beban Pada Batang	68
4.2.4.2.1.	Beban Titik	68
4.2.4.2.2.	Bebanm Terbagi Merata	69
4.2.5.	Matrik Displesmen	71
4.2.5.1.	Matrik Displesmen Seluruh Titik Buhul Sistem Struktur	71
4.2.5.2.	Displesmen Tiap Batang Pada Koordinat Global	73
4.2.5.3.	Matrik Displesmen Tiap Batang Pada Koordinat Lokal	75
4.2.6.	Matrik Gaya Dalam Tiap Batang	77
4.2.6.1.	Matrik Kekakuan Tiap Batang	77
4.2.6.2.	Gaya Dalam Tiap Batang	79
4.2.7.	Gaya Pada Titik Buhul	82
4.2.8.	Momen Lapangan	84
4.2.9.	NFD, SFD, dan BMD	86
4.3.	Analisa Struktur dengan Program Komputer	88
4.4.	Persentase Selisih Hasil Analisa Manual dan Komputer	90

4.5. Pembahasan	93
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	98
5.1. Kesimpulan	98
5.2. Saran	99

PENUTUP

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR NOTASI

HURUF LATIN

- A = luas penampang lintang; luas
- AREA = luas batang
- bf = lebar flens, biasanya untuk profil baja W
- B_1 = faktor pembesaran untuk batang pada rangka bersabuk (tidak ada translasi lateral pada ujung-ujung batang)
- C_m = faktor dalam pembesaran momen yang berkaitan dengan gradien momen dan kekangan ujung
- d = kedalaman/tinggi keseluruhan penampang baja
- d_1 = deformasi lokal ujung 1
- d_2 = deformasi lokal ujung 2
- $[d]$ = matrik displesemen
- D_1 = deformasi global ujung 1
- D_2 = deformasi global ujung 2
- $[D]$ = matrik displesemen titik buhul pada koordinat global
- E = modulus elastisitas tarik-tekan
- EMOD = modulus elastis batang
- ELENG – panjang batang
- f_v = tegangan geser beban layanan, V/A_w
- F_{cr} = tegangan kritik pada kondisi tekan, tegangan tekuk
- F_y = tegangan leleh
- $[F]$ = matrik beban luar
- $[\bar{F}]$ = matrik beban titik
- $[\hat{F}]$ = matrik gaya-gaya dalam primer (*fixed-end force*)
- I_x = momen inersia sumbu x
- I_y = momen inersia sumbu y
- ID = jenis batang

K	= faktor panjang efektif
[K]	= matrik kekakuan
[K] ⁻¹	= invers matrik kekakuan
L	= panjang; bentangan; jarak ujung yang diukur menurut arah garis gaya
L _b	= panjang tanpa penopang lateral
L _p	= LRFD; panjang penopang lateral maksimum untuk penggunaan M _n =M _p
M _a	= momen tumpuan pada titik a
M _b	= momen tumpuan pada titik b
M _n	= kekuatan momen nominal
M _{nt}	= momen terfaktor primer pada kasus balok-kolom tanpa translasi
M _x	= kekuatan momen nominal masing-masing menurut sumbu x
M _y	= kekuatan momen nominal masing-masing menurut sumbu y
M _{ux}	= momen beban layanan terfaktor menurut sumbu x
M _{uy}	= momen beban layanan terfaktor menurut sumbu y
MINC	= joint pada ujung batang
N _a	= beban aksial pada titik a
N _b	= beban aksial pada titik b
NE	= jumlah elemen/batang
NJ	= jumlah joint
NLC	= jumlah kondisi pembebanan
[N]	= matrik beban luar
P	= beban aksial layanan
P _e	= beban Euler untuk sumbu lentur
P _n	= kekuatan nominal batang tekan yang dikehani secara aksial
P _D	= beban mati aksial
P _L	= beban hidup aksial
P _u	= beban aksial terfaktor
q _D	= beban mati merata
q _L	= beban hidup merata
Q _u	= beban merata terfaktor

r	= radius girasi
r_x	= radius girasi menurut x
r_y	= radius girasi menurut y
S	= faktor kekakuan batang
S_x	= modulus penampang elastis menurut sumbu x
S_y	= modulus penampang elastis menurut sumbu y
t_f	= tebal flens
t_w	= tebal badan
V_a	= gaya geser pada titik a
V_b	= gaya geser pada titik b
Z_x, Z_y	= modulus plastis
Z_I	= inersia

HURUF YUNANI

α	= konstanta EI/L^3
β	= konstanta AL^2/I
Δ	= defleksi; lendutan yang terjadi
λ	= matrik transformasi
θ	= sudut rotasi
θ_a	= sudut rotasi pada titik a
θ_b	= sudut rotasi pada titik b

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1. Koefisien Matrik Kekakuan Batang Biasa	65
Tabel 4.2. Koefisien Matrik Kekakuan Batang Spring	66
Tabel 4.3. Momen Maksimal Pada Bentangan	86
Tabel 4.4. Displesmen Tiap Titik Buhul	88
Tabel 4.5. Gaya Batang	89
Tabel 4.6. Gaya Pada Titik Buhul	89
Tabel 4.7. Persentase Selisih Displesemen searah sumbu-x	90
Tabel 4.8. Persentase Selisih Displesemen searah sumbu-y	91
Tabel 4.9. Persentase Selisih Displesmen Perputaran	91
Tabel 4.10. Persentase Selisih Gaya Aksial	92
Tabel 4.11. Persentase Selisih Gaya Geser	92
Tabel 4.12. Persentase Selisih Momen	93
Tabel 4.13. Perbandingan Gaya Aksial Portal Rigid dan Semi-Rigid	94
Tabel 4.14. Perbandingan Gaya Geser Portal Rigid dan Semi-Rigid	95
Tabel 4.15. Perbandingan Momen Portal Rigid dan Semi-Rigid	96

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Karakteristik Momen-Rotasi Ketiga Jenis Sambungan	2
Gambar 1.2. Perbandingan Momen Akibat Pengekangan	10
Gambar 2.1. Deformasi Aksial Batang	13
Gambar 2.2. Gabungan Batang	15
Gambar 2.3. Batang Lentur	16
Gambar 2.4. Batang Lentur (bentuk matrik)	18
Gambar 2.5. Deformasi batang	19
Gambar 2.6. Derajat Kebebasan (d.o.f)	20
Gambar 2.7. Transformasi Koordinat	21
Gambar 2.8. Pertemuan Batang Biasa dan Batang Spring	26
Gambar 2.9. <i>Fixed-end Force</i>	30
Gambar 2.10. <i>Bending Momen Diagram</i>	32
Gambar 3.1. Proses Penyimpanan ke dalam Baris <i>Bandwidth</i> Matrik	40
Gambar 3.2. Struktur Program	41
Gambar 4.1. Model Struktur Portal Baja	60
Gambar 4.2. Superposisi Momen	85
Gambar 4.3. <i>Normal Force Diagram</i>	86
Gambar 4.4. <i>Shear Force Diagram</i>	87
Gambar 4.5. <i>Bending Moment Diagram</i>	87

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Perencanaan Profil
- Lampiran 2. Listing Program Komputer Analisa Portal Semi-Rigid
- Lampiran 3. Prosedur Menjalankan Program
- Lampiran 4. Analisa Portal Semi-Rigid Menggunakan Program Komputer
- Lampiran 5. Kartu Peserta Tugas Akhir dan Catatan Konsultasi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

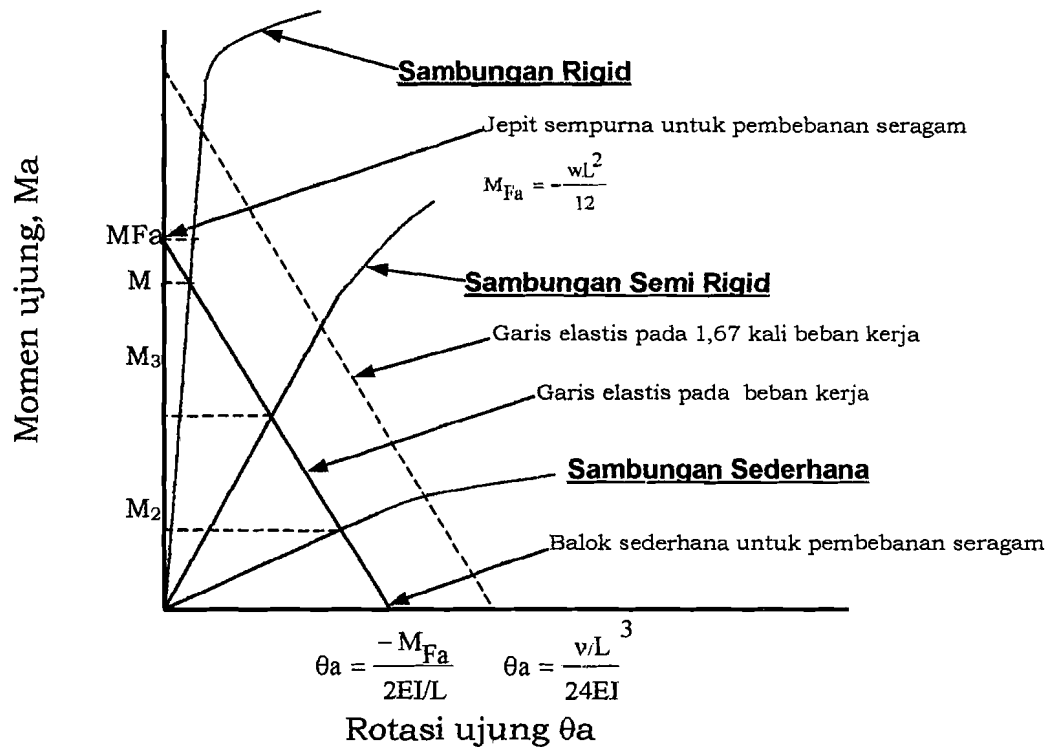
Perkembangan pembangunan bidang konstruksi saat ini semakin pesat dan maju, terutama pembangunan konstruksi bangunan gedung bertingkat tinggi (*High – rise Building*). Pada konstruksi gedung bertingkat tinggi yang paling penting diperhatikan adalah pertemuan antara balok dan kolom.

Pada perencanaan konstruksi rangka baja konvensional, pertemuan antara balok dan kolom selalu dianalisa dengan anggapan join antara balok dan kolom adalah kaku-sempurna (*fully rigid*) ataupun perletakan sederhana (*flexible*).

Pengasumsian join rigid menunjukkan perilaku bahwa momen yang terjadi antara batang-batang join ditransfer sepenuhnya dari balok ke kolom. Sedangkan anggapan sambungan fleksibel menunjukkan perilaku bahwa balok akan ditopang secara sederhana dan kolom sama sekali tidak menahan gaya momen dari balok.

Pengasumsian perilaku sambungan rigid dan fleksibel menjadikan prosedur-prosedur analisis dan desain menjadi relatif sederhana dan lebih mudah diselesaikan. Namun kebenaran asumsi ini harus dipertanyakan untuk kasus-kasus dimana kekakuan sambungan berada diantara kasus-kasus *fully rigid* dan *flexible*.

Kekakuan yang ditinjau di sini adalah hubungan kelengkungan kurva yang terjadi antara momen sambungan M dan rotasi θ . Karakteristik momen dan rotasi dari 3 jenis tipe sambungan ditunjukkan dalam gambar 1.1. di bawah ini.



Gambar 1.1. Karakteristik momen rotasi ketiga jenis sambungan
(Sumber : Charles G. Salmon, 1996)

Gambar di atas menunjukkan grafik persamaan garis dan kekakuan momen-rotasi dari ketiga jenis sambungan. Persamaan sudut perputaran dengan kerja virtual :

$$\theta = \int \frac{Mm}{EI} dx$$

Pada balok sederhana untuk beban merata, dengan data sebagai berikut :

Batas-batas	: $x=0$ s/d $x=L$
M	: $\frac{1}{2} wLx - \frac{1}{2} wx^2$
m	: x/L

Maka persamaan sudut perputaran pada balok sederhana:

$$\begin{aligned}\theta &= \int \frac{Mm}{EI} dx \\ &= \int \frac{\left(\frac{wLx}{2} - \frac{wx^2}{2}\right)\left(\frac{1}{L}x\right) dx}{EI} \\ &= \frac{1}{EI} \int \left(\frac{wx^2}{2} - \frac{wx^3}{2L}\right) dx \\ &= \frac{wL^3}{24EI}\end{aligned}$$

Dari persamaan *slope-deflection* didapat : $M_a = M_{Fa} + \frac{2EI}{L} \theta_a$

Maka dari kondisi ujung :

1. Kondisi jepit penuh, jika $\theta_a=0$ maka $M_a = M_{Fa}$
2. Kondisi ujung sendi, jika $M_a=0$ maka $\theta_a = -\frac{M_{Fa}}{2EI/L}$

Sambungan kaku (*Rigid*) umumnya harus memikul momen ujung M_1 , yang sekitar 90% dari M_{Fa} atau lebih; jadi, derajat pengkangannya dapat dikatakan 90%. Sambungan sederhana (*Flexible*) hanya dapat menahan 20% dari momen M_{Fa} atau kurang, seperti yang ditunjukkan oleh momen M_2 , sedang sambungan semi-kaku (*Semi Rigid*) diperkirakan menahan momen sebesar M_3 , yang mungkin sekitar 50% dari momen primer M_{Fa} . Jika karakteristik momen-rotasi suatu sambungan dapat ditetapkan, maka kekuatannya dapat direncanakan sedemikian rupa hingga rotasi ujung θ yang timbul sepadan (*compatible*) dengan rotasi akibat beban.

Memperhatikan hal-hal tersebut, maka diperlukan analisis struktur yang mendalam mengenai sambungan semi-rigid, sehingga diperoleh perencanaan struktur rangka baja dengan pengansumsian yang lebih rasional dan pendekatan yang lebih realistis pada struktur rangka baja.

1.2. Rumusan Masalah

Portal semi-rigid mengasumsikan bahwa kekakuannya diantara sambungan rigid dan fleksibel, yaitu untuk pengekangan rotasinya berkisar antara 20% dan 90% dari yang diperlukan untuk mencegah perubahan sudut. Alternatifnya, kita dapat menganggap momen yang disalurkan pada sambungan kerangka semi-rigid tidak sama dengan nol (atau kecil sekali) seperti pada sambungan kerangka sederhana, dan juga tidak memberikan kontinuitas momen penuh seperti anggapan yang dipakai pada analisis elastis portal rigid. Untuk mengetahui bahwa suatu struktur rangka baja berada dalam kekakuan sambungan semi-rigid maka perlu diadakan analisa struktur lebih lanjut, agar asumsi yang digunakan diatas dapat terbukti. Analisa struktur dilakukan dengan menggunakan metode matrik.

Untuk memperoleh hasil yang akurat, analisa tersebut diaplikasikan dalam program komputer menggunakan bahasa Turbo Basic.

1.3. Batasan Masalah

Untuk memperjelas analisis, dibuat beberapa batasan masalah sebagai berikut ini .

- a. Pembebanan terdiri dari beban mati, beban hidup dan beban angin.
- b. Metode analisa yang digunakan adalah metode matriks.
- c. Faktor kekakuan batang spring besarnya diasumsikan.
- d. Sambungan semi-rigid hanya diasumsikan pada sambungan balok ke kolom, sedangkan sambungan antar kolom tetap rigid.
- e. Model konstruksi yang diteliti adalah gedung perkantoran dua lantai.

- f. Desain profil baja berdasarkan peraturan AISC - LRFD.
- g. Pemrograman komputer menggunakan bahasa Turbo Basic.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari pentusunan Tugas Akhir ini antara lain :

- a. Mengetahui analisa struktur dari sambungan semi-rigid secara jelas.
- b. Membuat program komputer untuk analisa portal semi-rigid.
- c. Membandingkan hasil analisa portal rigid dan portal semi-rigid.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan pengasumsian sambungan struktur baja sebagai sambungan semi-rigid maka akan mendapatkan manfaat antara lain :

- a. Pengasumsian yang lebih rasional dan pendekatan yang lebih realistis pada struktur rangka baja
- b. Dengan pembuatan program Turbo Basic dapat membantu analisa perhitungan
- c. Sebagai alternatif desain sambungan portal baja

1.6. Metode Analisis

1.6.1. Menetapkan Metode Analisis

Metode analisis yang dipakai dengan tinjauan yang akan dianalisis dan tujuan yang akan dicapai. Pada analisa struktur sambungan semi-rigid dipakai metode matrik kekakuan sehingga sesuai dengan apa yang akan ditinjau dan disimpulkan dalam analisa struktur sambungan semi-rigid.

1.6.2. Memahami Karakteristik Bahan dan Rumus yang Akan Digunakan

Sebelum menganalisa struktur sambungan semi-rigid pemahaman rumus dasar yang digunakan harus sesuai dengan metode analisis yang digunakan. Karakteristik bahan seperti mutu baja, beban yang terpakai, profil baja serta pemahaman program dengan bahasa Turbo Basic sangat mendukung dalam melakukan analisis.

1.6.3. Analisa

Setelah memenuhi kriteria untuk hitungan dilakukan analisa struktur sambungan semi-rigid sesuai dengan metode, besaran dan karakteristik bahan yang dipakai, sehingga didapatkan satu program penghitungan sesuai dengan yang diharapkan.

1.7. Tinjauan Pustaka

1.7.1. Sambungan Semi Rigid

Analisa perencanaan rangka baja konvensional selalu dilakukan dengan anggapan join antara balok-kolom adalah kaku-sempurna (*fully rigid*) ataupun dengan perletakan sederhana (*fleksibel*)

Pengasumsian join kaku sempurna menunjukkan perilaku bahwa momen yang terjadi antara batang-batang join ditransfer sepenuhnya dari balok ke kolom. Sedangkan anggapan sambungan perletakan sederhana menunjukkan perilaku bahwa balok akan ditopang secara sederhana dan kolom sama sekali tidak menahan gaya momen dari balok.

Kekakuan yang ditinjau di sini adalah hubungan kelengkungan kurva yang terjadi antara momen sambungan M dan rotasi relatif sambungan θ_r .

Pengasumsian perilaku sambungan rigid dan fleksibel sederhana menjadikan prosedur-prosedur analisis dan desain menjadi relatif sederhana dan lebih mudah diselesaikan. Namun kebenaran asumsi ini harus dipertanyakan untuk kasus-kasus dimana kekakuan sambungan berada diantara kasus-kasus *fully rigid* dan *flexible*.

Pengamatan-pengamatan eksperimental mengenai perilaku struktur rangka baja banyak dilakukan oleh para ahli yang berkompeten dalam bidang ini. Pengamatan terhadap penilaian kekakuan untuk pertama kalinya dilakukan oleh seorang ilmuwan ternama C. R. Young tahun 1917 dari Universitas Illinois. Eksperimen yang dilakukannya adalah melakukan tes dan menghitung sambungan-sambungan balok ke kolom baja. Sejak saat itu percobaan-percobaan mengenai kekakuan terus berlanjut.

Pengamatan yang mulai gencar dilakukan dan dibicarakan sejak tahun 1980-an menunjukkan hasil bahwa semua sambungan yang ditinjau mempunyai kekakuan yang jatuh antara dua kasus ekstrim kaku sempurna dan fleksibel (Chen dan Lui, '86; Chen, '87, '88; Chen dan Kishi, '89; Beddle, '93; dan lain-lain)

Pada AISC-ASD ada 3 tipe konstruksi, yaitu :

1. Tipe 1, *Rigid Frame* (Kerangka kaku)

- a. Sambungan diasumsikan mempunyai kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut geometri antara batang-batang pada titik-titik pertemuan.

- b. Dianggap tidak terjadi rotasi relatif sambungan.
- c. Gaya-gaya momen ujung balok sepenuhnya ditransferkan ke kolom.
- d. Sudut joint sambungan adalah nol.
- e. Sambungan ini lebih ditujukan untuk analisis struktur elastis

2. Tipe 2, *Simple Frame* (Rangka sederhana).

- a. Sambungan balok dengan balok girder, hanya memindahkan reaksi gaya geser vertikal saja tanpa gaya momen.
- b. Tidak ada gaya yang menahan rotasi yang terjadi, sehingga sambungan dapat berotasi tanpa pengekangan.
- c. Momen sambungan selalu nol.

3. Tipe 3, *Semi-Rigid Frame* (rangka setengah kaku)

- a. Mengasumsikan bahwa sambungan dapat memindahkan reaksi gaya geser vertikal dan juga memiliki kapasitas untuk memindahkan momen.
- b. Pada sambungan terjadi sudut rotasi akibat momen yang ditahan.

Disamping ASD, AISC mengeluarkan pedoman lain pada tahun 1986 dengan menerbitkan edisi pertama dari spesifikasi *Load and Resistance Force*. Sebagaimana pendahulunya, pada edisi kedua (AISC-LRFD) terdapat 2 tipe konstruksi, yaitu :

1. Tipe FR (*Fully Restraint*, pengekangan penuh)
2. Tipe PR (*Partially Restraint*, pengekangan sebagian)

Tipe FR cocok dengan ASD tipe 1, Tipe PR termasuk tipe 2 & 3 ASD. Jika menggunakan konstruksi tipe PR atau yang dimaksud dalam penulisan ini

adalah tipe desain *semirigid frames* (rangka semi-rigid), maka efek fleksibilitas dan kelenturan sambungan harus diperhatikan pada prosedur analisis dan desainnya. Jika dilakukan pengamatan terhadap kedua spesifikasi ini, terdapat sedikit perbedaan antara spesifikasi ASD dan LRFD dalam penerapannya. Pada spesifikasi ASD konstruksi sistem semi-rigid didesain dengan menggunakan penyederhanaan asumsi bahwa sambungan fleksibel untuk balok dan rigid untuk kolom. Asumsi ini menghasilkan *overdesign* pada balok dan *underdesign* pada kolom. Penggunaan elemen balok menjadi agak boros, sedangkan kolom sebaliknya.

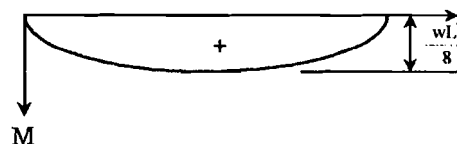
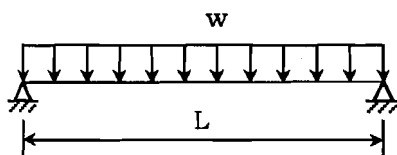
Spesifikasi LRFD mengambil penyederhanaan asumsi dari aturan desain tipe 2 ASD, serta meninjau perilaku aktual sambungan seperti desain tipe 3 ASD. Di sini perilaku yang aktual diperhatikan sepenuhnya, sehingga proses desain menjadi lebih teliti dan rasional serta lebih optimal dalam penggunaan material.

Dari literatur yang ada dapat disimpulkan bahwa desain rangka semirigid adalah perencanaan yang mengambil asumsi bahwa sambungan-sambungan balok dan kolom berada di antara kondisi kaku sempurna (*fully rigid*) dan perletakan sederhana (*fleksibel*) dimana sambungan tersebut dapat memindahkan gaya-gaya vertikal dan juga memiliki kapasitas untuk memindahkan momen.

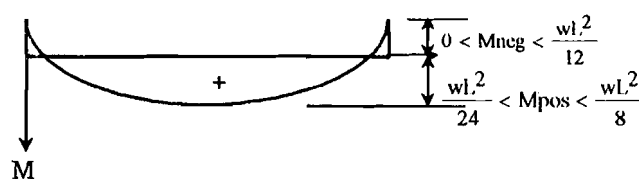
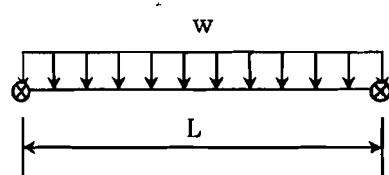
Perbandingan momen yang terjadi akibat adanya pengeangan pada ujung batang akan ditampilkan di bawah ini :

BalokDiagram Momen

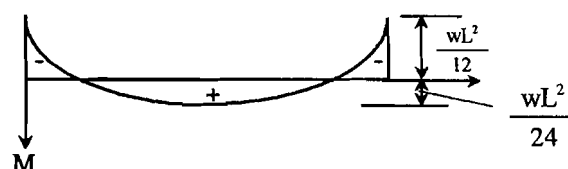
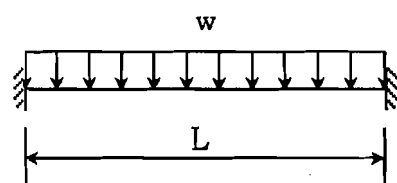
1. Pengekangan Sederhana



2. Pengekangan Semi Rigid



3. Pengekangan Rigid



Gambar 1.2. Perbandingan Momen Akibat Pengekangan
(*WF.Chen, 1991*)

1.7.2. Aljabar Matriks

Dengan adanya kemajuan yang cukup pesat dalam bidang elektronika, khususnya bidang komputer, maka proses hitungan dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan banyak menggunakan cara aljabar matriks. Matriks adalah suatu rangkaian unsur yang disusun dalam baris dan kolom. Bila susunan itu terdiri dari atas m baris dan n kolom, disebut matriks $m \times n$. Secara umum suatu matriks $m \times n$ dapat ditulis sebagai berikut :

$$[A] = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

Suatu unsur matriks dengan simbol a_{ij} berarti unsur tersebut berada pada baris i dan kolom j . (Susastrawan; 1990)

Aljabar matriks digunakan dalam analisa struktur atas dua alasan. Pertama, matriks bisa menunjukkan suatu himpunan besaran aljabar atau numerik dengan simbol tunggal; jadi notasi matriks boleh dianggap sebagai penyingkatan tulisan. Keuntungan kedua ialah besaran yang dibutuhkan dalam analisa bisa ditata secara sistematis, sehingga penyelesaiannya dapat diperoleh dengan himpunan operasi matriks. Program komputer operasi ini juga mudah dibuat, dan program standar untuk seluruh operasi matriks biasanya telah tersedia. Selain itu, sifat organisatoris matriks menguntungkan untuk dipakai dalam perhitungan dengan tangan.

1.7.3. Bahasa Basic (Turbo Basic)

Bahasa Basic diciptakan dengan tujuan utama sebagai bahasa awam media perantara pemakai berinteraksi langsung dengan komputer. Basic singkatan dari *Beginner's All purpose Symbolic Instruction Code*. Pencipta dari bahasa Basic adalah John G. Kemeny, profesor dari Dartmouth College dan Thomas E. Kurtz pada tahun 1960. Bahasa komputer awam disebut juga dengan nama bahasa tingkat tinggi (*high level language*) atau bahasa yang orientasinya ke pemecahan masalah (*problem oriented language*).

Untuk *problem oriented language* lainnya, di dalam membuat program yang paling sederhana pun masih dibutuhkan pengetahuan program yang cukup memadai. Lain halnya dengan *problem language* Basic, seseorang dapat membuat program yang sederhana dengan hanya bermodal pengetahuan Basic yang rendah. Bahasa Basic relatif mudah dipahami dan dimengerti. (Jogiyanto H.M; 1992)

Tetapi sering para pemrogram Basic sering terhambat tidak dapat mengembangkan program secara leluasa. Pertama disebabkan kecepatan eksekusi program Basic yang sangat lambat (karena memakai interpreter Basic, seperti Basic). Kedua, pada masalah tertentu, implementasi ternyata harus memakai bahasa mesin yang dicampurkan dalam program Basic, disebabkan tidak adanya perintah dalam tingkat tinggi. Dengan menggunakan Turbo Basic (suatu kompailer Basic yang dikeluarkan oleh perusahaan Borland International), kesulitan untuk mempelajari bahasa mesin atau rakitan dapat dihindari. Sebab Turbo Basic menyediakan sejumlah fasilitas yang memungkinkan untuk membuat program tanpa menggunakan perintah dalam bentuk tingkat. (Abdul Kadir; 1993)

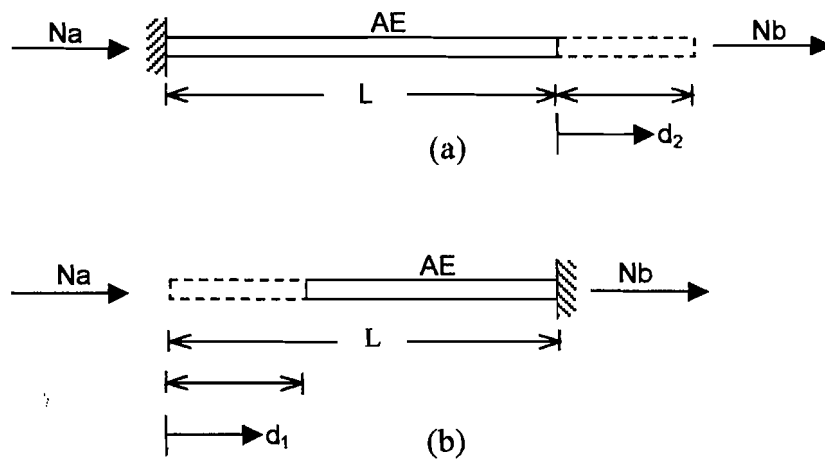
BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Deformasi pada batang

Bila suatu struktur diberi beban, tegangan akan timbul dalam bahannya dan deformasi akan terjadi. Deformasi adalah sembarang perubahan bentuk pada beberapa bagian struktur, sedangkan tegangan menyatakan aksi tersebut yang terjadi secara internal antara elemen-elemen yang berdekatan pada struktur. Deformasi yang terjadi pada batang struktur adalah : deformasi aksial, lentur dan puntir.

2.1.1. Deformasi aksial



Gambar 2.1. Deformasi aksial batang
(Sumber : Holzer, 1985)

Batang pada gambar 2.1 di atas dianggap menerima gaya N_a dan N_b di ujung batang. Akibat gaya ini batang akan mengalami deformasi aksial sebesar d_1 atau d_2 . Syarat keseimbangan gaya pada gambar 2.1.a adalah seperti persamaan di bawah ini.

$$N_a = -\frac{AE}{L} \cdot d_2 \quad (2.1.a)$$

$$N_b = \frac{AE}{L} \cdot d_2 \quad (2.1.b)$$

Syarat keseimbangan gaya pada gambar 2.1.b adalah sebagai berikut :

$$N_a = \frac{AE}{L} \cdot d_1 \quad (2.2.a)$$

$$N_b = -\frac{AE}{L} \cdot d_1 \quad (2.2.b)$$

Jika persamaan (2.1) dan (2.2) digabungkan, maka akan didapatkan persamaan seperti di bawah ini .

$$N_a = \frac{AE}{L} \cdot d_1 - \frac{AE}{L} \cdot d_2 \quad (2.3.a)$$

$$N_b = -\frac{AE}{L} \cdot d_1 + \frac{AE}{L} \cdot d_2 \quad (2.3.b)$$

Persamaan (2.3) dapat ditulis dalam bentuk matrik sabagai berikut :

$$\begin{bmatrix} N_a \\ N_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} +\frac{AE}{L} & -\frac{AE}{L} \\ -\frac{AE}{L} & +\frac{AE}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

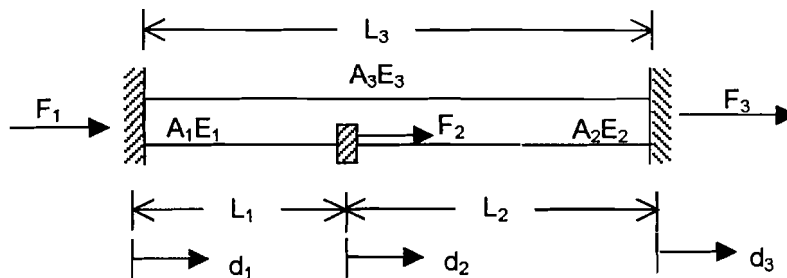
$$\text{Atau : } [N] = [K] \cdot [d] \quad (2.5)$$

dengan : $[N]$ = Matriks beban luar

$[K]$ = Matriks kekakuan

$[d]$ = Matriks displesmen

Jika batangnya lebih dari satu yang dirangkai dalam satu konstruksi, maka akan kita lihat seperti pada gambar 2.3 di bawah ini :



Gambar 2.2. Gabungan batang

Dari gambar 2.2 di atas dan sesuai dengan persamaan (2.3) dapat diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$F_1 = +\frac{A_1E_1}{l_1} \cdot d_1 - \frac{A_1E_1}{l_1} \cdot d_2 + \frac{A_3E_3}{l_3} \cdot d_1 - \frac{A_3E_3}{l_3} \cdot d_3 \quad (2.6.a)$$

$$F_2 = -\frac{A_1E_1}{l_1} \cdot d_1 + \frac{A_1E_1}{l_1} \cdot d_2 + \frac{A_2E_2}{l_2} \cdot d_2 - \frac{A_2E_2}{l_2} \cdot d_3 \quad (2.6.b)$$

$$F_3 = -\frac{A_3E_3}{l_3} \cdot d_1 - \frac{A_2E_2}{l_2} \cdot d_2 + \frac{A_2E_2}{l_2} \cdot d_3 + \frac{A_3E_3}{l_3} \cdot d_3 \quad (2.6.c)$$

Jika $k_1 = \frac{A_1E_1}{L_1}$, $k_2 = \frac{A_2E_2}{L_2}$, dan $k_3 = \frac{A_3E_3}{L_3}$, maka persamaan (2.6) dapat

dituliskan sebagai berikut :

$$F_1 = (k_1 + k_3)d_1 + (-k_1)d_2 + (-k_3)d_3 \quad (2.7.a)$$

$$F_2 = (-k_1)d_1 + (k_1 + k_2)d_2 + (-k_2)d_3 \quad (2.7.b)$$

$$F_3 = (-k_3)d_1 + (-k_2)d_2 + (k_2 + k_3)d_3 \quad (2.7.c)$$

Jika persamaan (2.7) ditulis dalam bentuk matrik akan didapat bentuk seperti di bawah ini.

$$\begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_1 & -k_3 \\ -k_1 & k_1 + k_2 & -k_2 \\ -k_3 & -k_2 & k_2 + k_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

Agar konstruksi seperti gambar 2.3 stabil, harus ada titik yang dikonstrain.

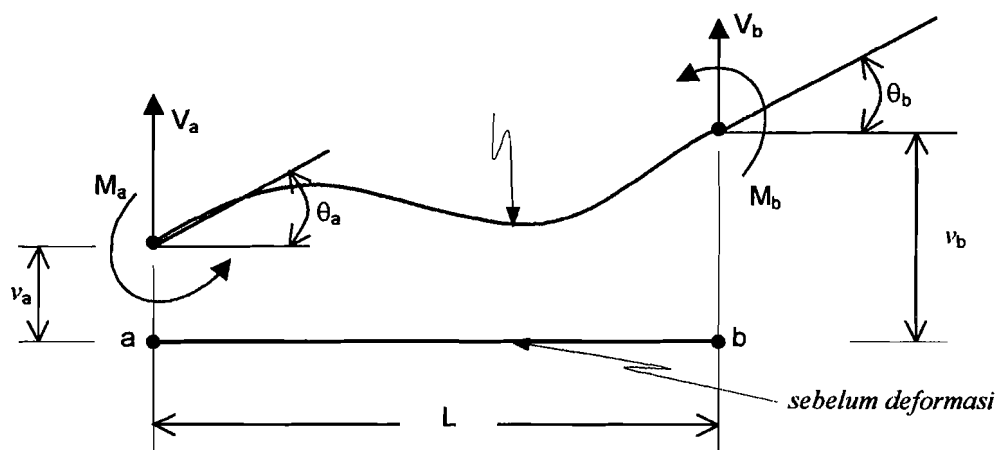
Jika titik 1 dikonstrain, sehingga titik 1 tidak dapat bergerak, dengan kata lain $d_1=0$, maka persamaan diatas menjadi :

$$\begin{bmatrix} F_2 \\ F_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 \\ -k_2 & k_2 + k_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_2 \\ d_3 \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

Persamaan (2.9) dapat ditulis dalam bentuk :

$$\begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 \\ -k_2 & k_2 + k_3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} F_2 \\ F_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_2 \\ d_3 \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

2.1.2. Deformasi lentur



Gambar 2.3. Batang lentur

Untuk memperoleh persamaan dasar batang lentur, diturunkan dari persamaan "Slope deflection"

$$M_a = \frac{2EI}{L}(2\theta_a + \theta_b - 3\varphi_{ab}) \quad (2.11.a.)$$

$$M_b = \frac{2EI}{L}(2\theta_b + \theta_a - 3\varphi_{ab}) \quad (2.11.b)$$

dengan :

$$\varphi_{ab} = \frac{1}{L}(y_b - y_a) \quad (2.12)$$

Agar memenuhi syarat keseimbangan, maka :

$$V_a = \frac{1}{L}(M_a + M_b) \quad (2.13)$$

$$V_b = -V_a$$

Dengan mengkombinasikan persamaan (2.11),(2.12) dan (2.13) akan didapat :

$$V_a = \alpha(12y_a + 6L\theta_a - 12y_b + 6L\theta_b) \quad (2.14.a)$$

$$M_a = \alpha(6Ly_a + 4L^2\theta_a - 6Ly_b + 2L^2\theta_b) \quad (2.14.b)$$

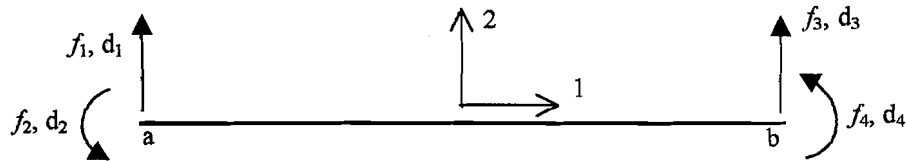
$$V_b = \alpha(-12y_a - 6\theta_a + 2y_b - 6L\theta_b) \quad (2.14.c)$$

$$M_b = \alpha(6Ly_a + 2L^2\theta_a - 6Ly_b + 4L^2\theta_b) \quad (2.14.d)$$

Jika ditulis dalam bentuk matrik :

$$\begin{bmatrix} V_a \\ M_a \\ V_b \\ M_b \end{bmatrix} = \alpha \begin{bmatrix} 12 & 6L & -12 & 6L \\ 6L & 4L^2 & -6L & 2L^2 \\ -12 & -6L & 12 & -6L \\ 6L & 2L^2 & -6L & 4L^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_a \\ \theta_a \\ y_b \\ \theta_b \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

Untuk memudahkan proses hitungan dengan metode matriks maka indeks pada persamaan (2.15) diganti dengan nomor urut. Begitu pula dengan notasi yang lain diganti sesuai dengan gambar berikut ini :



Gambar 2.4. Batang lentur (bentuk matrik)

Dengan demikian persamaan (2.15) dapat disusun kembali menjadi :

$$\begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ f_4 \end{bmatrix} = \alpha \begin{bmatrix} 12 & 6L & -12 & 6L \\ 6L & 4L^2 & -6L & 2L^2 \\ -12 & -6L & 12 & -6L \\ 6L & 2L^2 & -6L & 4L^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

Secara simbolis dapat ditulis sebagai berikut

$$f - k \cdot d \quad (2.17)$$

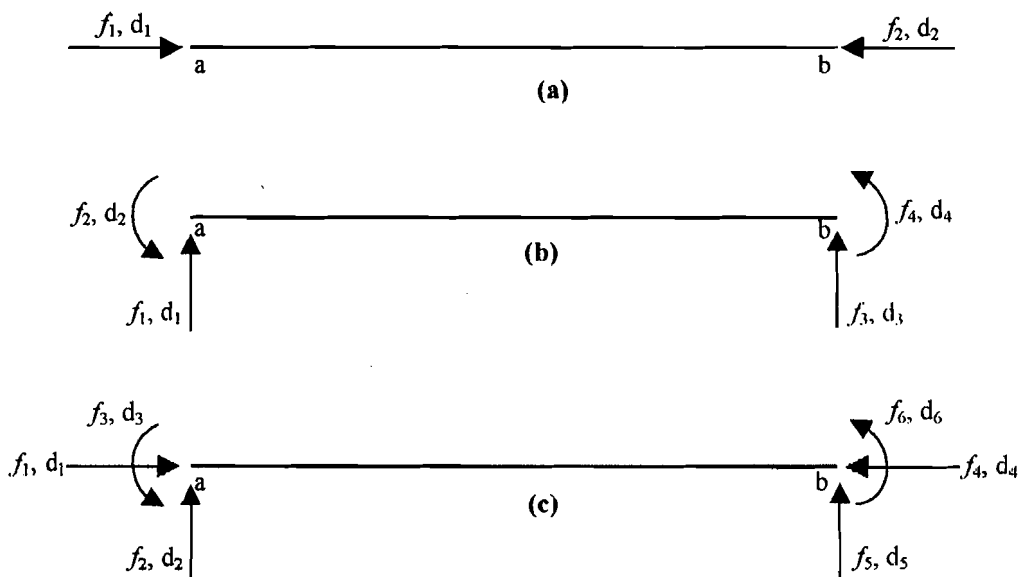
dengan :

$$k = \alpha \begin{bmatrix} 12 & 6L & -12 & 6L \\ 6L & 4L^2 & -6L & 2L^2 \\ -12 & -6L & 12 & -6L \\ 6L & 2L^2 & -6L & 4L^2 \end{bmatrix}, \quad \alpha = \frac{EI}{L^3} \quad (2.18)$$

2.1.3. Kombinasi Deformasi Aksial dan Lentur pada Portal

Karena adanya beban luar, pada portal batang akan terjadi deformasi aksial dan deformasi lentur. Karenanya persamaan dasarnya merupakan gabungan antara persamaan dasar batang yang mengalami deformasi aksial dan batang yang berdeformasi lentur.

Untuk lebih jelasnya kedua persamaan dasarnya akan dituliskan kembali seperti di bawah ini :



Gambar 2.5. (a). deformasi aksial
(b). deformasi lentur
(c). kombinasi deformasi aksial dan lentur

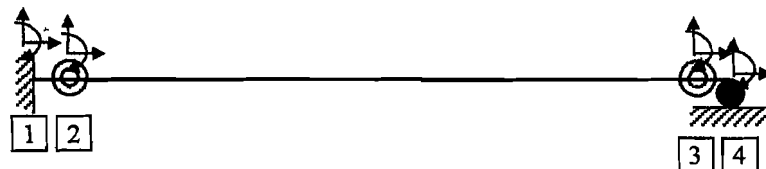
Seperti nampak pada gambar 2.5, maka dapat disusun suatu persamaan yang merupakan gabungan persamaan (2.10) dan persamaan (2.29), sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ f_4 \\ f_5 \\ f_6 \end{bmatrix} = \alpha \cdot \begin{bmatrix} \beta & 0 & 0 & -\beta & 0 & 0 \\ 0 & 12 & 6L & 0 & -12 & 6L \\ 0 & 6L & 4L^2 & 0 & -6L & 2L^2 \\ -\beta & 0 & 0 & \beta & 0 & 0 \\ 0 & -12 & -6L & 0 & 12 & -6L \\ 0 & 6L & 2L^2 & 0 & -6L & 4L^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \\ d_5 \\ d_6 \end{bmatrix} \quad (2.19.a)$$

$$\alpha = \frac{EI}{L^3}, \quad \beta = \frac{AL^2}{I} \quad (2.19.b)$$

2.2. MCODE dan JCODE

JCODE (Joint Code) adalah satu set angka yang terdiri atas nomer-nomer derajat kebebasan pada suatu titik. MCODE (Member Code) merupakan nomer-nomer derajat kebebasan ujung-ujung suatu batang. JCODE dan MCODE merupakan notasi bantu yang digunakan untuk mempermudah perhitungan matrik dalam menyusun matrik kekakuan, matrik beban luar dan lainnya.



Gambar 2.6. Derajat Kebebasan (d.o.f)

Dari gambar di atas dapat disusun

JCODE (1) = [0 0 0] artinya Join Code titik 1 nomer derajat kebebasan

arah sb $x = 0$, arah sb $y = 0$, puntir = 0.

JCODE (2) = [0 0 1]

JCODE (3) = [0 0 2]

JCODE (4) = [0 0 3]

MCODE merupakan gabungan dari dua JCODE ujung-ujung batang

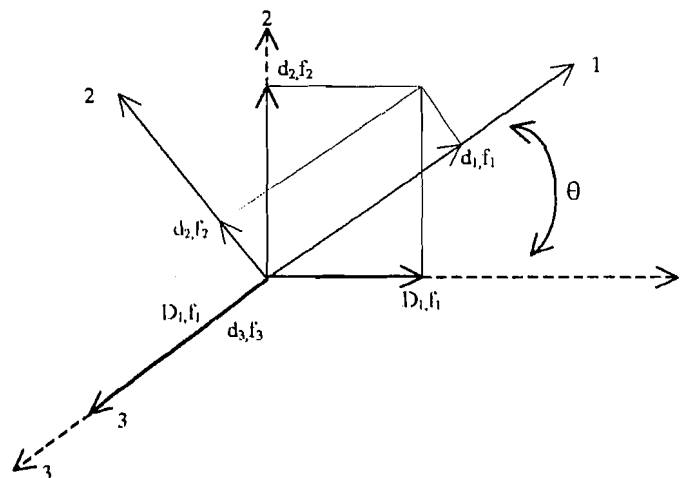
MCODE (1) = [0 0 0 0 0 1] merupakan penggabungan JCODE (1) dan JCODE (2).

MCODE (2) = [0 0 1 0 0 2]

MCODE (3) = [0 0 2 0 0 3]

2.3. Transformasi Koordinat

Pada analisa struktur koordinat lokal batang harus sesuai dengan koordinat global struktur. Agar koordinat lokal dan global sama, diperlukan transformasi koordinat. Untuk lebih jelasnya dapat kita lihat pada gambar 2.7 di bawah ini.



Gambar 2.7. Transformasi Koordinat

Gambar 2.7. menunjukkan sistem koordinat global (sistem koordinat struktur) dengan garis putus-putus, dimana sumbu 1/sumbu x adalah sumbu horizontal dan sumbu 2/sumbu y adalah sumbu vertikal. Sedangkan sistem koordinat lokal ditunjukkan dengan garis penuh, dimana sumbu 1'/sumbu x diambil

sumbu batang dan sumbu 2/sumbu y adalah sumbu tegak lurus batang. Dari gambar 2.3 didapat persamaan-persamaan :

$$d_1 = D_1 \cos \theta + D_2 \sin \theta \quad (2.20.a)$$

$$d_2 = -D_1 \sin \theta + D_2 \cos \theta \quad (2.20.b)$$

$$d_3 = D_3 \quad (2.20.c)$$

dengan :

$$\cos \theta = \frac{\text{X nomer titik besar} - \text{X nomer titik kecil}}{L} \quad (2.21.a)$$

$$\sin \theta = \frac{\text{Y nomer titik besar} - \text{Y nomer titik kecil}}{L} \quad (2.21.b)$$

Persamaan (2.20) dapat ditulis dalam bentuk matrik

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{bmatrix} \quad (2.22)$$

dengan :

d_1 = Deformasi lokal ujung 1

d_2 = Deformasi lokal ujung 2

D_1 = Deformasi global ujung 1

D_2 = Deformasi global ujung 2

Jika diambil matrik rotasional :

$$\lambda = \begin{bmatrix} c & s & 0 \\ -s & c & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad c = \cos \theta, \quad s = \sin \theta \quad (2.23)$$

Persamaan (2.22) dapat ditulis dalam bentuk :

$$[d_a] = [\lambda] [D_a] \quad (2.24)$$

Analog dengan persamaan (2.22) akan dapat diperoleh :

$$\begin{bmatrix} d_4 \\ d_5 \\ d_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{bmatrix} \quad (2.25)$$

$$\text{atau : } [d_a] = [\lambda] [D_a] \quad (2.26)$$

Dengan menggabungkan persamaan (2.24) dan (2.26) akan diperoleh :

$$\begin{bmatrix} d_a \\ d_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_a \\ D_b \end{bmatrix} \quad (2.27)$$

$$\text{atau : } [d] = [\lambda] [D] \quad (2.28)$$

Analog dengan persamaan (2.28) dapat disusun persamaan sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} f_a \\ f_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_a \\ F_b \end{bmatrix} \quad (2.29)$$

$$\text{atau : } [f] = [\lambda] [F] \quad (2.30)$$

$$\text{maka : } [F] = [\lambda]^T [f] \quad (2.31)$$

Dari persamaan (2.3) dan (2.31) akan diperoleh :

$$[F] = \lambda^T k d \quad (2.32)$$

Dari persamaan (2.32) dan (2.28) dapat diperoleh :

$$F = \lambda^T k \lambda D \quad (2.33)$$

2.4. Matriks Kekakuan.

2.4.1. Kekakuan Struktur batang Biasa.

Dari persamaan (2.33) dan (2.17) diperoleh :

$$k = \lambda^T k \lambda \quad (2.34)$$

sehingga :

$$k = \begin{bmatrix} \lambda^T & 0 \\ 0 & \lambda^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_{aa} & k_{ab} \\ k_{ba} & k_{bb} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix} \quad (2.35)$$

$$= \begin{bmatrix} \lambda^T k_{aa} \lambda & \lambda^T k_{ab} \lambda \\ \lambda^T k_{ba} \lambda & \lambda^T k_{bb} \lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{aa} & k_{ab} \\ k_{ba} & k_{bb} \end{bmatrix}$$

$$\text{dengan : } k_{aa} = \lambda^T k_{aa} \lambda \quad (2.36.a)$$

$$k_{ab} = \lambda^T k_{ab} \lambda \quad (2.36.b)$$

$$k_{ba} = \lambda^T k_{ba} \lambda \quad (2.36.c)$$

$$k_{bb} = \lambda^T k_{bb} \lambda \quad (2.36.d)$$

Nilai-nilai k_{aa} , k_{ab} , k_{ba} , k_{bb} adalah merupakan matriks kekakuan batang pada sistem koordinat lokal, seperti pada persamaan di bawah ini :

$$[k] = \begin{bmatrix} k_{aa} & k_{ab} \\ k_{ba} & k_{bb} \end{bmatrix} = \alpha \cdot \begin{bmatrix} \beta & 0 & 0 & -\beta & 0 & 0 \\ 0 & 12 & 6L & 0 & -12 & 6L \\ 0 & 6L & 4L^2 & 0 & -6L & 2L^2 \\ -\beta & 0 & 0 & \beta & 0 & 0 \\ 0 & -12 & -6L & 0 & 12 & -6L \\ 0 & 6L & 2L^2 & 0 & -6L & 4L^2 \end{bmatrix} \quad (2.37)$$

Sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned}
 k_{aa} &= \alpha \cdot \begin{bmatrix} c & -s & 0 \\ s & c & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta & 0 & 0 \\ 0 & 12 & 6L \\ 0 & 6L & 4L^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c & s & 0 \\ -s & c & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 &= \alpha \cdot \begin{bmatrix} \beta c^2 + 12s^2 & cs(\beta - 12) & -6Ls \\ cs(\beta - 12) & \beta s^2 + 12c^2 & 6Lc \\ -6Ls & 6Lc & 4L^2 \end{bmatrix} \quad (2.38)
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dapat diperoleh dan dihitung nilai-nilai k_{ab} , k_{ba} , k_{bb} sehingga akan dapat diperoleh matrik kekakuan batang pada sistem koordinat global seperti di bawah ini :

$$[k] = \begin{bmatrix} g_1 & g_2 & g_4 & -g_1 & -g_2 & g_4 \\ g_2 & g_3 & g_5 & -g_2 & -g_3 & g_5 \\ g_4 & g_5 & g_6 & -g_4 & -g_5 & g_7 \\ -g_1 & -g_2 & -g_4 & g_1 & g_2 & -g_4 \\ -g_2 & -g_3 & -g_5 & g_2 & g_3 & -g_5 \\ g_4 & g_5 & g_7 & -g_4 & -g_5 & g_6 \end{bmatrix} \quad (2.39)$$

$$\text{dengan : } g_1 = \alpha \cdot (\beta \cdot c^2 + 12 \cdot s^2) \quad (2.40.a)$$

$$g_2 = \alpha \cdot cs \cdot (\beta - 12) \quad (2.40.b)$$

$$g_3 = \alpha \cdot (\beta \cdot s^2 + 12 \cdot c^2) \quad (2.40.c)$$

$$g_4 = -\alpha \cdot 6L \cdot s \quad (2.40.d)$$

$$g_5 = \alpha \cdot 6L \cdot c \quad (2.40.e)$$

$$g_6 = \alpha \cdot 4L^2 \quad (2.40.f)$$

$$g_7 = \alpha \cdot 2L^2 \quad (2.40.g)$$

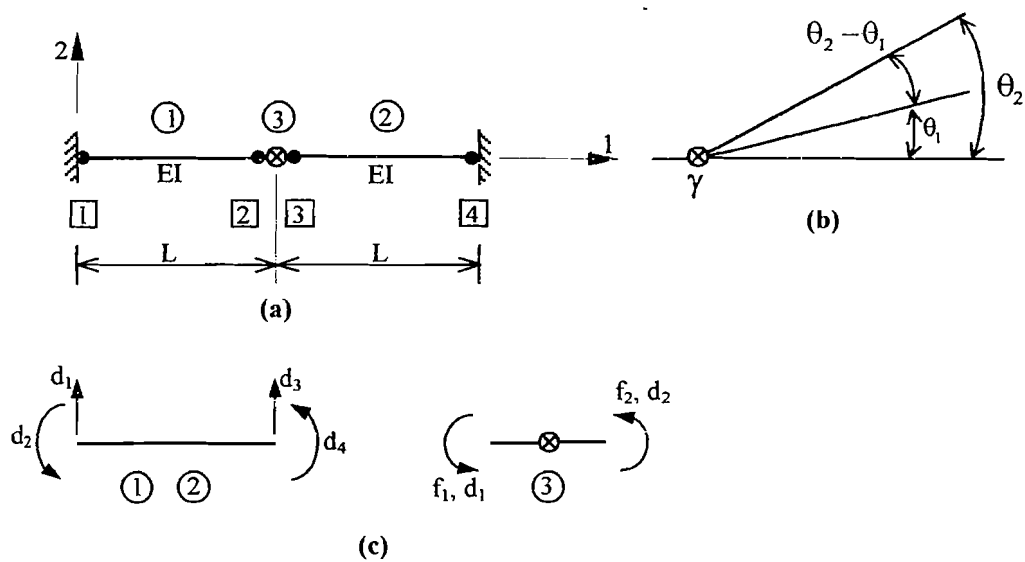
dan :
$$\beta = \frac{AL^2}{I} \quad (2.40.h)$$

$$\alpha = \frac{EI}{L^3} \quad (2.40.i)$$

$$c = \cos \theta \quad (2.40.j)$$

$$s = \sin \theta \quad (2.40.k)$$

2.4.2. Kekakuan Struktur batang Spring.



Gambar 2.9. Pertemuan batang biasa dan batang spring
 (a). pertemuan batang biasa dan batang spring
 (b). rotasional spring
 (c). batang biasa dan batang spring.

(Sumber : Holzer, 1985)

Jika momen pada sisi kanan dan kiri spring adalah f_1 dan f_2 dan rotasinya adala d_1 dan d_2 , maka persamaan momennya adalah :

$$f_1 + f_2 = 0, \text{ atau } f_2 = - f_1 \quad (2.41)$$

Rotasi relatif pada sisi kanan ke kiri adalah d_2-d_1 , dan momen yang menyebabkan rotasi ini, diperhitungkan dari kanan adalah :

$$f_2 = \gamma \cdot (\theta_2 - \theta_1) \quad (2.42.a)$$

$$f_1 = -f_2 = \gamma \cdot (\theta_1 - \theta_2) \quad (2.42.b)$$

$$\text{dengan : } \gamma = 4L^2\alpha S \quad (2.42.c)$$

$$\alpha = \frac{EI}{L^3} \quad (2.42.d)$$

S = faktor kekakuan batang Spring

Jika persamaan di atas ditulis dalam bentuk matrik akan diperoleh persamaan seperti di bawah ini :

$$\begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix} = \gamma \cdot \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \end{bmatrix} \quad (2.43)$$

Dalam bentuk lain matrik kekakuan batang Spring dapat diilustrasikan seperti di bawah ini.

$$[k] = \alpha \cdot S \cdot \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 4L^2 & 0 & 0 & -4L^2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -4L^2 & 0 & 0 & 4L^2 \end{bmatrix} \quad (2.44)$$

2.4.3. Menyusunan Matrik kekakuan Struktur

Setelah matrik kekakuan batang biasa dan matrik kekakuan batang spring didapatkan, keduanya disusun sesuai dengan MCODE masing-masing batang dengan persamaan di bawah ini.

$$K = \sum_{i=1}^{NE} K^{(i)} = K^1 + K^2 + K^{(3)} + \dots + K^n \quad (2.45)$$

2.5. Matrik Beban Luar

Pada tiap-tiap batang berlaku rumus $f = k.d$, dan pada sistem struktur berlaku rumus.

$$[F] = [K] \cdot [D] \quad (2.46)$$

dengan : $[F]$ = Matriks beban luar

$[K]$ = Matriks kekakuan struktur

$[D]$ = Matriks displesmen titik buhul pada koordinat global

dimana :

$$[F] = [\bar{F}] - [\hat{F}] \quad (2.47)$$

dan :

$[\bar{F}]$ = Matrik beban titik

$[\hat{F}]$ = Matrik gaya-gaya dalam primer (*fixed-end force*)

2.5.1. Beban pada titik buhul

Beban pada titik buhul dihitung dengan urutan sebagai berikut :

1. Matrik beban luar pada masing-masing titik buhul \bar{F}^i disusun kembali dengan indeks sesuai derajat kebebasan pada JCODE, sehingga didapat $\bar{F}^{(i)}$

$$\bar{F}^i \xrightarrow{\text{JCODE}} \bar{F}^{(i)} \quad (2.48)$$

2. Matrik beban luar titik buhul suatu struktur \bar{F} adalah penjumlahan dari beban luar masing-masing titik buhul. $\bar{F}^{(i)}$

$$\bar{F} = \sum_{i=1}^{NJ} \bar{F}^{(i)} \quad (2.49)$$

2.5.2. Gaya Ujung Batang

Gaya-gaya ujung batang/gaya-gaya primer (sering disebut juga momen primer) atau *fixed-end force*, \hat{F} , dihitung dengan memperhatikan hal-hal seperti di bawah ini :

1. Tiap batang yang menerima beban pada batang, dihitung vektor *fixed-end force* pada koordinat lokal, f^i , kemudian ditransferkan ke koordinat global \hat{F}^i
2. Dengan bantuan MCODE, \hat{F}^i ditransformasikan sesuai dengan nomer derajat kebebasannya, sehingga diperoleh $\hat{F}^{(i)}$

$$\hat{F}^i \xrightarrow{\text{MCODE}} \hat{F}^{(i)} \quad (2.50)$$

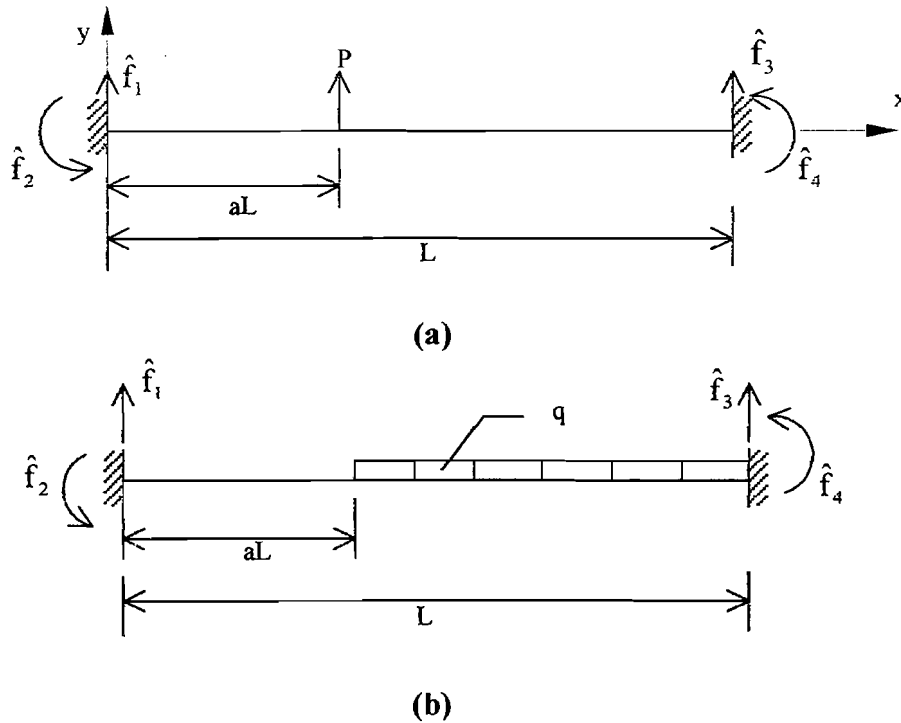
3. *Fixed-end force* untuk semua sistem struktur adalah penjumlahan *fixed-end force* masing-masing batangnya.

$$\hat{F} = \sum_{i=1}^{NE} \hat{F}^{(i)} \quad (2.51)$$

Vektor gaya dalam tiap-tiap batang dapat dihitung dengan rumus di bawah ini. :

$$\bar{f} = f^i + \hat{f}^i \quad (2.52)$$

Rumus-rumus *fixed-end force* yang digunakan akan disajikan di bawah ini



Gambar 2.10. *Fixed-end force*

(a). beban terpusat.

(b). beban terbagi merata.

(Sumber : Holzer, 1985)

Dari gambar 2.10(a) di atas, rumus *fixed-end force* yang digunakan untuk beban titik pada batang adalah :

$$\hat{f} = P \begin{bmatrix} -1 - a^2(2a - 3) \\ -La(1 - a)^2 \\ a^2(2a - 3) \\ La^2(1 - a) \end{bmatrix} \quad (2.53.a)$$

$$\text{dengan : } a = \frac{x}{L} \quad (2.53.b)$$

Berdasarkan gambar 2.10.(b). rumus *fixed-end force* untuk beban terbagi merata pada batang adalah sebagai berikut :

$$f = p.L \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}(1 - a^4 + 2a^3 - 2a) \\ -\frac{1}{12}(1 - 3a^4 + 8a^3 - 6a^2) \\ -\frac{1}{2}(1 - a^4 - 2a^3) \\ \frac{1}{12}(1 + 3a^4 - 4a^3) \end{bmatrix} \quad (2.54)$$

2.5.3 Matrik Displesmen

Setelah matrik kekakuan [K] dan matrik gaya luar [F] diperoleh, matrik displesmen seluruh titik buhul sistem struktur [D] bisa dihitung dengan persamaan

$$[D] = [F] \cdot [K]^{-1} \quad (2.55)$$

2.5.4 Gaya Dalam Batang

Untuk menghitung gaya dalam batang, displesmen masing-masing batang harus diketahui terlebih dahulu. Adapun langkah-langkah untuk menghitung displesmen masing-masing batang adalah sebagai berikut :

- 1 Dengan bantuan MCODE, matrik displesmen struktur, [D], ditransformasikan sesuai dengan nomer derajat kebebasannya, sehingga diperoleh [Dⁱ]

$$D \xrightarrow{\text{MCODE}} D^i \quad (2.56)$$

2. Matrik displesmen batang pada sistem koordinat global [Dⁱ], dikalikan dengan matrik transformasi [λ] sehingga diperoleh matrik displesmen masing-masing batang pada koordinat lokal [dⁱ].

$$[d^i] = [\lambda] [D^i] \quad (2.57)$$

3. Matrik displesmen masing-masing batang pada koordinat lokal [dⁱ] digunakan untuk mencari gaya dalam masing-masing batang dengan menggunakan persamaan (2.52), yaitu : $\bar{f} = f^i + \hat{f}^i$

$$\text{Dengan : } f^i = k^i \cdot d^i \quad (2.58)$$

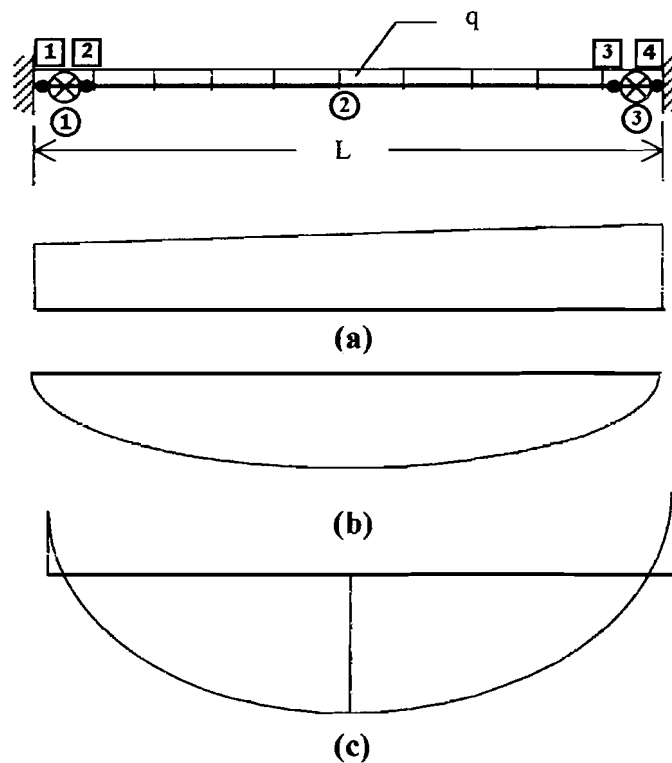
2.5.5 Gaya Pada Titik Buhul

Gaya-gaya titik buhul dihitung dengan mentransformasikan kembali gaya dalam masing-masing batang.

$$P_j = \sum_{i=1}^{NE} \lambda^{iT} f^i \quad (2.59)$$

2.6. Momen Lapangan

Momen lapangan didapat dengan perhitungan superposisi momen gaya dalam pada ujung-ujung batang dan momen pada bentangan akibat beban luar.



Gambar 2.10. *Bending Moment Diagram*

- (a). akibat momen ujung pada gaya batang
- (b). akibat beban luar
- (c). superposisi dari momen (a) dan (b)

BAB III

PROSES PEMROGRAMAN

3.1. Umum

Di masa globalisasi seperti sekarang ini, program komputer merupakan sarana yang tepat untuk membantu menyelesaikan perhitungan agar lebih cepat dan teliti. Program itu berisi langkah-langkah yang harus dilalui untuk menyelesaikan berbagai persoalan, baik perhitungan matematika maupun pengolahan data.

Untuk mempermudah proses pembuatan program, terlebih dahulu disusun langkah-langkah penyelesaian yang akan dikerjakan. Langkah-langkah tersebut ditransfer ke dalam bentuk *flow chart*, yang akan mempermudah untuk diterjemahkan ke dalam bahasa program. Dalam tugas akhir ini bahasa program yang digunakan adalah Turbo Basic.

3.2. Langkah-langkah Pemrograman Analisa Struktur (Matriks)

3.2.1. Membaca dan Menyimpan Data Struktur

Input data yang diperlukan dan harus dibaca adalah: NE (jumlah elemen), NJ (jumlah joint) dan NLC (jumlah kondisi pembebanan). Kemudian data struktur, data dukungan dan data beban, dibaca dan disimpan untuk diproses.

Data struktur meliputi informasi batang yaitu MINC(1,1) (joint pada ujung awal batang yang ditinjau), MINC(2,1) (joint pada ujung akhir batang) dan material batang yaitu, AREA(luas batang), ZI(inersia), EMOD(modulus elastis batang), ID (jenis batang), ELENG (panjang batang), S (faktor kekakuan batang).

Data dukungan meliputi JNUM (nomor joint yang menjadi dukungan) dan JDIR (arah vektor gaya yang bebas). Untuk data beban batang meliputi batang yang terbebani, jenis beban, arah beban, jarak dan besar beban. Sedangkan data beban joint meliputi arah beban dan besar beban.

3.2.2 Mencari Jumlah Persamaan Simultan

Semua JCODE (kode matriks joint) dianggap mempunyai vektor deformasi, artinya dianggap tidak terkekang (bernilai 1). Kemudian membaca input dukungan, jika input dukungan memberikan nilai maka JCODE-nya diberi nilai nol. Artinya pada JCODE terjadi pengekangan. Semua data JCODE dibaca lagi, jika nilai JCODE tidak sama dengan nol maka mempunyai nilai $NEQ = NEQ + 1$, dengan NEQ mula-mula bernilai nol. Pada joint yang ada elemen Springnya, nilai NEQ arah x dan arah y nilainya tetap dengan NEQ yang sebelumnya dengan membaca data JCODE yang berada pada koordinat yang sama, tetapi nilai NEQ arah perputaran tetap ditambah 1. Misalnya untuk JCODE (2) = [1 2 3], maka nilai JCODE (3) = [1 2 4].

3.2.3 Menentukan Hal Bandwidth (MBD)

Semua kode matriks batang harus ditentukan lebih dulu, dengan cara membaca batang tersebut sama seperti nilai JCODE-nya.

$$\text{MCODE}(L,1) = \text{JCODE}(L,\text{MINC}(1,I))$$

$$\text{MCODE}(L+3,1) = \text{JCODE}(L,\text{MINC}(2,I))$$

dengan : $I = 1, \text{NE}$ dan $L = 1,3$

Dari nilai setiap nilai MCODE dalam satu lajur kolom dibanding dengan MCODE lainnya dalam satu kolom. Untuk memperoleh MBD digunakan ketentuan sebagai berikut ini.

- a. Jika $\text{MCODE}(J,I) \neq 0$ dan $\text{MCODE}(K,I) \neq 0$, maka digunakan :

$$\text{MBD} = \text{ABS}(\text{Mcode}(J,I) - \text{MCODE}(K,J))$$

dengan, $I = 1, \text{NE}$; $J = 1,6$; dan $K = J+1,6$

- b. Jika MCODE keduanya = 0, maka nilai $\text{MBD} = 0$

Nilai MBD yang dipakai adalah nilai MBD yang terbesar.

3.2.4 Menghitung Matriks Transformasi Batang

Matriks transformasi diperoleh dari input data koordinat joint yaitu :

- $X(1, \text{Nomor Joint})$ sebagai koordinat sumbu x.
- $X(2, \text{Nomor Joint})$ sebagai koordinat sumbu y.

Persamaannya adalah :

$$C1(I) = \frac{X(1,K) - X(1,J)}{\text{ELENG}(I)}$$

$$C2(I) = \frac{X(2,K) - X(2,J)}{\text{ELENG}(I)}$$

dengan :

$$\text{ELENG}(I) = \text{panjang batang} = \sqrt{\{X(1,K) - X(1,J)\}^2 + \{X(2,K) - X(2,J)\}^2}$$

$$C1 = \cos \theta = c; \quad C2 = \sin \theta = s$$

$$J = \text{MINC}(1, I); \quad K = \text{MINC}(2, I)$$

3.2.5 Pembebanan

Pembebanan dibedakan menjadi dua macam, yaitu pembebanan joint dan pembebanan batang. Untuk pembebanan joint dapat diperoleh dengan langkah sebagai berikut ini.

Input data yang dibaca komputer adalah JNUM (nomer joint), JDIR (arah beban yang bekerja) dan FORCE (besar beban, bernilai positif jika kekanan atau keatas dan negatif bila kekiri atau kebawah). FORCE ini merupakan beban luar yang akan berpengaruh terhadap nilai deformasi dan dinotasikan sebagai $Q(K)$.

$$Q(K) = \text{FORCE}, \text{ dimana } K = \text{JCODE}(JDIR, JNUM)$$

Sedangkan untuk beban batang, input data yang dibaca adalah MN (nomor batang), MAT (Tipe pembebanan, 1 untuk beban terpusat dan 2 untuk beban merata), DIST (jarak dari joint batang awal) dan ACT (besar beban). Untuk menghitung gaya jepit ujung akibat beban luar digunakan persamaan (2.53) dan (2.54) yaitu :

a. Beban titik.

$$F(1, MN) = F(1, MN) \text{ sebelumnya}$$

$$F(2, MN) = F(2, MN) \text{ sebelumnya} + \text{ACT} (-1 - A^2(2A - 3))$$

$$F(3, MN) = F(3, MN) \text{ sebelumnya} + \text{ACT} (-\text{DIST} (1 - A)^2)$$

$$F(4, MN) = F(4, MN) \text{ sebelumnya}$$

$$F(5, MN) = F(5, MN) \text{ sebelumnya} + \text{ACT} (A^2 (2A - 3))$$

$$F(6, MN) = F(6, MN) \text{ sebelumnya} + \text{ACT} (\text{ELENG} \cdot A^2 (1 - A))$$

b. Beban merata.

$$F(1,MN) = F(1,MN) \text{ sebelumnya}$$

$$F(2,MN) = F(2,MN) \text{ sebelumnya} - \frac{1}{2} \cdot \text{ACT. ELENG}$$

$$F(3,MN) = F(3,MN) \text{ sebelumnya} - \frac{1}{12} \cdot \text{ACT. ELENG}$$

$$F(4,MN) = F(4,MN) \text{ sebelumnya}$$

$$F(5,MN) = F(5,MN) \text{ sebelumnya} - \frac{1}{2} \cdot \text{ACT. ELENG}$$

$$F(6,MN) = F(6,MN) \text{ sebelumnya} - \frac{1}{12} \cdot \text{ACT. ELENG}$$

3.2.6 Menyusun matriks beban luar total

Matriks beban luar total merupakan penggabungan antara beban joint dan beban batang kemudian ditransformasikan dengan memanfaatkan statemen function pada bahasa Turbo BASIC.

$$Q(\text{MCODE}(1,I)) = Q(\text{MCODE}(1,I)) \text{ sebelumnya} - (C1(I) \cdot F(1,I) - C2(I) \cdot F(2,I))$$

$$Q(\text{MCODE}(2,I)) = Q(\text{MCODE}(2,I)) \text{ sebelumnya} - (C1(I) \cdot F(1,I) - C2(I) \cdot F(2,I))$$

$$Q(\text{MCODE}(3,I)) = Q(\text{MCODE}(3,I)) \text{ sebelumnya} - F(3,I)$$

$$Q(\text{MCODE}(4,I)) = Q(\text{MCODE}(4,I)) \text{ sebelumnya} - (C1(I) \cdot F(4,I) - C2(I) \cdot F(5,I))$$

$$Q(\text{MCODE}(5,I)) = Q(\text{MCODE}(5,I)) \text{ sebelumnya} - (C1(I) \cdot F(4,I) - C2(I) \cdot F(5,I))$$

$$Q(\text{MCODE}(6,I)) = Q(\text{MCODE}(6,I)) \text{ sebelumnya} - F(6,I)$$

dengan : I = nomor batang

3.2.7 Membentuk matriks kekakuan sistem struktur

Untuk menghitung matriks kekakuan menggunakan persamaan (2.50) dengan memanfaatkan statement index matriks pada bahasa komputer, sehingga

akan dapat diperoleh matriks kekakuan batang/elemen pada sistem koordinat global. Matriks kekakuan batang dibagi menjadi dua batang/elemen, yaitu :

1. Matriks kekakuan batang biasa

$$\text{INDEX} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 & -1 & -2 & 4 \\ & 3 & 5 & -2 & -3 & 5 \\ & & 6 & -4 & -5 & 7 \\ & & & 1 & 2 & -4 \\ & & & & 3 & -5 \\ \text{sim} & & & & & 6 \end{bmatrix}$$

dimana :

$$1 = g1 = \alpha(\beta c^2 + 12C2^2)$$

$$2 = g2 = \alpha C1.C2(\beta - 12)$$

$$3 = g3 = \alpha(\beta C2^2 + 12.C1^2)$$

$$4 = g4 = -\alpha 6 \text{ ELENG } C2$$

$$5 = g5 = \alpha 6 \text{ ELENG } C1$$

$$6 = g6 = \alpha 4 \text{ ELENG}^2$$

$$7 = g7 = \alpha 2 \text{ ELENG}^2$$

2. Matriks kekakuan batang Spring

$$\text{INDEX} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 & -1 & -2 & 4 \\ & 3 & 5 & -2 & -3 & 5 \\ & & 6 & -4 & -5 & 7 \\ & & & 1 & 2 & -4 \\ & & & & 3 & -5 \\ \text{sim} & & & & & 6 \end{bmatrix}$$

dengan :

$$1 = g1 = 0$$

$$2 = g2 = 0$$

$$3 = g3 = 0$$

$$4 = g4 = 0$$

$$5 = g5 = 0$$

$$6 = g6 = 4 \cdot \frac{EMOD.ZI}{ELENG} \cdot S$$

$$7 = g7 = -4 \cdot \frac{EMOD.ZI}{ELENG} \cdot S$$

dengan : $\alpha = \frac{EMOD.ZI}{ELENG^2}$, $\beta = \frac{AREA.ELENG^2}{ZI}$, S=Faktor kekakuan Spring

Jika $J = MCODE(JE, \text{nomor batang}) \neq 0$, $JE = 1,6$; dan $I = MCODE(IE, \text{nomor batang}) \neq 0$, $IE = JE.6$; maka dapat dicari nilai g pada matriks dengan index yang telah ditentukan di atas. Untuk mendapatkan nilai index seperti di atas yaitu ada yang bernilai negatif sedang rumus g yang digunakan positif, maka digunakan statement float untuk menjadikan real suatu nilai. Letak matriks kekakuannya dapat dicari dengan persamaan :

$$SS(J,K) = SS(J,K) \text{sebelumnya} + g(\text{AbsINDEX}(IE,JE)) \text{FLOAT} \frac{\text{INDEX}(JE,IE)}{\text{AbsINDEX}(IE,JE)}$$

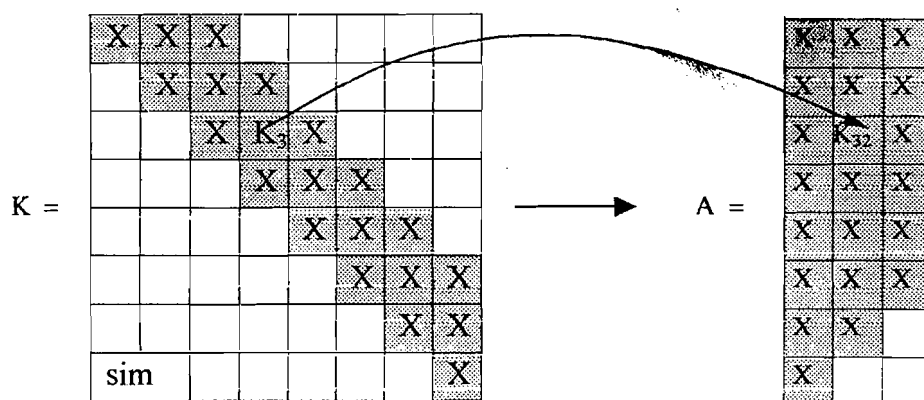
Nilai k adalah letak kolom yang disimpan dalam band matriks. Nilai k berfungsi untuk menyederhanakan bentuk matrik sehingga dapat menghemat waktu komputer dan penyimpanan (memory). Bentuk penyederhanaan tersebut disebut jalur atas (*upper band*) matriks kekakuan keseluruhan. Matriks $n \times n$ dapat

dijadikan suatu array segi empat $n \times b$. Nilai b adalah setengah lebar jalur (*half band width*). Gambar 3.1 menunjukkan proses penyimpanan kedalam suatu matriks segi empat.

Hubungan antara elemen K dan A adalah

$$K_{ij} = A_{ik}, k = j - i + 1$$

Baris (i) untuk k sama dengan baris (l) pada A



Gambar 3.1. Proses penyimpanan kedalam baris bandwidth matriks.

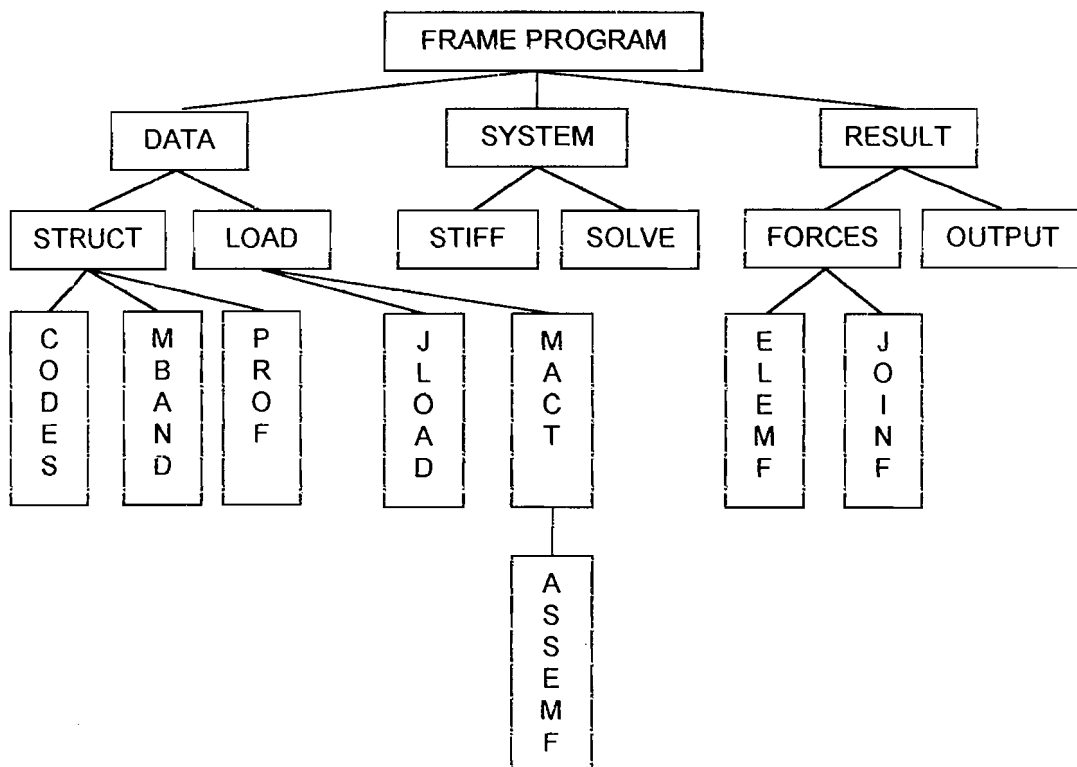
3.2.8 Menyelesaikan persamaan matriks

Persamaan matriks diselesaikan dengan menggunakan metode eliminasi Gauss. Vektor Q yang semula sebagai vektor matriks beban luar, keluar sebagai vektor matriks displesmen. Kemudian matriks displesmen masing-masing batang disusun yang diambil dari matrik displesmen struktur dengan bantuan MCODE masing-masing batang. Kemudian dengan persamaan $d = A.D$ didapat displesment masing-masing batang. Nilai d dari persamaan itu dipakai untuk menghitung gaya batang dengan persamaan $f = k \cdot d$.

3.3. Flow Chart

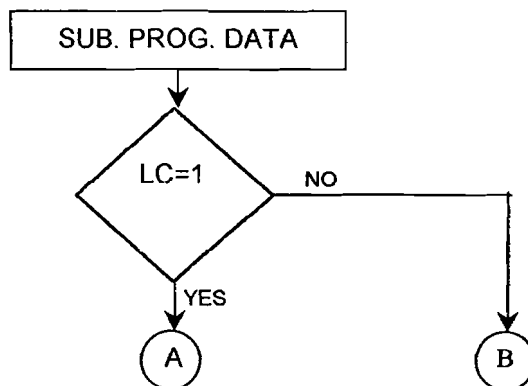
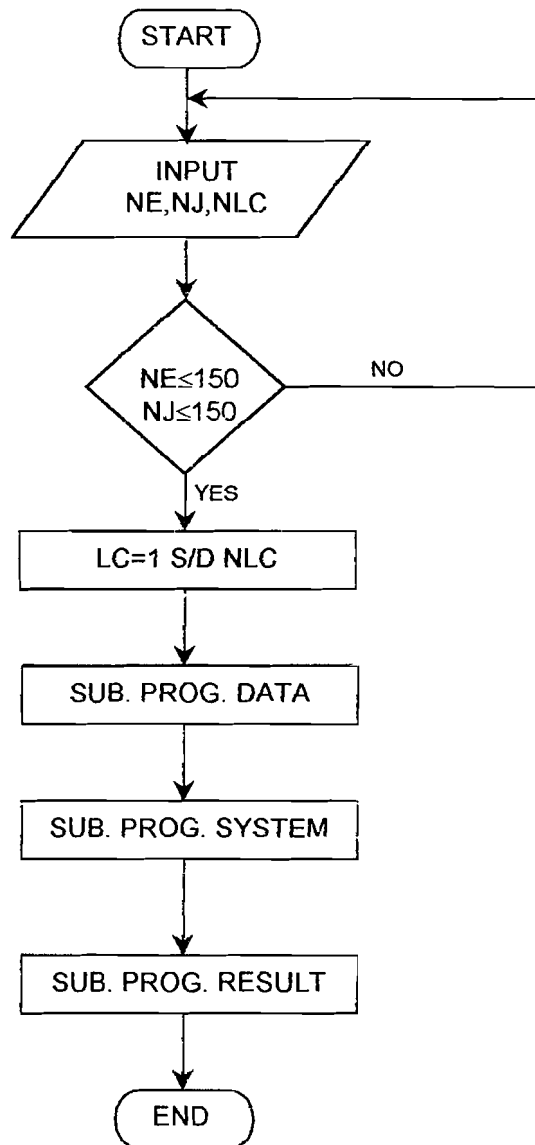
3.3.1. Struktur Program

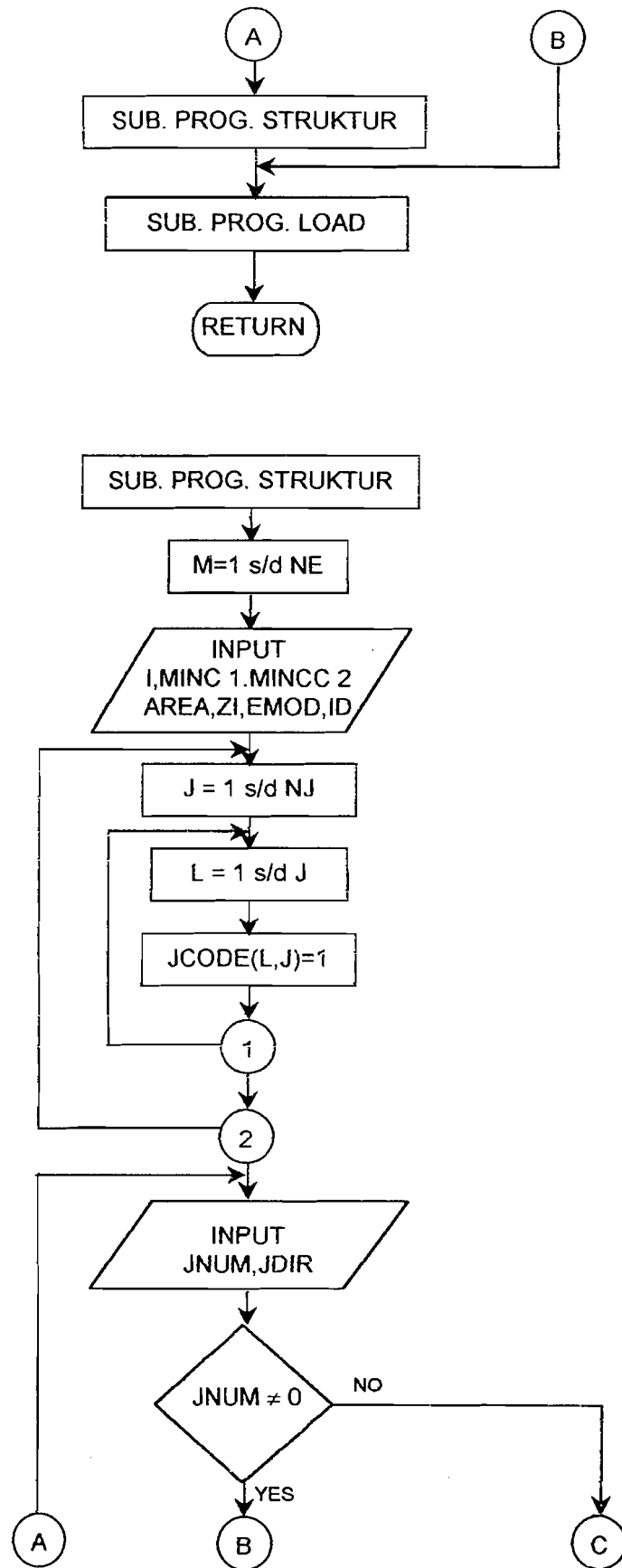
Terdiri dari gabungan beberapa Sub Program yang menjalankan program utama yang terdiri dari sub program Data, sub program System, sub program Result. Sub program utama terdiri dari beberapa sub program yang lain, sehingga dapat membentuk suatu struktur program seperti dapat dilihat pada gambar 3.2. di bawah ini.

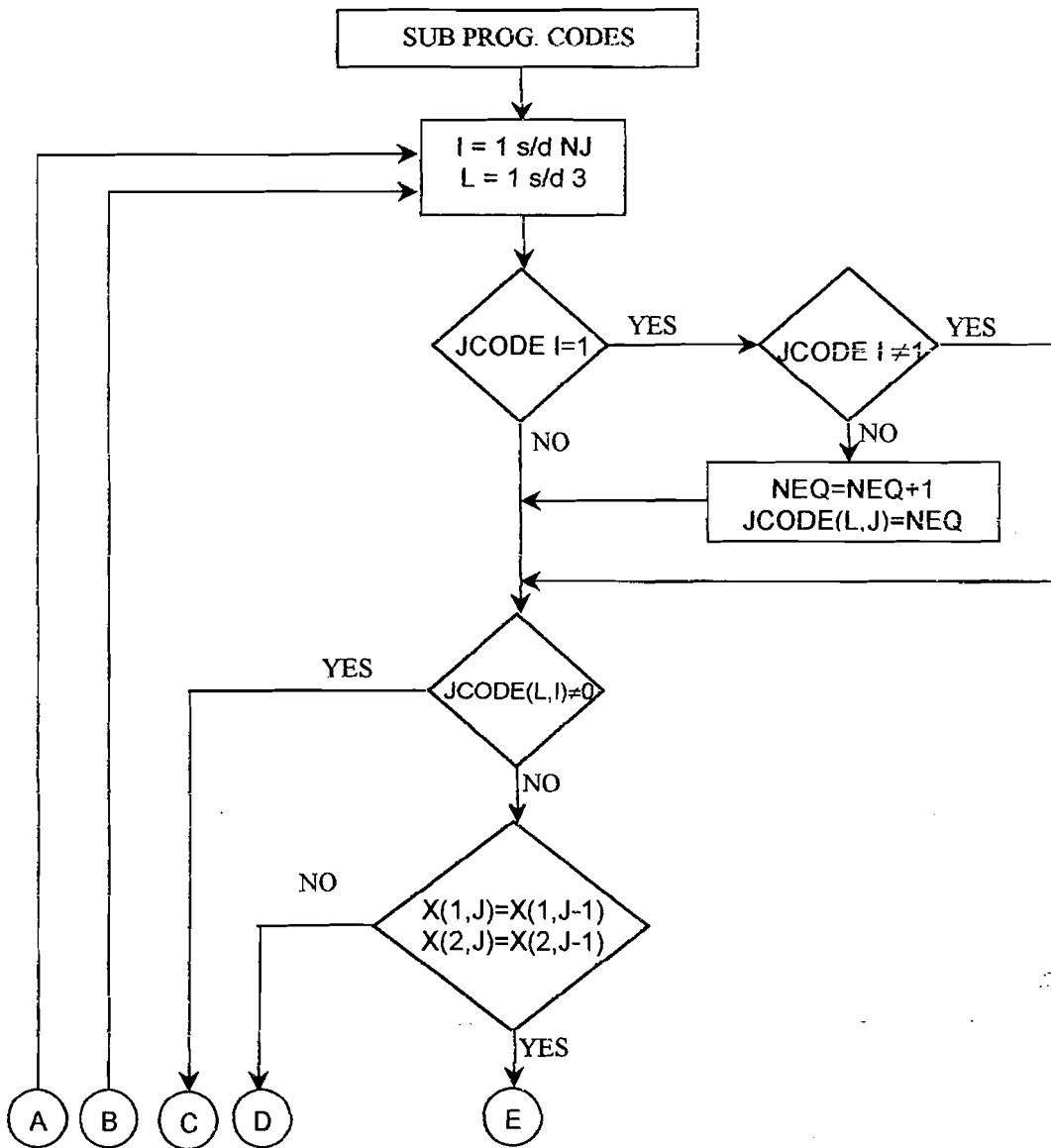
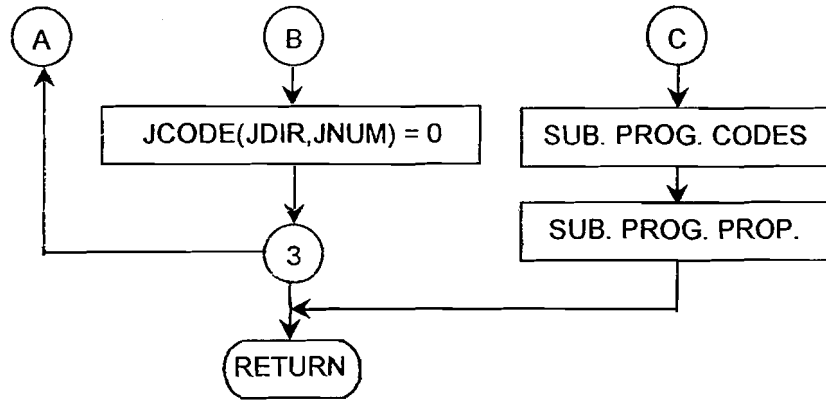


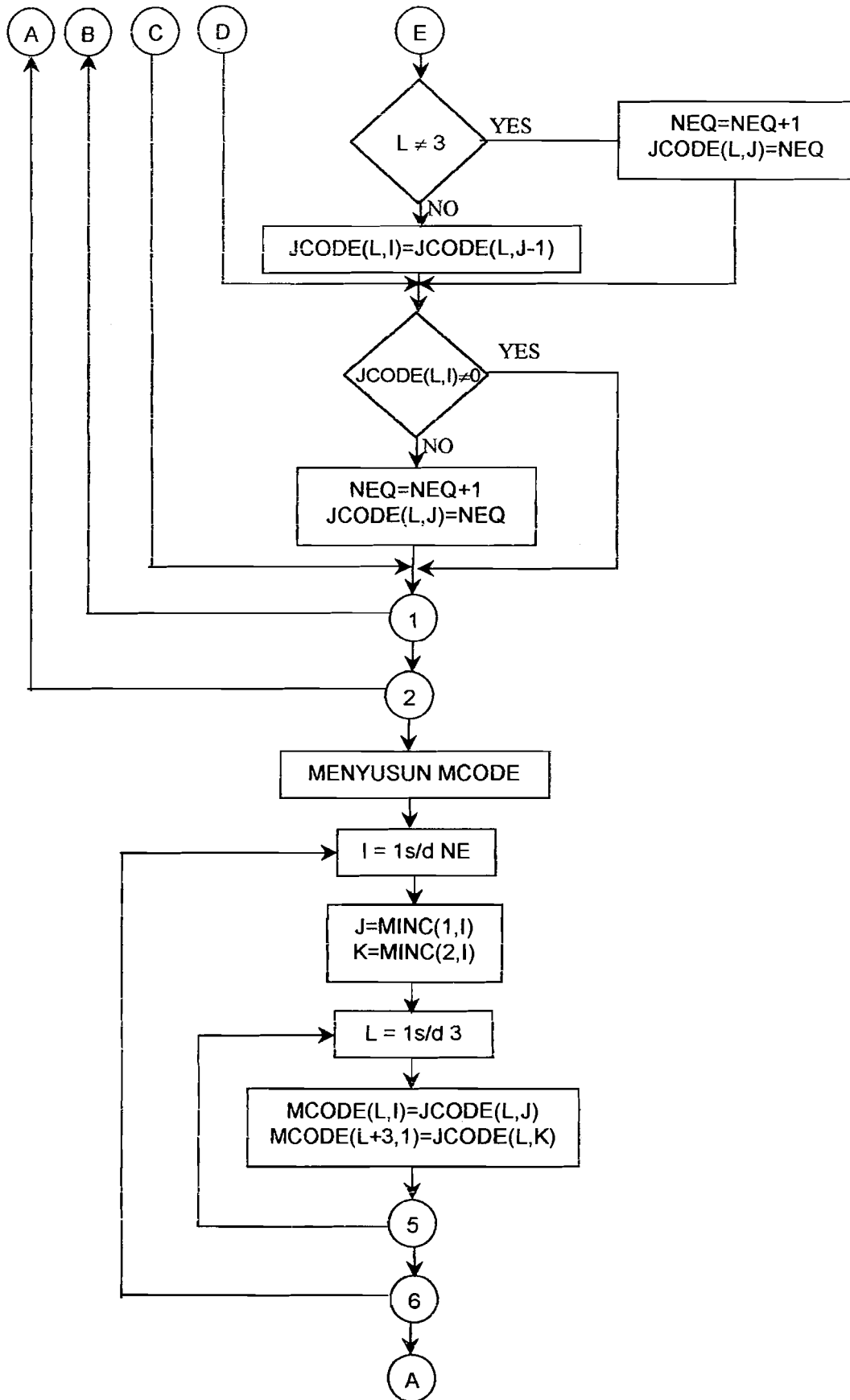
Gambar 3.2. Struktur Program

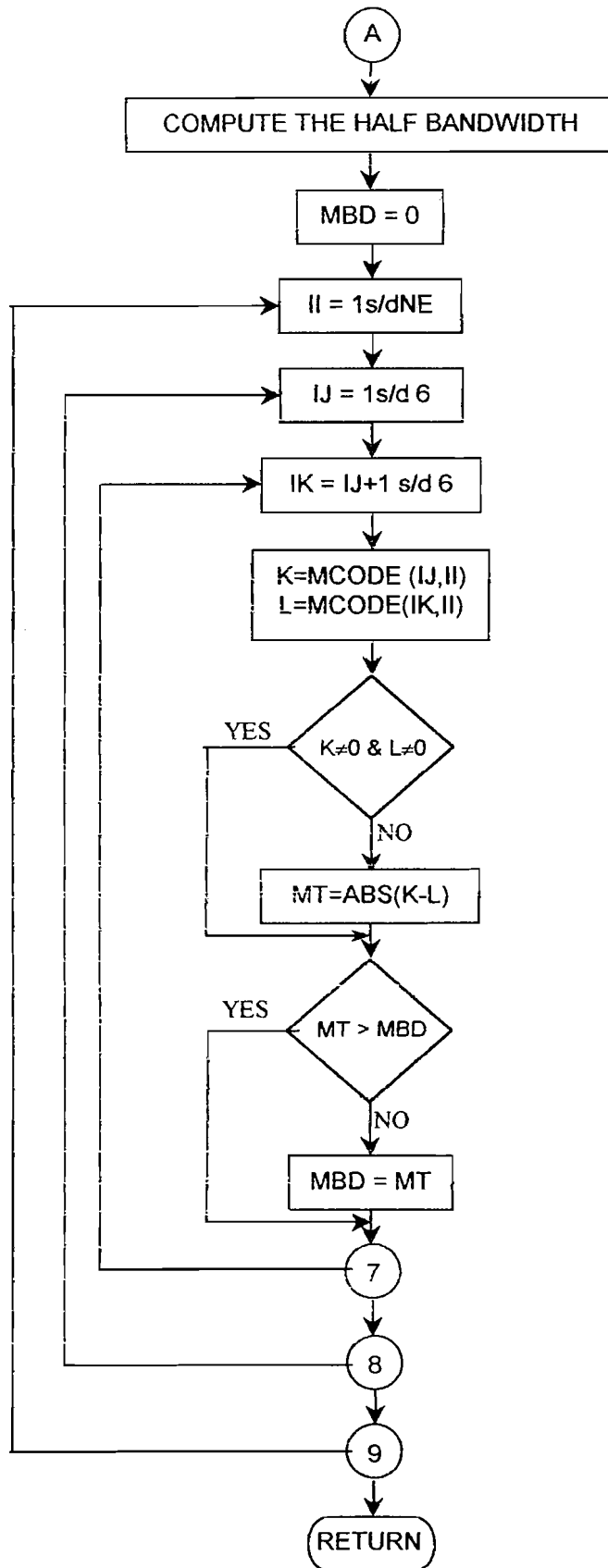
3.3.2. Flow Chart Program Utama

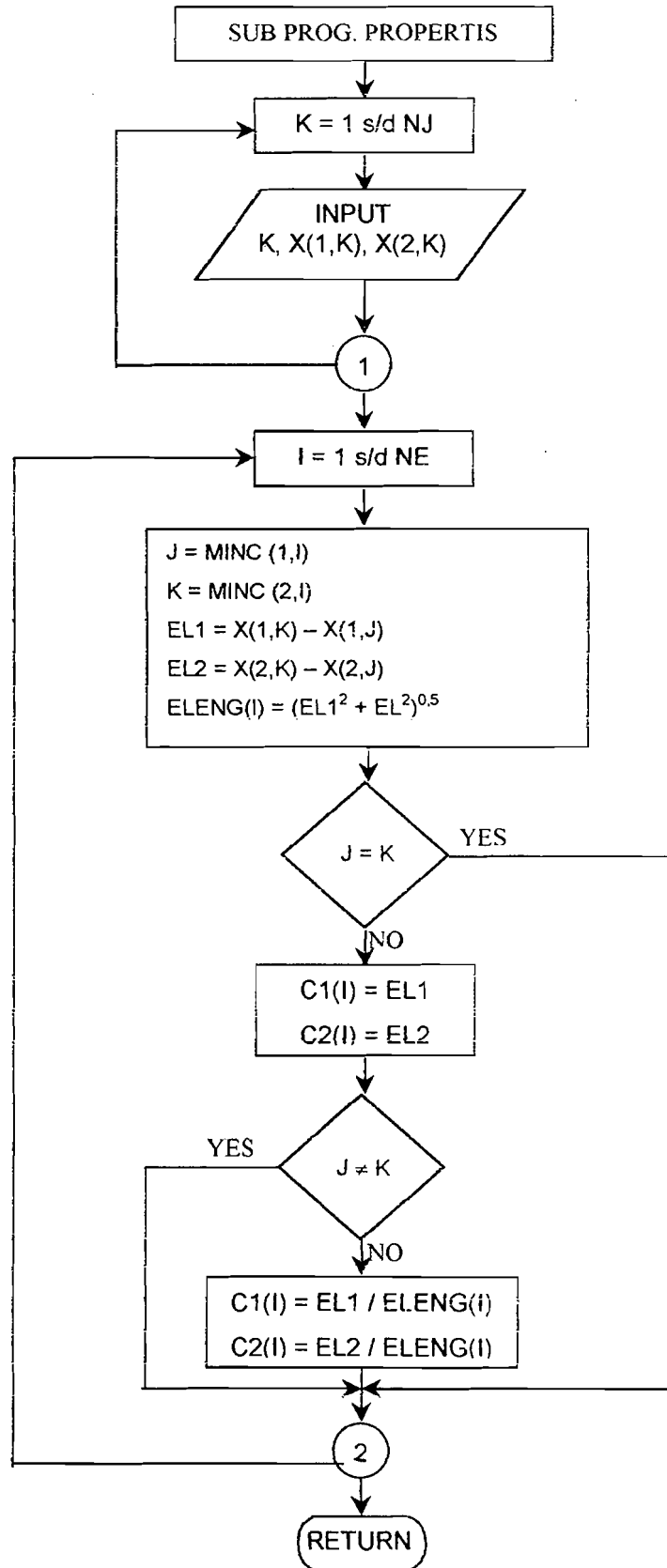


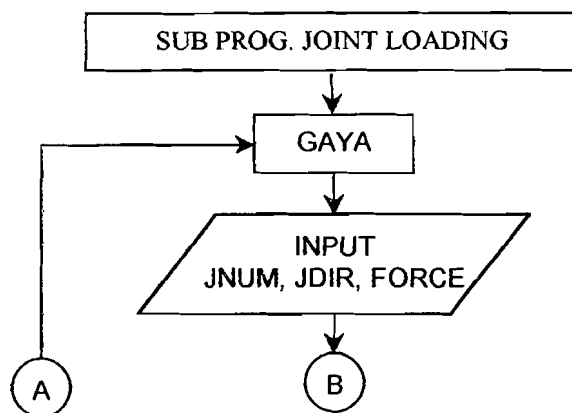
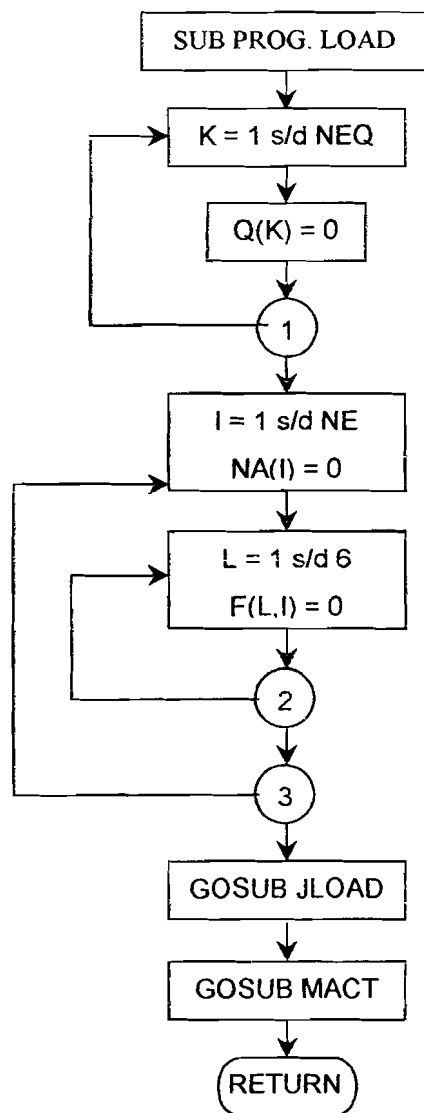


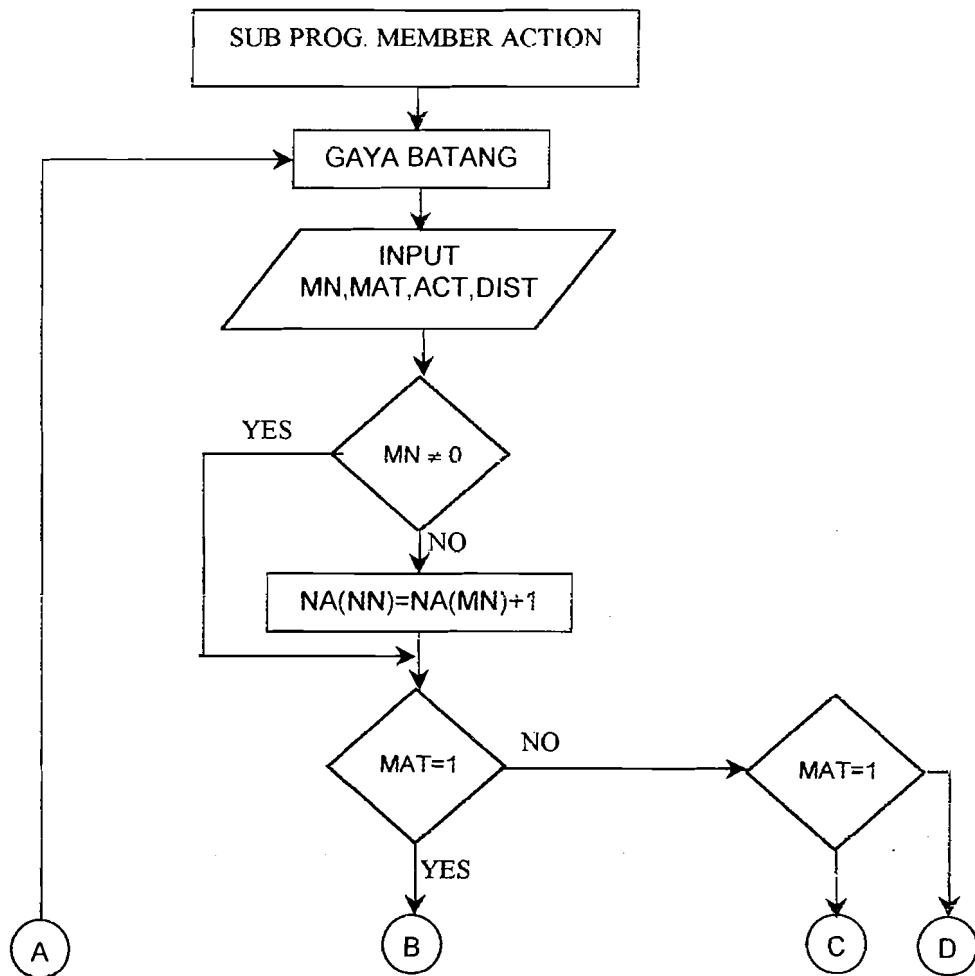
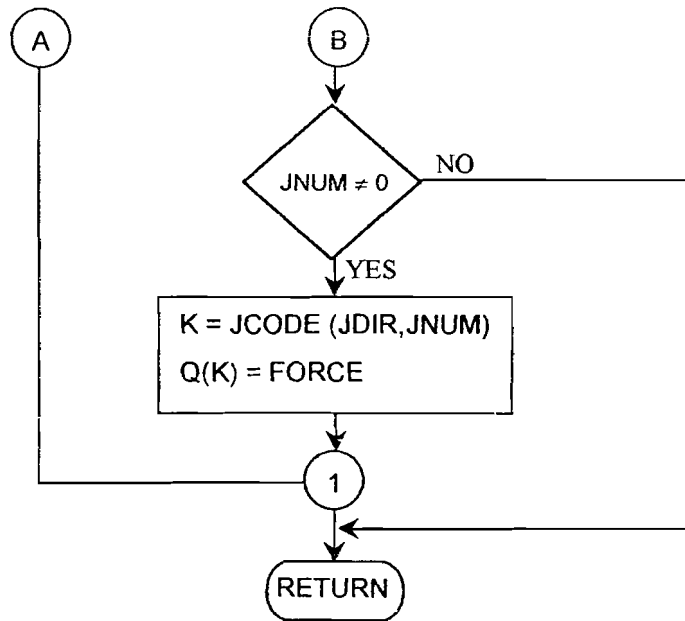


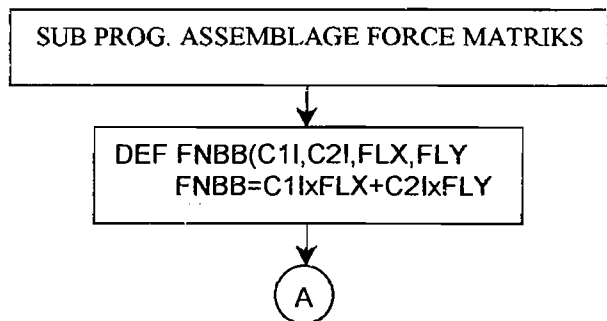
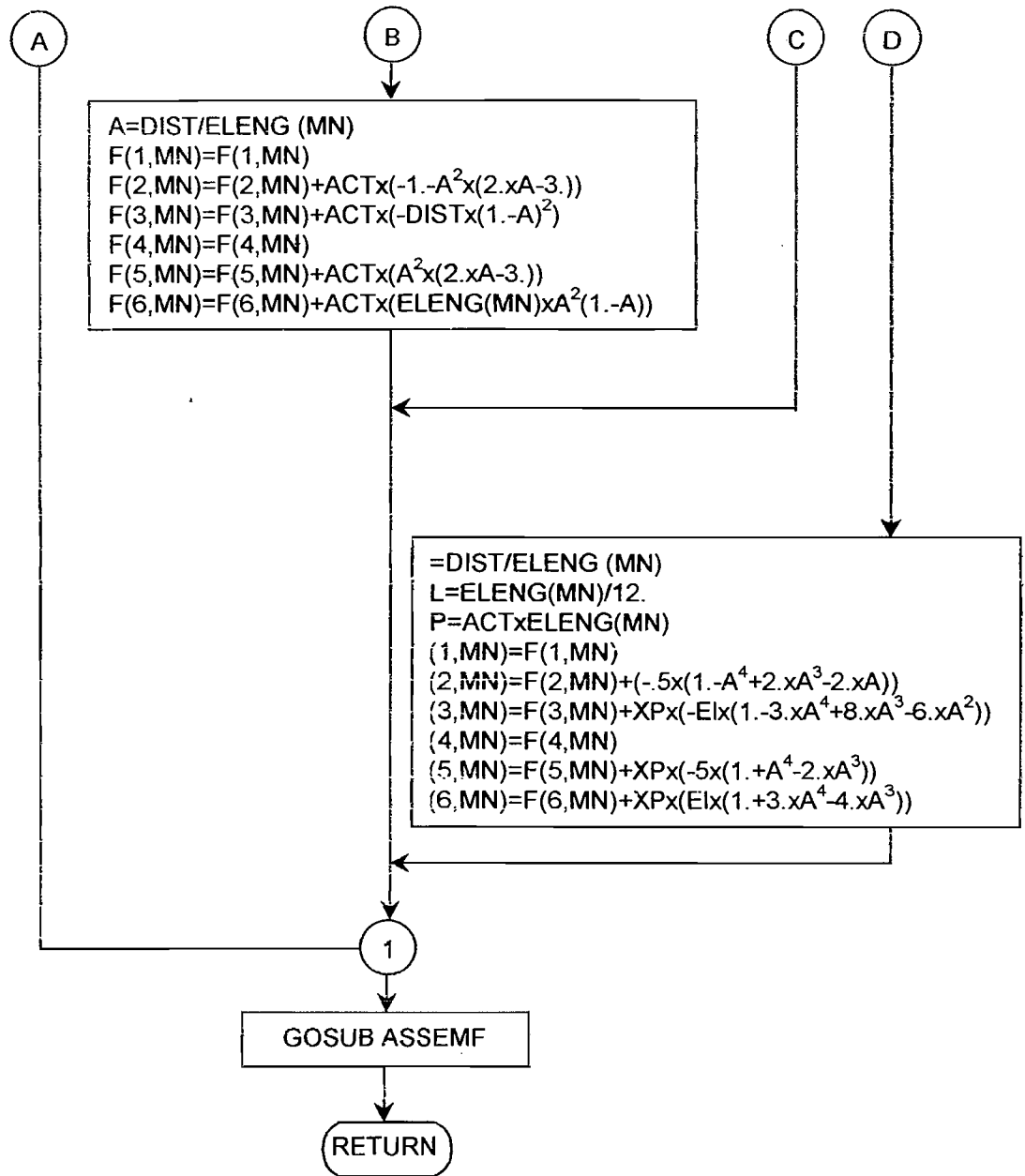


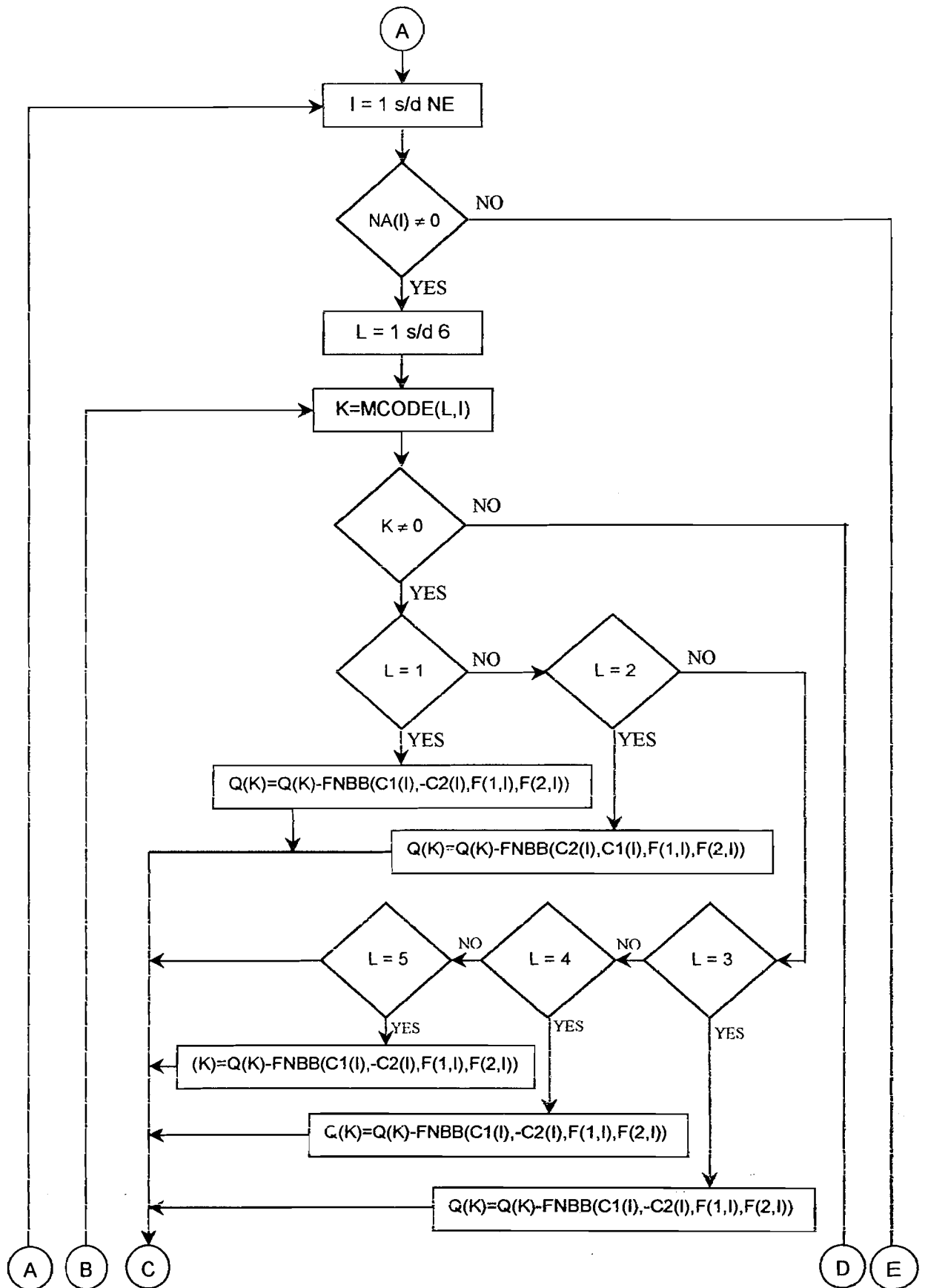


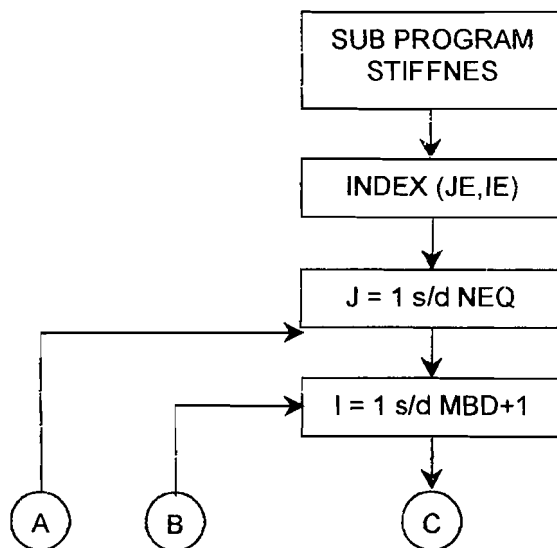
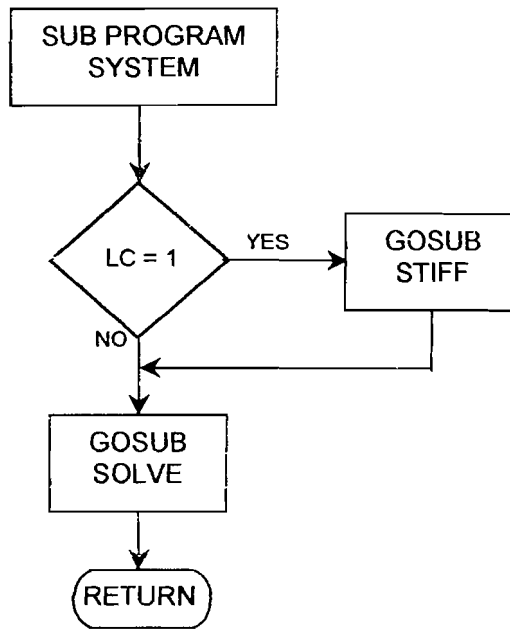
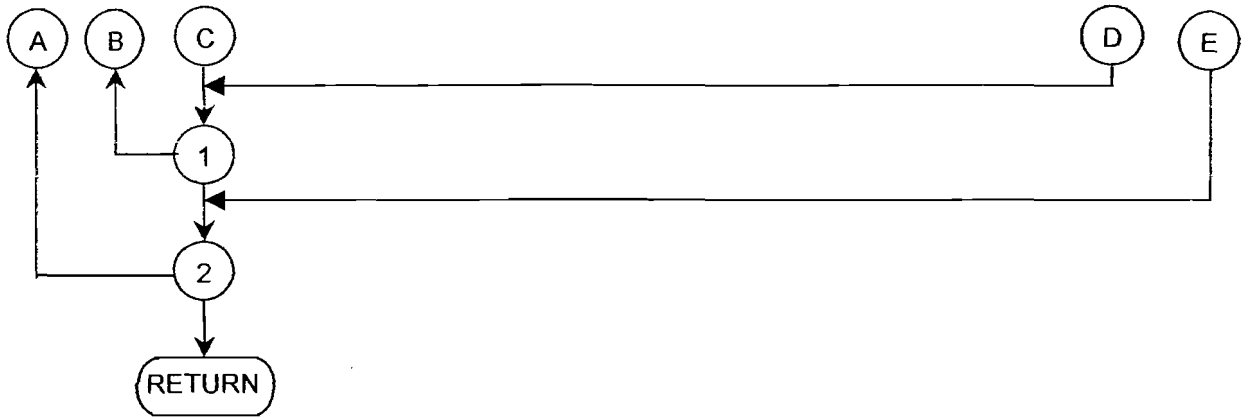


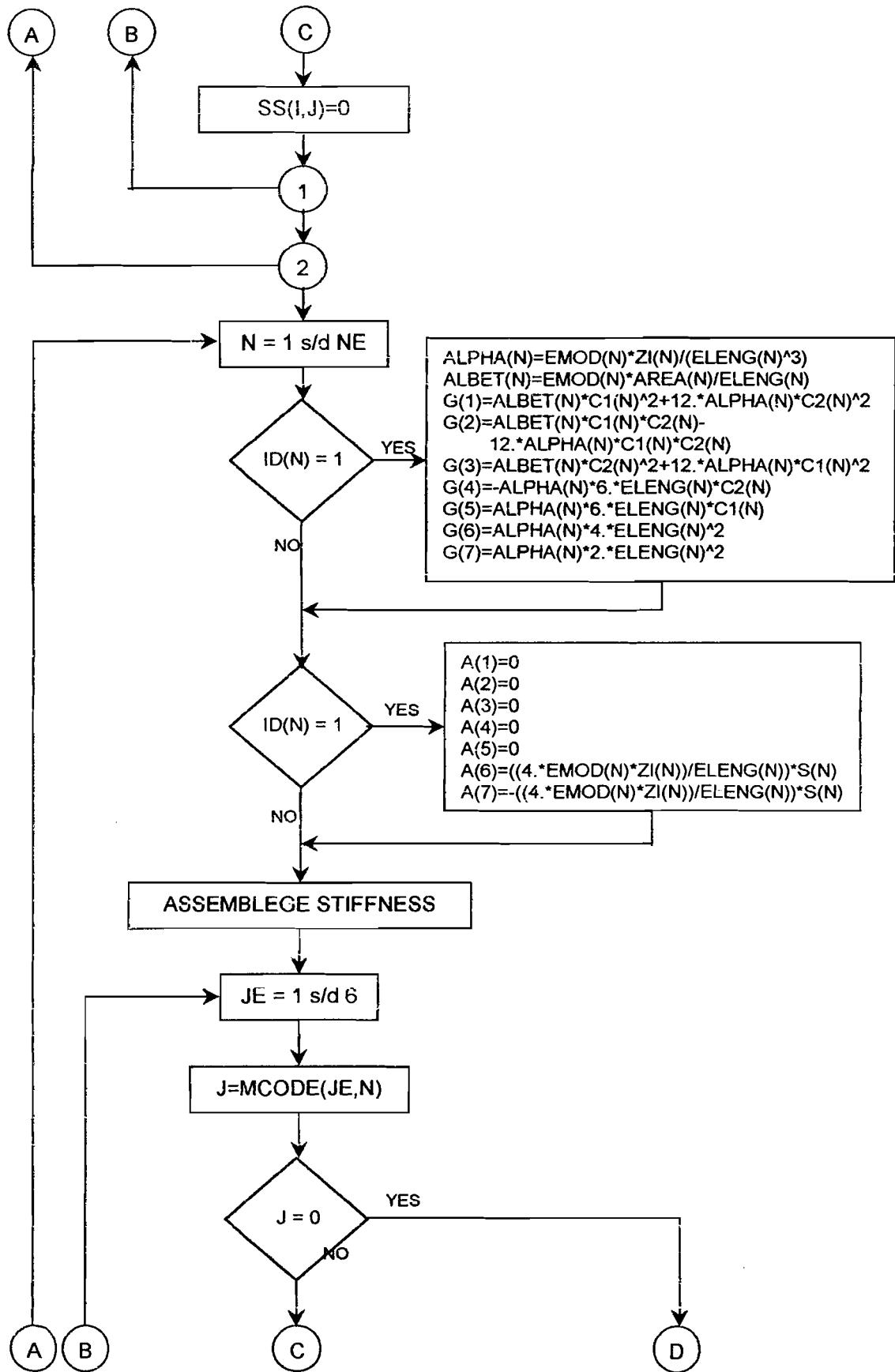


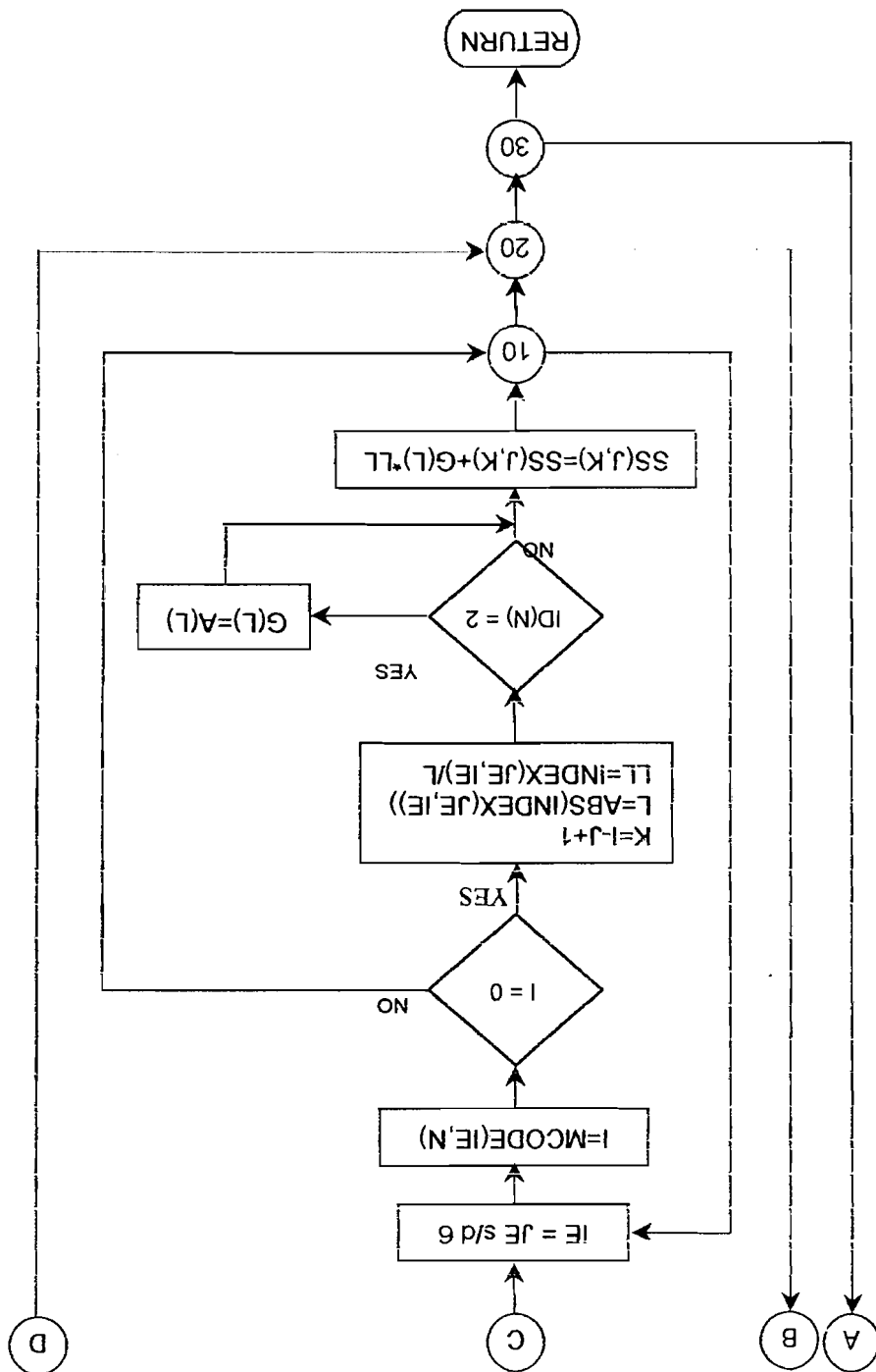


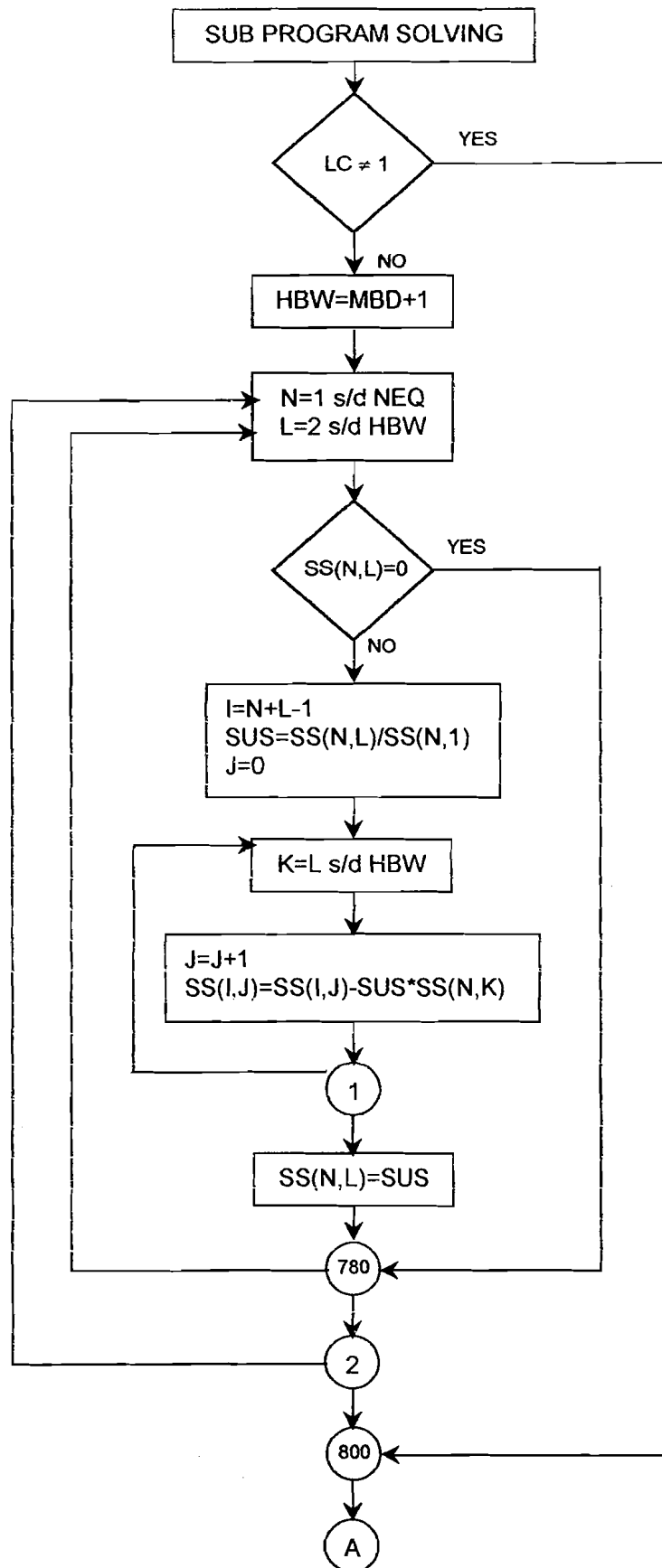


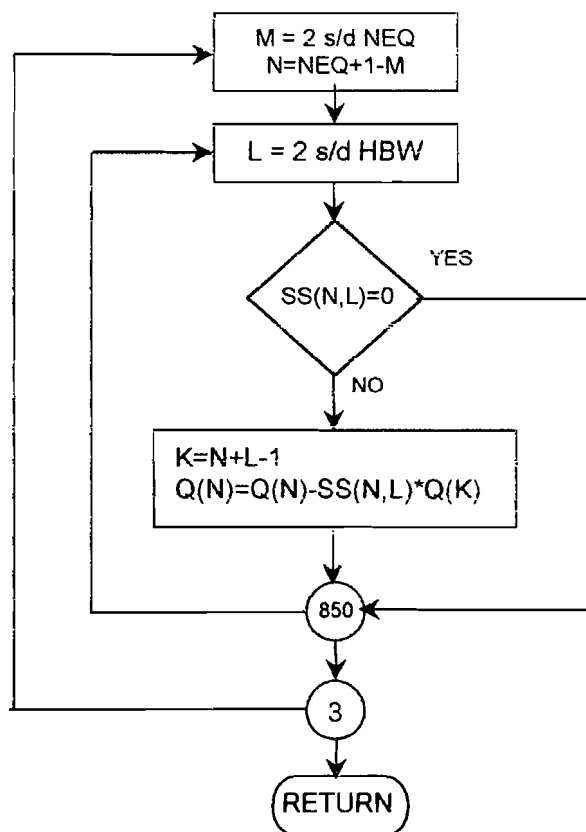
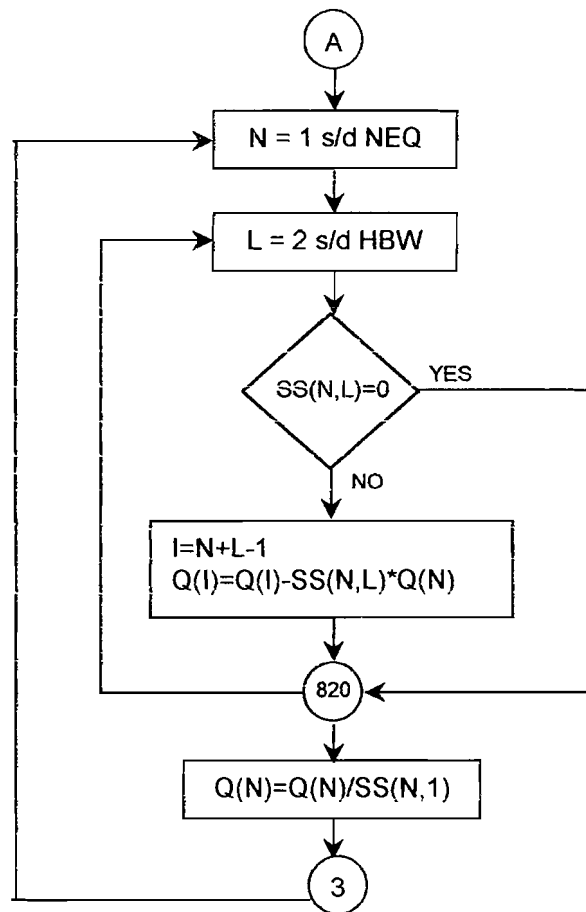


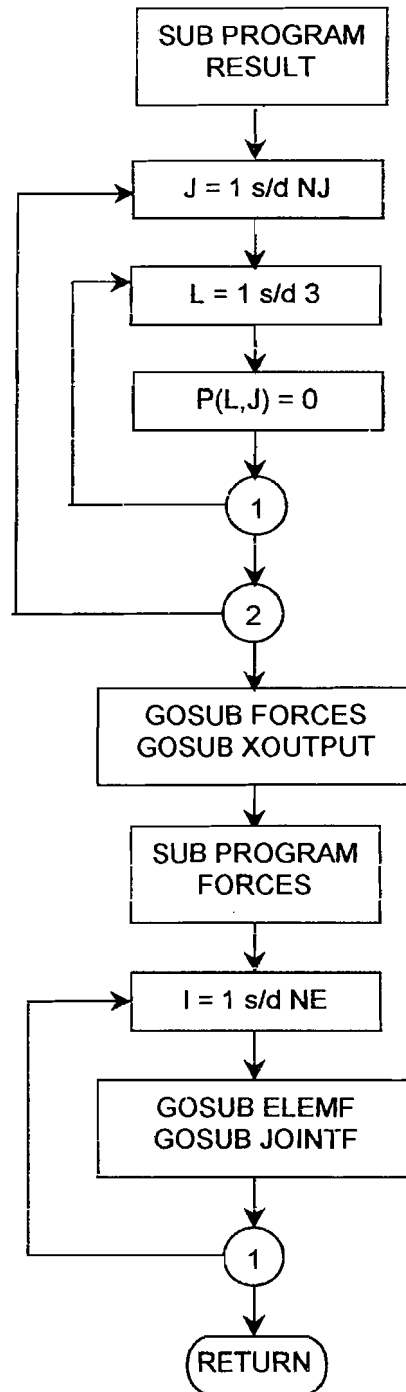


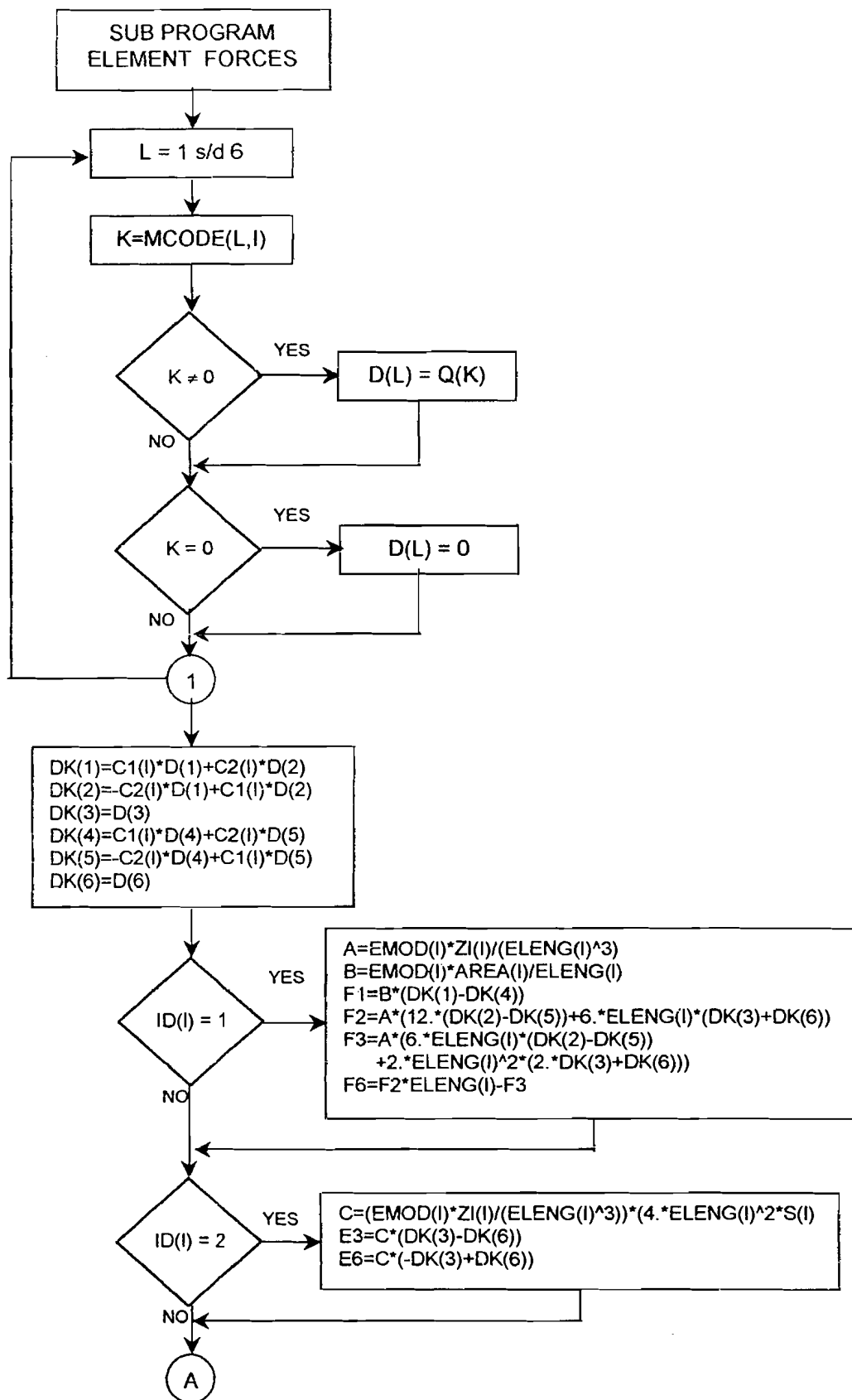


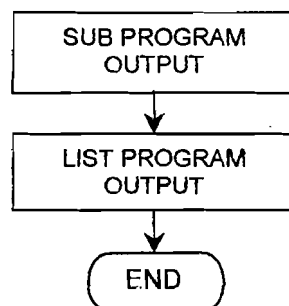
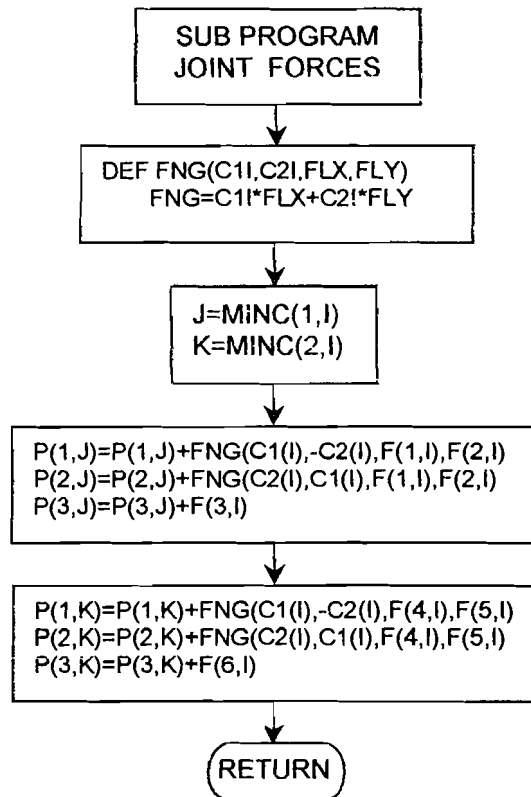
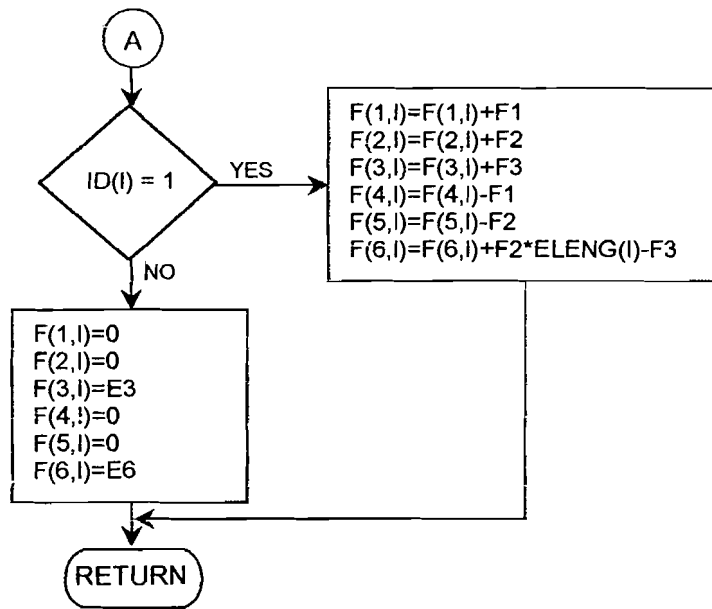


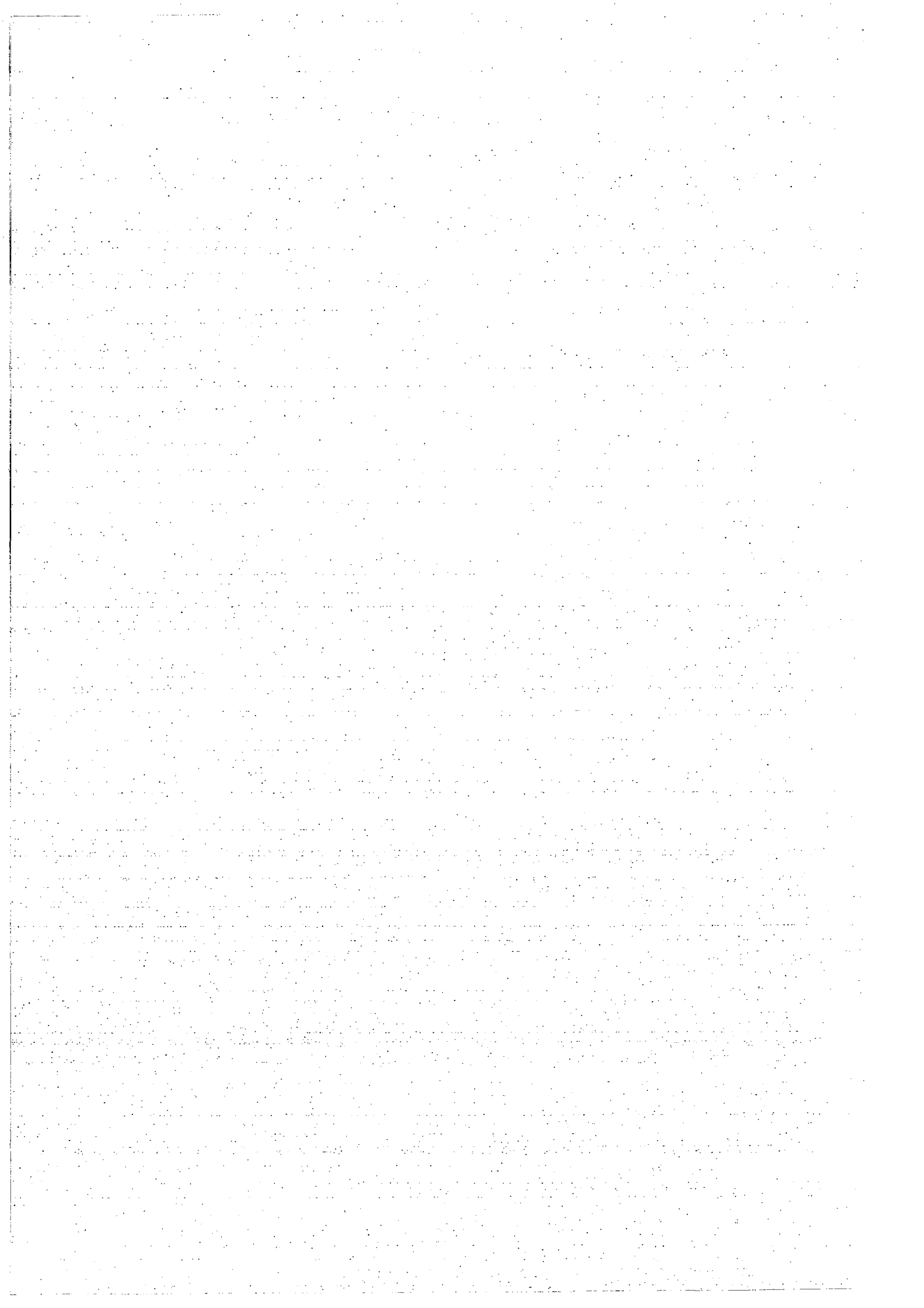








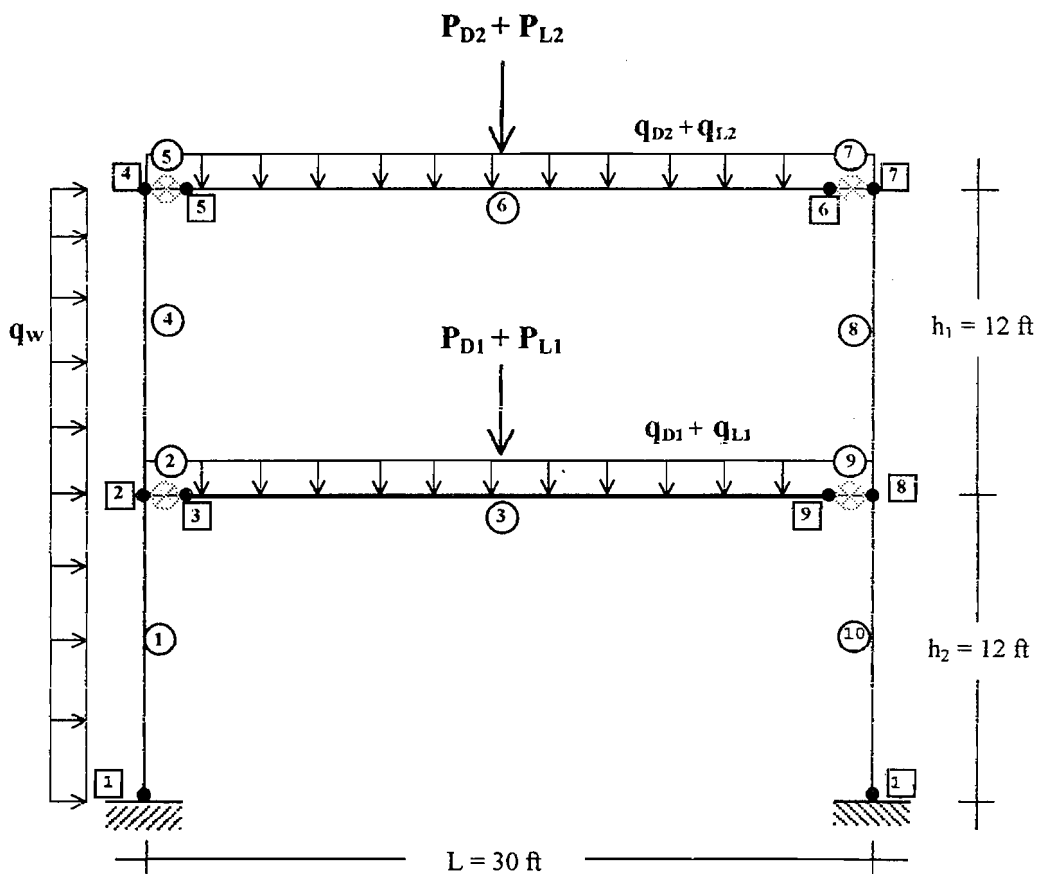




BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Geometri Struktur

Pemodelan yang dipakai pada analisa struktur adalah portal rangka baja berlantai dua seperti diilustrasikan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Model Struktur Portal Baja

Ketentuan yang digunakan dalam analisa struktur adalah :

1. Struktur portal yang dipakai adalah baja ASTM A36 dengan ukuran profil balok atap adalah W 21 x 57, profil balok lantai adalah W 21 x 93, dan profil kolom adalah W 14 x 176. Ukuran profil-profil ini didapat dengan perhitungan yang menggunakan asumsi bahwa portal adalah kaku seperti dapat dilihat pada lampiran 1.
2. Pembebanan pada setiap lantai adalah beban gravitasi berupa beban titik pada tengah bentang yang merupakan beban dari balok anak, dan beban terbagi merata yang terdiri dari beban hidup dan beban mati. Selain itu terdapat beban angin yang bertiup dari arah samping kiri struktur rangka. Perhitungan pembebanan dapat dilihat pada lampiran 1 yang menghasilkan besarnya masing-masing beban adalah sebagai berikut :
 - a. Lantai pertama, besarnya beban mati adalah : $q_{D1} = 0,2275$ Kip/in, dan $P_{D1} = 43,704$ Kip, besarnya beban hidup adalah : $q_{L1} = 0,087$ Kip/in, dan $P_{L1} = 4,282$ Kip.
 - b. Lantai kedua, besarnya beban mati adalah : $q_{D2} = 0,1362$ Kip/in, dan $P_{D2} = 24,048$ Kip, besarnya beban hidup adalah : $q_{L2} = 0,0348$ Kip/in, dan $P_{L2} = 1,713$ Kip.
 - c. Beban angin dari arah samping kiri sebesar $q_w = 0,00768$ Kip/in.
3. Faktor kekakuan pada tiap join diasumsikan sebagai berikut :

$$S_2 = 0,6; S_5 = 0,4; S_7 = 0,4; S_9 = 0,6$$

4.2. Analisa Struktur Secara Manual

Analisa secara manual hanya dilakukan pada pembebanan beban mati yang dianggap mewakili. Hasil analisa ini akan dibandingkan dengan hasil analisa menggunakan program komputer.

4.2.1. JCODE dan MCODE

Dengan memperhatikan nomo-nomor derajat kebebasan pada masing-masing titik dapat disusun JCODE dan MCODE sebagai berikut :

a) Joint Code (JCODE)

$$\begin{aligned} \text{JCODE titik (1)} &= [0 \quad 0 \quad 0], & \text{JCODE titik (2)} &= [1 \quad 2 \quad 3] \\ \text{titik (3)} &= [1 \quad 2 \quad 4], & \text{titik (4)} &= [5 \quad 6 \quad 7] \\ \text{titik (5)} &= [5 \quad 6 \quad 8], & \text{titik (6)} &= [9 \quad 10 \quad 11] \\ \text{titik (7)} &= [9 \quad 10 \quad 12], & \text{titik (8)} &= [13 \quad 14 \quad 15] \\ \text{titik (9)} &= [13 \quad 14 \quad 16], & \text{titik (10)} &= [0 \quad 0 \quad 0] \end{aligned}$$

b) Member Code (MCODE)

$$\begin{aligned} \text{MCODE batang (1)} &= [0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 2 \quad 3] \\ \text{batang (2)} &= [1 \quad 2 \quad 3 \quad 1 \quad 2 \quad 4] \\ \text{batang (3)} &= [1 \quad 2 \quad 4 \quad 13 \quad 14 \quad 16] \\ \text{batang (4)} &= [1 \quad 2 \quad 3 \quad 5 \quad 6 \quad 7] \\ \text{batang (5)} &= [5 \quad 6 \quad 7 \quad 5 \quad 6 \quad 8] \\ \text{batang (6)} &= [5 \quad 6 \quad 8 \quad 9 \quad 10 \quad 11] \\ \text{batang (7)} &= [9 \quad 10 \quad 11 \quad 9 \quad 10 \quad 12] \\ \text{batang (8)} &= [9 \quad 10 \quad 12 \quad 13 \quad 14 \quad 15] \\ \text{batang (9)} &= [13 \quad 14 \quad 15 \quad 13 \quad 14 \quad 16] \\ \text{batang (10)} &= [13 \quad 14 \quad 15 \quad 0 \quad 0 \quad 0] \end{aligned}$$

4.2.2. Transformasi Koordinat Tiap Batang

Transformasi koordinat diperlukan untuk menyamakan koordinat lokal batang dan koordinat global struktur. Perhitungan transformasi koordinat masing-masing batang adalah sebagai berikut :

1. Batang 1, 4, 8, 10 :

$$\cos \theta = \frac{X_2 - X_1}{L} = \frac{0 - 0}{12} = 0$$

$$\sin \theta = \frac{Y_2 - Y_1}{L} = \frac{12 - 0}{12} = 1$$

Sehingga dapat disusun matrik rotasional sebagai berikut :

$$\lambda^{1,4,8,10} = \begin{bmatrix} c & s & 0 \\ -s & c & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

2. Batang 3, 6 :

$$\cos \theta = \frac{10 - 0}{10} = 1; \quad \sin \theta = \frac{0 - 0}{10} = 0$$

Matrik rotasionalnya :

$$\lambda^{3,6} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

4.2.3. Penyusunan Matrik Kekakuan Struktur

4.2.3.1. Matrik Kekakuan Batang Biasa

Untuk menyusun matrik kekakuan struktur, dihitung terlebih dahulu koefisien-koefisien matrik sebagai berikut :

1. Batang 1

$$\alpha = \frac{EI}{L^3} = \frac{29000 \cdot 2140}{144^3} = 20,7838, \quad c = \cos\theta = 0$$

$$\beta = \frac{AL^2}{I} = \frac{51,8 \cdot 144^2}{2140} = 501,9275, \quad s = \sin\theta = 1$$

$$k = \begin{matrix} & & & 0 & 1 & 2 & 3 \\ \begin{bmatrix} g_1 & g_2 & g_4 & -g_1 & -g_2 & g_4 \\ & g_3 & g_5 & -g_2 & -g_3 & g_5 \\ & & g_6 & -g_4 & -g_5 & g_7 \\ & & & g_1 & g_2 & -g_4 \\ & & & & g_3 & -g_5 \\ & & & & & g_6 \end{bmatrix} & \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{matrix} \end{matrix}$$

$$g_1 = \alpha (\beta \cdot c^2 + 12 \cdot s^2) = 20,7838 \cdot (501,9275 \cdot 0^2 + 12 \cdot 1^2) = 249,4052$$

$$g_2 = \alpha \cdot c \cdot s (\beta - 12) = 20,7838 \cdot 0 \cdot 1 \cdot (501,9275 - 12) = 0$$

$$g_3 = \alpha (\beta \cdot s^2 + 12 \cdot c^2) = 20,7838 \cdot (501,9275 \cdot 1^2 + 12 \cdot 0^2) = 10431,9449$$

$$g_4 = -\alpha \cdot 6 \cdot L \cdot s = -20,7838 \cdot 6 \cdot 144 \cdot 1 = -17957,1759$$

$$g_5 = \alpha \cdot 6 \cdot L \cdot c = 20,7838 \cdot 6 \cdot 144 \cdot 0 = 0$$

$$g_6 = \alpha \cdot 4 \cdot L^2 = 20,7838 \cdot 4 \cdot 144^2 = 1723888,875$$

$$g_7 = \alpha \cdot 2 \cdot L^2 = 20,7838 \cdot 2 \cdot 144^2 = 861944,4375$$

Untuk analisa selanjutnya dengan cara yang sama, dihitung koefisien kekakuan masing-masing batang dan perhitungannya akan ditabelkan seperti di bawah ini :

Tabel 4.1. Perhitungan Koefisien-koefisien Matrik Kekakuan Batang Biasa

	batang 3	batang 6
α	1.2866	0,7272
β	1709,2174	1849,8461
g_1	2199,1688	1345,2081
g_2	0	0
g_3	15,4399	8,7264
g_4	0	0
g_5	2779,1856	1570,752
g_6	667004,544	376980,48
g_7	333502,272	188490,24

4.2.3.2. Matrik Kekakuan batang Spring

1. Batang 2

$$S = 0,6$$

$$g = \frac{4EI}{L} \cdot S = \frac{4 \cdot 29000 \cdot 2070}{360} \cdot 0,6 = 400200$$

Penyusunan matrik kekakuan batang spring dilakukan sesuai dengan MCODE masing-masing batang spring.

$$k = \begin{matrix} & 1 & 2 & 3 & 1 & 2 & 4 \\ \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ g \\ 0 \\ 0 \\ g \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -g & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & g \end{bmatrix} & \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 1 \\ 2 \\ 4 \end{matrix} \end{matrix}$$

Untuk analisa selanjutnya dengan cara yang sama, dihitung kekakuan masing-masing batang yang perhitungannya akan ditabelkan seperti di bawah ini :

Tabel 4.2. Koefisien-koefisien Matrik Kekakuan Batang Spring

	S	g
Batang 2	0,6	400200
Batang 5	0,4	150800
Batang 7	0,4	150800
Batang 9	0,6	400200

4.2.3.3. Matrik Kekakuan Struktur

Matrik kekakuan disusun dengan menempatkan koefisien-koefisien kekakuan sesuai dengan MCODE masing-masing batang, dan untuk membentuk matrik kekakuan struktur dilakukan dengan menjumlahkan matrik kekakuan masing-masing batang yang hasilnya adalah sebagai berikut :

Matrik

	12	13	14	15	16	
	0	-2199.1687	0	0	0	1
	0	0	-15.43981	0	2779.1687	2
	0	0	0	0	0	3
	0	0	-2779.168667	0	333500	4
	0	0	0	0	0	5
	0	0	0	0	0	6
	0	0	0	0	0	7
k =	0	0	0	0	0	8
	-17957.17593	-249.4052	0	-17957.17593	0	9
	0	0	-10431.94444	0	0	10
	-150800	0	0	0	0	11
	1874688.669	17957.1759	0	861944.4444	0	12
		2697.9771	0	-35914.35185	0	13
			20879.3287	0	-2779.1667	14
				3847977.776	-400200	15
					1087200	16

4.2.4. Matrik Beban Luar

4.2.4.1. Beban pada Titik Buhul

Pada kasus soal ini tidak ada beban pada titik buhul sehingga : $\bar{F} = 0$

4.2.4.2. Beban pada Batang

4.2.4.2.1. Beban Titik

Beban titik diterima oleh batang 3 dan 6 akan dihitung menggunakan persamaan (2.52) seperti di bawah ini.

1. Batang 3

$$\hat{f}^3 = p \begin{bmatrix} 0 \\ -1 - a^2(2a - 3) \\ -La(1 - a)^2 \\ 0 \\ a^2(2a - 3) \\ La^2(1 - a) \end{bmatrix} = 43,704 \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ -1 - 1/2^2(2 \cdot 1/2 - 3) \\ -360 \cdot 1/2(1 - 1/2)^2 \\ 0 \\ 1/2^2(2 \cdot 1/2 - 3) \\ 360 \cdot 1/2^2(1 - 1/2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -21,852 \\ -1966,68 \\ 0 \\ -21,852 \\ 1966,68 \end{bmatrix}$$

$$\hat{F}^3 = \lambda^{-1} \hat{f}_i^3 = \begin{bmatrix} \hat{f}_1^3 \\ \hat{f}_2^3 \\ \hat{f}_3^3 \\ \hat{f}_4^3 \\ \hat{f}_5^3 \\ \hat{f}_6^3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ -21,852 \\ -1966,68 \\ 0 \\ -21,852 \\ 1966,68 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -21,852 \\ -1966,68 \\ 0 \\ -21,852 \\ 1966,68 \end{bmatrix}$$

2. Batang 6

$$\hat{f}^6 = 24,048 \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ -1 - 1/2^2(2 \cdot 1/2 - 3) \\ -360 \cdot 1/2(1 - 1/2)^2 \\ 0 \\ 1/2^2(2 \cdot 1/2 - 3) \\ 360 \cdot 1/2^2(1 - 1/2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -12,024 \\ -1082,16 \\ 0 \\ -12,024 \\ 1082,16 \end{bmatrix}$$

$$\hat{F}^6 = \lambda^{-1} \hat{f}^6 = \begin{bmatrix} \hat{f}_1^6 \\ \hat{f}_2^6 \\ \hat{f}_3^6 \\ \hat{f}_4^6 \\ \hat{f}_5^6 \\ \hat{f}_6^6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ -12,024 \\ -1082,16 \\ 0 \\ -12,024 \\ 1082,16 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -12,024 \\ -1082,16 \\ 0 \\ -12,024 \\ 1082,16 \end{bmatrix}$$

4.2.4.2.2. Beban Terbagi Merata

Beban merata diterima oleh batang 3, dan 6. Perhitungannya menggunakan persamaan (2.53) seperti di bawah ini.

1. Batang 3

$$\hat{f}^3 = \begin{bmatrix} \hat{f}_1^3 \\ \hat{f}_2^3 \\ \hat{f}_3^3 \\ \hat{f}_4^3 \\ \hat{f}_5^3 \\ \hat{f}_6^3 \end{bmatrix} = 0,2275 \cdot 360 \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ -0,5 \\ \frac{360}{12} \\ 0 \\ -0,5 \\ \frac{360}{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -40,95 \\ -2457 \\ 0 \\ -40,95 \\ 2457 \end{bmatrix}$$

$$\hat{F}^3 = \lambda^{-1} \hat{f}_i^3 = \begin{bmatrix} \hat{f}_1^3 \\ \hat{f}_2^3 \\ \hat{f}_3^3 \\ \hat{f}_4^3 \\ \hat{f}_5^3 \\ \hat{f}_6^3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ -40,95 \\ -2457 \\ 0 \\ -40,95 \\ 2457 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -40,95 \\ -2457 \\ 0 \\ -40,95 \\ 2457 \end{bmatrix}$$

3. Batang 6.

$$\hat{f}^6 = \begin{bmatrix} \hat{f}_1^6 \\ \hat{f}_2^6 \\ \hat{f}_3^6 \\ \hat{f}_4^6 \\ \hat{f}_5^6 \\ \hat{f}_6^6 \end{bmatrix} = 0,1362 \cdot 360 \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ -0,5 \\ \frac{360}{12} \\ 0 \\ -0,5 \\ \frac{360}{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -24,516 \\ -1470,96 \\ 0 \\ -24,516 \\ 1470,96 \end{bmatrix}$$

$$\hat{F}^6 = \lambda^{-1} \hat{f}_i^6 = \begin{bmatrix} \hat{f}_1^6 \\ \hat{f}_2^6 \\ \hat{f}_3^6 \\ \hat{f}_4^6 \\ \hat{f}_5^6 \\ \hat{f}_6^6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ -24,516 \\ -1470,96 \\ 0 \\ -24,516 \\ 1470,96 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -24,516 \\ -1470,96 \\ 0 \\ -24,516 \\ 1470,96 \end{bmatrix}$$

Dengan MCODE, $[\hat{F}^i]$ ditransformasikan sesuai derajat kebebasannya sehingga didapatkan $[\hat{F}^{(i)}]$. Selanjutnya $[\hat{F}^{(i)}]$ masing-masing batang dijumlahkan sehingga diperoleh matrik gaya dalam total $[\hat{F}]$. Matrik beban luar $[F]$ merupakan pengurangan dari matrik beban titik $[\bar{F}]$ dan matrik gaya dalam primer $[\hat{F}]$.

4.2.5.2. Displesmen Tiap Batang pada Koordinat Global

Unsur-unsur matrik ini diambil dari Matrik displesmen seluruh titik buhul sistem struktur, [D], yang ditransformasikan dengan bantuan MCODE

1. Batang 1

$$D^1 = \begin{bmatrix} D_1^1 & 0 \\ D_2^1 & 0 \\ D_3^1 & 0 \\ D_4^1 & 1 \\ D_5^1 & 2 \\ D_6^1 & 3 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{MCODE}} D^1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0,0012 \\ -0,0095 \\ -0,0006 \end{bmatrix}$$

2. Batang 2

$$D^2 = \begin{bmatrix} D_1^2 & 1 \\ D_2^2 & 2 \\ D_3^2 & 4 \\ D_4^2 & 1 \\ D_5^2 & 2 \\ D_6^2 & 4 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{MCODE}} D^2 = \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_4 \\ D_1 \\ D_2 \\ D_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,0012 \\ -0,0095 \\ -0,0006 \\ -0,0012 \\ -0,0095 \\ -0,0063 \end{bmatrix}$$

3. Batang 3

$$D^3 = \begin{bmatrix} D_1^3 & 1 \\ D_2^3 & 2 \\ D_3^3 & 4 \\ D_4^3 & 13 \\ D_5^3 & 14 \\ D_6^3 & 16 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{MCODE}} D^3 = \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_4 \\ D_{13} \\ D_{14} \\ D_{16} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,0012 \\ -0,0095 \\ -0,0063 \\ 0,0012 \\ -0,0095 \\ 0,0064 \end{bmatrix}$$

4. Batang 4

$$D^4 = \begin{bmatrix} D_1^4 & 1 \\ D_2^4 & 2 \\ D_3^4 & 3 \\ D_4^4 & 5 \\ D_5^4 & 6 \\ D_6^4 & 7 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{MCODE}} D^4 = \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ D_5 \\ D_6 \\ D_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,0012 \\ -0,0095 \\ -0,0006 \\ 0,0061 \\ -0,0130 \\ -0,0004 \end{bmatrix}$$

5. Batang 5

$$D^5 = \begin{bmatrix} D_1^5 & 5 \\ D_2^5 & 6 \\ D_3^5 & 7 \\ D_4^5 & 5 \\ D_5^5 & 6 \\ D_6^5 & 8 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{MCODE}} D^5 = \begin{bmatrix} D_5 \\ D_6 \\ D_7 \\ D_5 \\ D_6 \\ D_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,0061 \\ -0,0130 \\ -0,0004 \\ 0,0061 \\ -0,0130 \\ -0,0077 \end{bmatrix}$$

6. Batang 6

$$D^6 = \begin{bmatrix} D_1^6 & 5 \\ D_2^6 & 6 \\ D_3^6 & 8 \\ D_4^6 & 9 \\ D_5^6 & 10 \\ D_6^6 & 11 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{MCODE}} D^6 = \begin{bmatrix} D_5 \\ D_6 \\ D_8 \\ D_9 \\ D_{10} \\ D_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,0061 \\ -0,0130 \\ -0,0077 \\ -0,0061 \\ -0,0130 \\ 0,0077 \end{bmatrix}$$

7. Batang 7

$$D^7 = \begin{bmatrix} D_1^7 & 9 \\ D_2^7 & 10 \\ D_3^7 & 11 \\ D_4^7 & 9 \\ D_5^7 & 10 \\ D_6^7 & 12 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{MCODE}} D^7 = \begin{bmatrix} D_9 \\ D_{10} \\ D_{11} \\ D_9 \\ D_{10} \\ D_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,0061 \\ -0,0130 \\ 0,0077 \\ -0,0061 \\ -0,0130 \\ 0,0004 \end{bmatrix}$$

8. Batang 8

$$D^8 = \begin{bmatrix} D_1^8 & 9 \\ D_2^8 & 10 \\ D_3^8 & 11 \\ D_4^8 & 13 \\ D_5^8 & 14 \\ D_6^8 & 15 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{MCODE}} D^8 = \begin{bmatrix} D_9 \\ D_{10} \\ D_{11} \\ D_{13} \\ D_{14} \\ D_{15} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,0061 \\ -0,0130 \\ 0,0077 \\ 0,0012 \\ -0,0095 \\ 0,0006 \end{bmatrix}$$

9. Batang 9

$$D^9 = \begin{bmatrix} D_1^9 & 13 \\ D_2^9 & 14 \\ D_3^9 & 15 \\ D_4^9 & 13 \\ D_5^9 & 14 \\ D_6^9 & 16 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{MCODE}} D^9 = \begin{bmatrix} D_{13} \\ D_{14} \\ D_{15} \\ D_{13} \\ D_{14} \\ D_{16} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,0012 \\ -0,0095 \\ 0,0006 \\ 0,0012 \\ -0,0095 \\ 0,0064 \end{bmatrix}$$

10. Batang 10

$$D^{10} = \begin{bmatrix} D_1^{10} & 13 \\ D_2^{10} & 14 \\ D_3^{10} & 15 \\ D_4^{10} & 0 \\ D_5^{10} & 0 \\ D_6^{10} & 0 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{MCODE}} D^{10} = \begin{bmatrix} D_{13} \\ D_{14} \\ D_{15} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,0012 \\ -0,0095 \\ -0,0006 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

4.2.5.3. Matrik Displesmen Tiap Batang pada Koordinat Lokal

Matrik ini didapatkan dengan mentransformasikan matrik displesmen tiap batang pada koordinat global dengan bantuan matrik transformasi. Matrik yang berubah posisinya dengan pentransformasian ini adalah :

1. Batang 1

$$\begin{bmatrix} d_a^1 \\ d_b^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda^1 & 0 \\ 0 & \lambda^1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_a^1 \\ D_b^1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} d_1^1 \\ d_2^1 \\ d_3^1 \\ d_4^1 \\ d_5^1 \\ d_6^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0,0012 \\ -0,0095 \\ -0,0006 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0,0095 \\ -0,0012 \\ -0,0006 \end{bmatrix}$$

2. Batang 4

$$\begin{bmatrix} d_1^4 \\ d_2^4 \\ d_3^4 \\ d_4^4 \\ d_5^4 \\ d_6^4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -0,0012 \\ -0,0095 \\ -0,0006 \\ 0,0061 \\ -0,0130 \\ -0,0004 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,0095 \\ -0,0012 \\ -0,0006 \\ -0,0130 \\ 0,0061 \\ -0,0004 \end{bmatrix}$$

3. Batang 8

$$\begin{bmatrix} d_1^8 \\ d_2^8 \\ d_3^8 \\ d_4^8 \\ d_5^8 \\ d_6^8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -0,0061 \\ -0,0130 \\ 0,0004 \\ 0,0012 \\ -0,0095 \\ 0,0006 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,0130 \\ -0,0061 \\ 0,0004 \\ -0,0095 \\ 0,0012 \\ 0,0006 \end{bmatrix}$$

4. Batang 10

$$\begin{bmatrix} d_1^{10} \\ d_2^{10} \\ d_3^{10} \\ d_4^{10} \\ d_5^{10} \\ d_6^{10} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,0012 \\ -0,0095 \\ 0,0006 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,0095 \\ 0,0012 \\ 0,0006 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

4.2.6. Matrik Gaya Dalam Tiap Batang

Untuk menghitung gaya dalam tiap batang digunakan rumus (2.51) yaitu :

$$f^i = k^i \cdot d^i$$

4.2.6.1. Matrik Kekakuan Setiap Batang

1. Matrik kekakuan batang 1, 4, 8, 10

$$k^1 = \begin{bmatrix} 10431,944 & 0 & 0 & -10431,944 & 0 & 0 \\ 0 & 249,405 & 17957,176 & 0 & -249,405 & 0 \\ 0 & 17957,176 & 1723888,889 & 0 & -17957,176 & 17957,176 \\ -10431,944 & 0 & 0 & 10431,944 & 0 & 861944,444 \\ 0 & -249,405 & -17957,176 & 0 & 249,405 & -17957,176 \\ 0 & 17957,176 & 861944,444 & 0 & -17957,176 & 1723888,889 \end{bmatrix}$$

2. Matrik kekakuan batang 3

$$k^2 = \begin{bmatrix} 2199,167 & 0 & 0 & -2119,167 & 0 & 0 \\ 0 & 15,4398 & 2779,167 & 0 & -15,4398 & 0 \\ 0 & 2779,167 & 667000 & 0 & -2779,167 & 2779,167 \\ -2199,167 & 0 & 0 & 2119,167 & 0 & 333500 \\ 0 & -15,4398 & -2779,167 & 0 & 15,4398 & -2779,167 \\ 0 & 2779,167 & 333500 & 0 & -2779,167 & 667000 \end{bmatrix}$$

3. Matrik kekakuan batang 6

$$k^6 = \begin{bmatrix} 1345,278 & 0 & 0 & -1345,278 & 0 & 0 \\ 0 & 8,7268 & 1570,833 & 0 & -8,7268 & 1570,833 \\ 0 & 1570,833 & 377000 & 0 & -1570,833 & 188500 \\ -1345,278 & 0 & 0 & 1345,278 & 0 & 0 \\ 0 & -8,7268 & -1570,833 & 0 & 8,7268 & -1570,833 \\ 0 & 1570,833 & 188500 & 0 & -1570,833 & 377000 \end{bmatrix}$$

4. Matrik kekakuan Batang 2

$$k^2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 400200 & 0 & 0 & -400200 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -400200 & 0 & 0 & 400200 \end{bmatrix}$$

5. Matrik kekakuan batang 5

$$k^5 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 150800 & 0 & 0 & -150800 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -150800 & 0 & 0 & 150800 \end{bmatrix}$$

6. Matrik kekakuan batang 7

$$k^7 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 150800 & 0 & 0 & -150800 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -150800 & 0 & 0 & 150800 \end{bmatrix}$$

7. Matrik kekakuan batang 9

$$k^9 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 400200 & 0 & 0 & -400200 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -400200 & 0 & 0 & 400200 \end{bmatrix}$$

4.2.6.2. Gaya Dalam Setiap Batang

1. Batang 1

$$f_1 = k^1 \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0,0095 \\ 0,0012 \\ -0,0006 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 99,34 \\ -11,0119 \\ -539,8855 \\ -99,34 \\ 11,0119 \\ -1049,8311 \end{bmatrix}$$

2. Batang 2

$$f_2 = k^2 \cdot \begin{bmatrix} -0,0012 \\ -0,0095 \\ -0,0006 \\ -0,0012 \\ -0,0095 \\ -0,0064 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 2304,7581 \\ 0 \\ 0 \\ -2304,7581 \end{bmatrix}$$

3. Batang 3

$$f_3 = k^3 \cdot \begin{bmatrix} -0,0012 \\ -0,0095 \\ -0,0064 \\ 0,0012 \\ -0,0095 \\ -0,0064 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -5,3739 \\ 63,2154 \\ 2305,756 \\ 5,3739 \\ -63,2154 \\ -2305,756 \end{bmatrix}$$

4. Batang 4

$$f_4 = k^4 \cdot \begin{bmatrix} -0,0095 \\ 0,0012 \\ -0,0006 \\ -0,0130 \\ -0,0061 \\ -0,0004 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 36,5531 \\ -16,3436 \\ -1254,453 \\ -36,5531 \\ 16,3436 \\ -1099,0231 \end{bmatrix}$$

5. Batang 5

$$f_5 = k^5 \cdot \begin{bmatrix} 0,0061 \\ -0,0130 \\ -0,0004 \\ 0,0061 \\ -0,0130 \\ -0,0077 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1099,9337 \\ 0 \\ 0 \\ -1099,9337 \end{bmatrix}$$

6. Batang 6

$$f_6 = k_6 \cdot \begin{bmatrix} 0,0061 \\ -0,0130 \\ 0,0077 \\ -0,0061 \\ -0,0130 \\ -0,0077 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16,484 \\ 36,283 \\ 1099,9024 \\ -16,484 \\ -36,283 \\ -1099,9024 \end{bmatrix}$$

7. Batang 7

$$f_7 = k^7 \cdot \begin{bmatrix} -0,0061 \\ -0,0130 \\ 0,0077 \\ -0,0061 \\ -0,0130 \\ 0,0004 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1099,9337 \\ 0 \\ 0 \\ -1099,9337 \end{bmatrix}$$

8. Batang 8

$$f_8 = k^8 \cdot \begin{bmatrix} 0,0130 \\ -0,0061 \\ -0,0004 \\ 0,0095 \\ 0,0012 \\ 0,0006 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 36,5531 \\ 16,3436 \\ 1099,0231 \\ -36,5531 \\ -16,3436 \\ 1254,453 \end{bmatrix}$$

9. Batang 9

$$f_9 = k^9 \cdot \begin{bmatrix} 0,0012 \\ -0,0095 \\ 0,0006 \\ 0,0012 \\ -0,0095 \\ 0,0064 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -2304,7581 \\ 0 \\ 0 \\ 2304,7581 \end{bmatrix}$$

10. Batang 10

$$f_{10} = k^{10} \cdot \begin{bmatrix} 0,0095 \\ 0,0012 \\ 0,0006 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 99,34 \\ 11,0119 \\ 1049,8311 \\ -99,34 \\ -11,0119 \\ 535,8855 \end{bmatrix}$$

4.2.7. Gaya pada Titik Buhul

Gaya pada titik buhul dicari menggunakan persamaan (2.56), yaitu :

$$P_j = \sum_{i=1}^{NE} \lambda^{iT} f^i$$

1. Titik 1

$$P_1 = F_a^1 = \lambda^{1T} f_a^1$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 99,34 \\ -11,0119 \\ -535,8855 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 11,0119 \\ 99,34 \\ -535,8855 \end{bmatrix}$$

2. Titik 2

$$P_2 = F_b^1 + F_a^2 + F_a^4 = \lambda^{1T} f_a^1 + \lambda^{2T} f_a^2 + \lambda^{4T} f_a^4$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -99,34 \\ 11,0119 \\ -1049,851 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 2304,7581 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 36,5531 \\ -16,3436 \\ -1254,453 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 5,3317 \\ -62,7869 \\ 0,4741 \end{bmatrix}$$

3. Titik 3

$$P_3 = F_b^2 + F_a^3 = \lambda^{2T} f_b^2 + \lambda^{3T} f_a^3$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -2304,7581 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -5,3739 \\ 63,2154 \\ 2305,2576 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -5,3739 \\ 63,2154 \\ -0,4995 \end{bmatrix}$$

4. Titik 4

$$\begin{aligned}
 P_4 &= F_b^4 + F_a^5 = \lambda^{4T} f_b^4 + \lambda^{5T} f_a^5 \\
 &= \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -36,5531 \\ 16,3436 \\ -1099,0231 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1099,9337 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -16,3436 \\ -36,5531 \\ 0,9106 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

5. Titik 5

$$\begin{aligned}
 P_5 &= F_b^5 + F_a^6 = \lambda^{5T} f_b^5 + \lambda^{6T} f_a^6 \\
 &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -1099,9337 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 16,484 \\ 36,283 \\ 1099,9024 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16,484 \\ 36,283 \\ 0,0315 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

6. Titik 6

$$\begin{aligned}
 P_6 &= F_b^6 + F_a^7 = \lambda^{6T} f_b^6 + \lambda^{7T} f_a^7 \\
 P_6 &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -16,484 \\ -36,283 \\ -1099,9024 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1099,9337 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -16,484 \\ -36,283 \\ 0,0315 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

7. Titik 7

$$\begin{aligned}
 P_7 &= F_b^7 + F_a^8 = \lambda^{7T} f_b^7 + \lambda^{8T} f_a^8 \\
 &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -1099,9337 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 36,5531 \\ 16,3436 \\ 1099,9337 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -16,3436 \\ 36,5531 \\ 0 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

8. Titik 8

$$\begin{aligned}
 P_8 &= F_b^8 + F_a^9 + F_a^{10} = \lambda^{8T} f_b^8 + \lambda^{9T} f_a^9 + \lambda^{10T} f_a^{10} \\
 &= \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -36,5531 \\ -16,3436 \\ 1254,453 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -2304,7581 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 99,34 \\ 11,0119 \\ 1049,8311 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 5,3317 \\ 62,7869 \\ -0,474 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

9. Titik 9

$$\begin{aligned}
 P_9 &= F_b^9 + F_b^3 = \lambda^{9T} f_b^9 + \lambda^{3T} f_b^3 \\
 P_9 &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 2304,7581 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 5,3739 \\ -63,2154 \\ -2305,2576 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5,3739 \\ -63,2154 \\ -0,4995 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

10. Titik 10

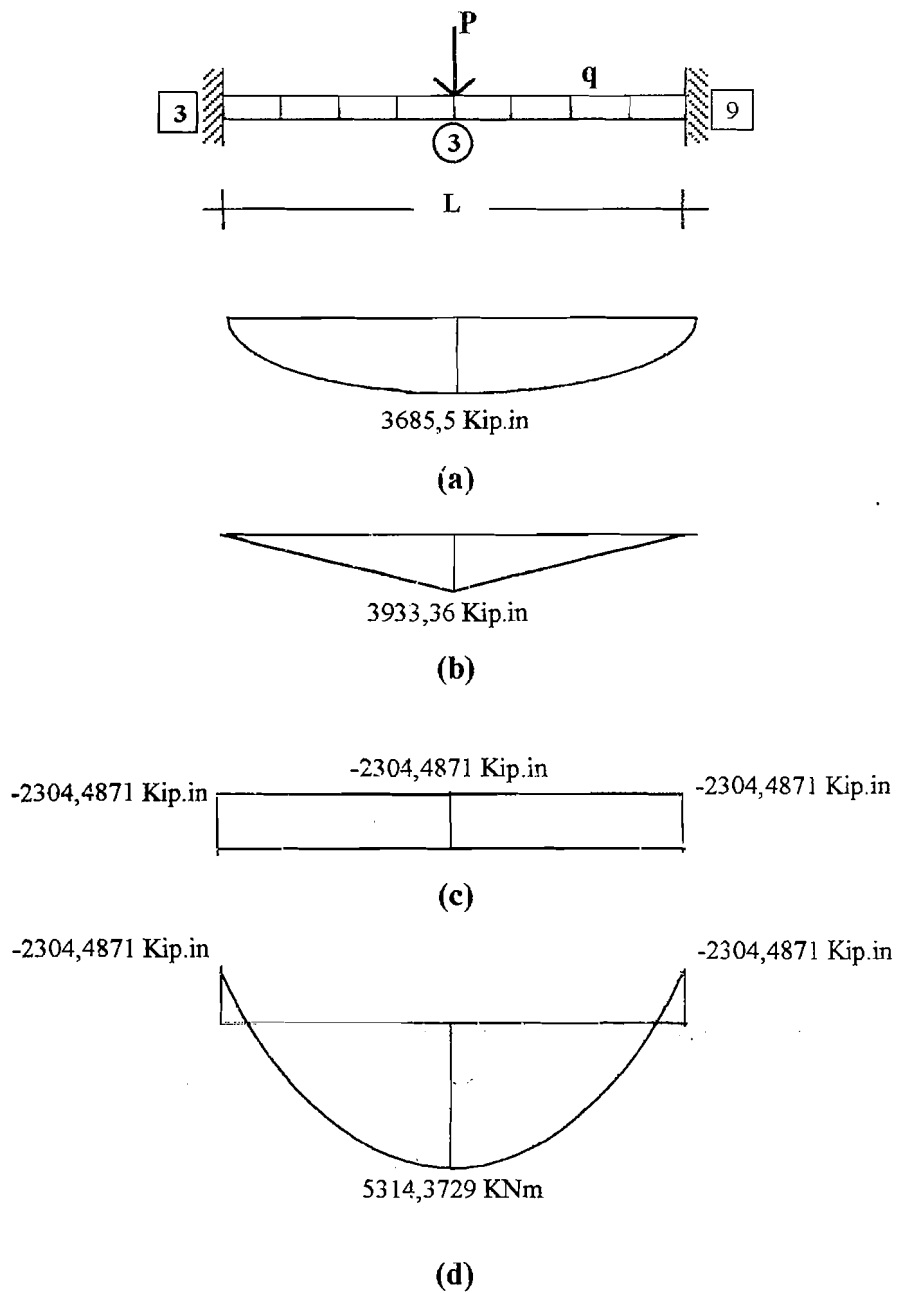
$$\begin{aligned}
 P_{10} &= F_b^{10} = \lambda^{10T} f_b^{10} \\
 &= \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -99,34 \\ 11,0119 \\ 535,8855 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -11,0119 \\ 99,34 \\ 535,8855 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

4.2.8. Momen Lapangan

Perhitungan momen dilakukan dengan superposisi momen akibat adanya Spring dan momen murni yang diterima batang akibat beban luar.

15	16			
-4.417E-05	-1.258E-05	0	-0.00122	1
-1.245E-07	-2.257E-07	-82.802	-0.00852	2
4.598E-07	9.091E-08	0	-0.00060	3
9.091E-08	-3.200E-07	-4423.68	-0.00638	4
-1.232E-04	-3.518E-05	0	0.00613	5
-1.552E-07	-2.344E-07	-38.54	-0.01303	6
5.568E-07	1.788E-07	0	-0.00042	7
1.349E-07	4.790E-08	-2553.12	-0.00771	8
-1.243E-04	-3.578E-05	0	-0.00613	9
1.552E-07	2.344E-07	-38.54	-0.01303	10
7.027E-08	1.264E-08	2553.12	0.00771	11
4.113E-07	9.925E-08	0	0.00042	12
-4.478E-05	-1.290E-05	0	0.00122	13
1.245E-07	2.257E-07	-82.802	-0.00852	14
7.753E-07	2.630E-07	0	0.00060	15
2.630E-07	1.137E-06	4423.68	0.00638	16

1. Batang 3



Gambar 3.2. Bending Momen Diagram

- Momen akibat beban terbagi merata
- Momen akibat beban terpusat
- Momen akibat gaya dalam batang
- Superposisi (a)&(b) + (c)

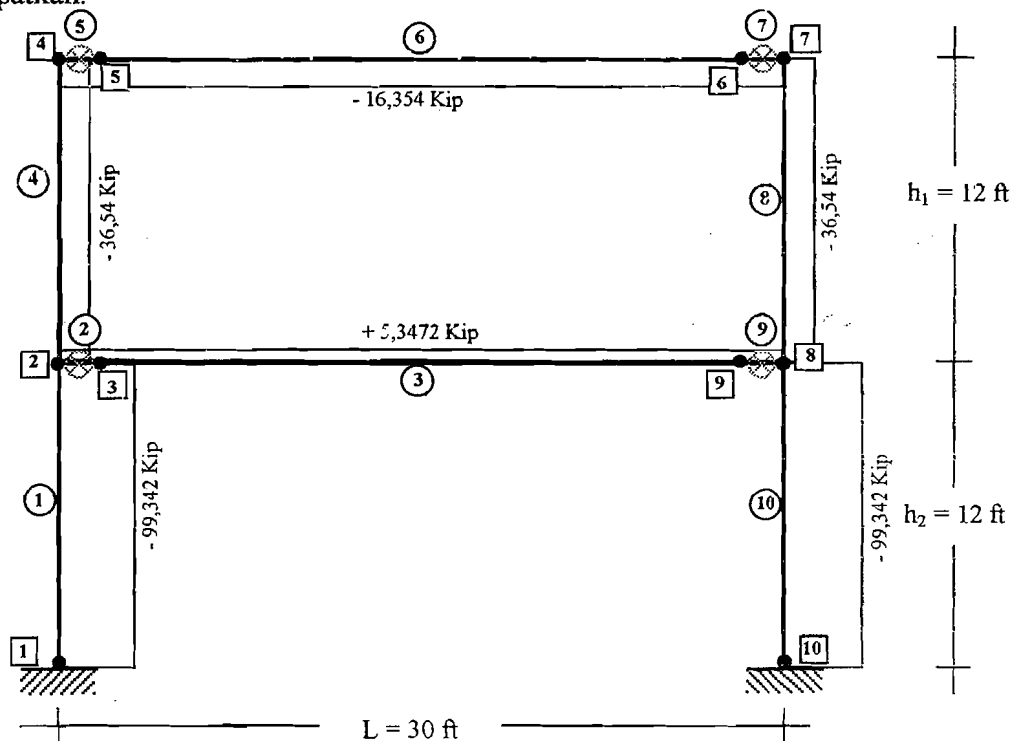
Perhitungan momen pada batang lainnya dilakukan dengan analisa yang sama yang hasilnya ditabelkan seperti di bawah ini.

Tabel 3.3. Momen maksimal pada bentangan

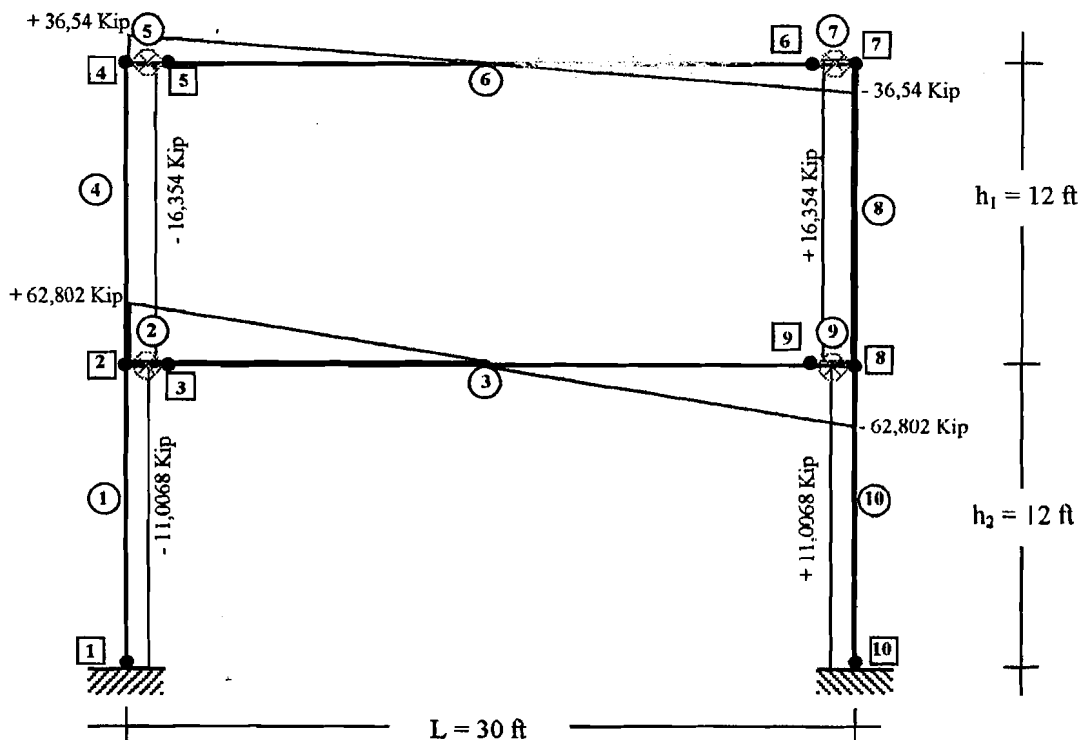
	Batang 1 (Kip.in)	Batang 3 (Kip.in)	Batang 4 (Kip.in)	Batang 6 (Kip.in)	Batang 8 (Kip.in)	Batang 10 (Kip.in)
M_a	0	3685,5	0	2206,44	0	0
M_b	0	3933,36	0	2164,32	0	0
M_c	-256,8872	-2304,4871	77,6178	-1099,8713	77,6176	-256,8873
M_d	-256,8872	5314,3729	77,6178	3270,8887	77,6176	-256,8873

4.2.9. NFD, SFD, dan BMD

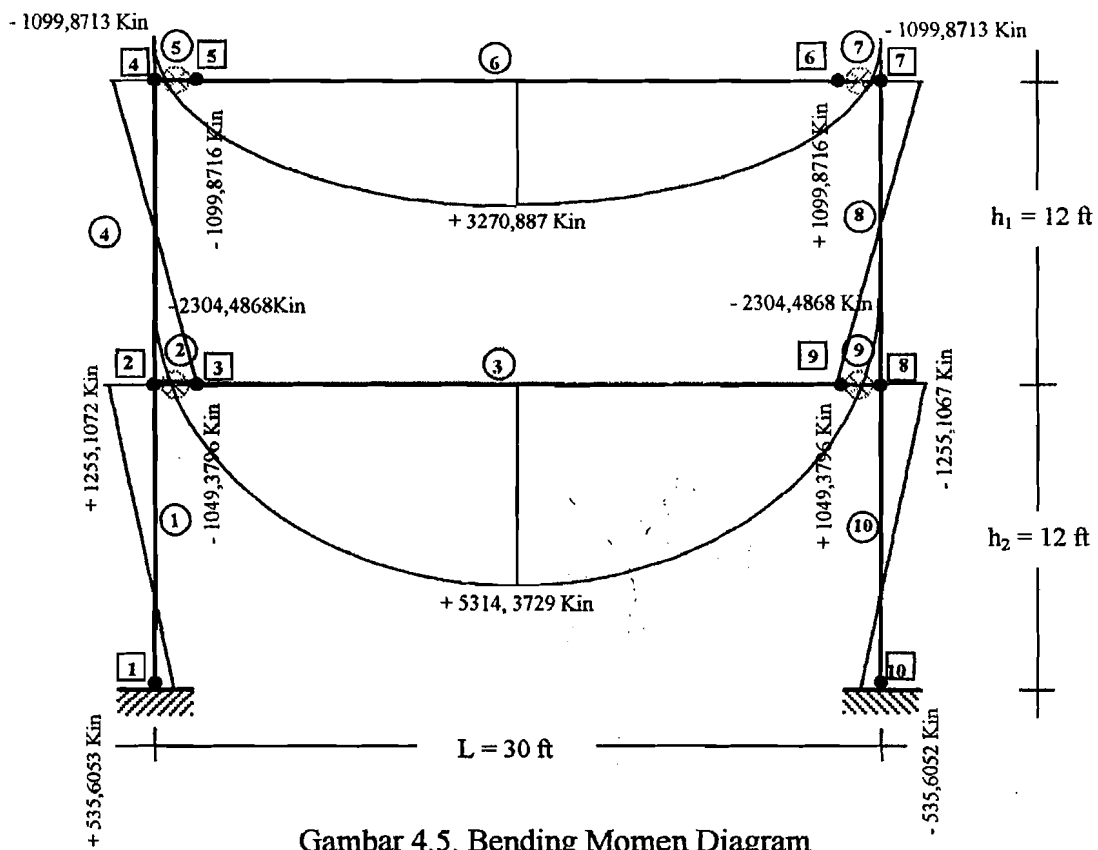
Shear Force Diagram (SFD), Normal Force Diagram (NFD), dan Bending Momen Diagram (BMD), dibuat sesuai dengan hasil hitungan yang telah didapatkan.



Gambar 3.3. Normal Force Diagram



Gambar 4.4. Shear Force Diagram



Gambar 4.5. Bending Momen Diagram

4.3. Analisa Struktur dengan Program Komputer

Data struktur yang sama dianalisa dengan komputer dan hasil dari analisa itu ditampilkan pada tabel-tabel di bawah ini. Hasil yang akan ditampilkan berikut ini adalah gaya-gaya yang diakibatkan oleh adanya beban mati, karena yang akan ditinjau perbandingan hasil analisisnya dengan hitungan manual adalah gaya-gaya yang disebabkan oleh beban mati yang dianggap mewakili. Untuk hasil selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 4.

Tabel 4.4. Displemen Tiap Titik Buhul

Titik	Arah sb. x (in)	Arah sb. y (in)	Perputaran (rad)
1	0.00000	0.00000	0.00000
2	-0.00122	-0.00952	-0.00060
3	-0.00122	-0.00952	-0.00635
4	0.00608	-0.01303	-0.00042
5	0.00608	-0.01303	-0.00771
6	-0.00608	-0.01303	0.00771
7	-0.00608	-0.01303	0.00042
8	0.00122	-0.00952	0.00060
9	0.00122	-0.00952	0.00635
10	0.00000	0.00000	0.00000

Tabel 4.5. Gaya batang

Batang	Aksial (Kip)	Geser (Kip)	Momen (Kip.in)	Aksial (Kip)	Geser (Kip)	Momen (Kip.in)
1	99.3420	-11.0068	-535.6053	-99.3420	11.0068	-1049.3796
2	0.0000	0.0000	2304.4868	0.0000	0.0000	-2304.4868
3	-5.3472	62.8020	2304.4871	5.3472	62.8020	-2304.4871
4	36.5400	-16.3540	-1255.1072	-36.5400	16.3540	-1099.8716
5	0.0000	0.0000	1099.8715	0.0000	0.0000	-1099.8715
6	16.3540	36.5400	1099.8713	-16.3540	36.5400	-1099.8708
7	0.0000	0.0000	1099.8716	0.0000	0.0000	-1099.8716
8	36.5400	16.3540	1099.8715	-36.5400	-16.3540	1255.1067
9	0.0000	0.0000	-2304.4868	0.0000	0.0000	2304.4868
10	99.3420	11.0068	1049.3798	-99.3420	-11.0068	535.6052

Tabel 4.6. Gaya-gaya pada Titik Buhul

Titik	Searah sb. x (Kip)	Searah sb. y (Kip)	Momen (Kip.in)
1	11.0068	99.3420	-5.3561E+02
2	5.3472	-62.8020	0.0000E+00
3	-5.3472	62.8020	2.4414E-04
4	-16.3540	-36.5400	-1.2207E-04
5	16.3540	36.5400	-1.2207E-04
6	-16.3540	36.5400	7.3242E-04
7	16.3540	-36.5400	-1.2207E-04
8	-5.3472	-62.8020	-3.6621E-04
9	5.3472	62.8020	-2.4414E-04
10	-11.0068	99.3420	5.3561E+02

4.4. Persentase Selisih Hasil Analisa Manual dan Komputer

Persentase selisih dilihat dari perbandingan hasil analisa menggunakan program komputer itu dan hasil analisa secara manual.

Persentase perbedaan diperoleh dari selisih perhitungan antara analisa secara manual dan analisa dengan menggunakan program komputer dibandingkan dengan hasil hitungan analisa dengan menggunakan program komputer.

$$\% \text{ Selisih} = \frac{|(\text{Analisa Manual} - \text{Analisa Komputer})|}{\text{Analisa Komputer}} \times 100\% \quad (4.1)$$

Pada perhitungan validasi ini tidak semua nilai dikontrol, tetapi hanya diambil sebagian karena dianggap sudah mewakili. Dalam hal ini diambil hasil analisa portal yang dibebani beban mati sebagai perwakilan. Perbandingan hasil-hasil analisa struktur secara manual dan dengan menggunakan program komputer akan ditampilkan dalam bentuk tabel-tabel di bawah ini.

Tabel 4.7. Persentase Selisih Displesmen searah sumbu-x

Titik	Manual (in)	Komputer (in)	Selisih (%)
1	0	0	0
2	-0,00122	-0,00122	0
3	-0,00122	-0,00122	0
4	0,00613	0,00608	0,82
5	0,00613	0,00608	0,82
6	-0,00613	-0,00608	0,82
7	-0,00613	-0,00608	0,82
8	0,00122	0,00122	0
9	0,00122	0,00122	0
10	0	0	0

Tabel 4.8. Persentase Selisih Displesmen searah sumbu-y

Titik	Manual (in)	Komputer (in)	Selisih (%)
1	0	0	0
2	-0,00952	-0,00952	0
3	-0,00952	-0,00952	0
4	-0,01303	-0,01303	0
5	-0,01303	-0,01303	0
6	-0,01303	-0,01303	0
7	-0,01303	-0,01303	0
8	-0,00952	-0,00952	0
9	-0,00952	-0,00952	0
10	0	0	0

Tabel 4.9. Persentase Selisih Displesmen Perputaran

Titik	Manual (rad)	Komputer (rad)	Selisih (%)
1	0	0	0
2	-0,00060	-0,00060	0
3	-0,00636	-0,00635	0,15
4	-0,00042	-0,00042	0
5	-0,00771	-0,00771	0
6	0,00771	0,00771	0
7	0,00042	0,00042	0
8	0,00060	0,00060	0
9	0,00636	0,00635	0,15
10	0	0	0

Tabel 4.10. Persentase Selisih Gaya Aksial

Titik	Titik awal			Titik akhir		
	Manual (Kip)	Komputer (Kip)	Selisih (%)	Manual (Kip)	Komputer (Kip)	Selisih (%)
1	-99,340	-99,342	0,002	-99,340	-99,342	0,002
2	0	0	0	0	0	0
3	5,3739	5,3472	0,5	5,3739	5,3472	0,5
4	-36,5531	-36,540	0,04	-36,5531	-36,54	0,04
5	0	0	0	0	0	0
6	-16,484	-16,354	0,79	-16,484	-16,354	0,79
7	0	0	0	0	0	0
8	-36,5531	-36,540	0,04	-36,5531	-36,54	0,04
9	0	0	0	0	0	0
10	-99,340	-99,342	0,002	-99,340	-99,342	0,002

Tabel 4.11. Persentase Selisih Gaya Geser

Titik	Titik awal			Titik akhir		
	Manual (Kip)	Komputer (Kip)	Selisih (%)	Manual (Kip)	Komputer (Kip)	Selisih (%)
1	-11,0119	-11,0068	0,05	-11,0119	-11,0068	0,05
2	0	0	0	0	0	0
3	63,2154	62,8020	0,66	63,2154	62,8020	0,66
4	-16,3436	-16,3540	0,06	-16,3436	-16,3540	0,06
5	0	0	0	0	0	0
6	36,283	36,5400	0,7	36,283	36,5400	0,7
7	0	0	0	0	0	0
8	16,3436	16,3540	0,06	16,3436	16,3540	0,06
9	0	0	0	0	0	0
10	11,0119	11,0068	0,05	11,0119	11,0068	0,05

Tabel 4.12. Persentase Selisih Momen

Titik	Titik awal			Titik akhir		
	Manual (Kip.in)	Komputer (Kip.in)	Selisih (%)	Manual (Kip.in)	Komputer (Kip.in)	Selisih (%)
1	535,8855	535,6053	0,05	-1049,8311	-1049,3796	0,04
2	-2304,7581	-2304,4868	0,01	-2304,7581	-2304,4868	0,01
3	-2305,756	-2304,4868	0,05	-2305,756	-2304,4871	0,05
4	1254,4530	1255,1072	0,05	-1099,0231	-1099,8716	0,08
5	-1099,9337	-1099,8715	0,01	-1099,9337	-1099,8715	0,01
6	-1099,9024	-1099,8713	0,003	-1099,9024	-1099,8708	0,003
7	-1099,9337	-1099,8716	0,01	-1099,9337	-1099,8716	0,01
8	-1099,0231	-1099,8715	0,08	1254,4530	1255,1067	0,05
9	2304,7581	2304,4868	0,01	2304,7581	2304,4868	0,01
10	-1049,8311	-1049,3798	0,04	535,8855	535,6052	0,05

4.5. Pembahasan

Hasil analisa secara manual dan menggunakan program komputer sudah mendekati, hal ini ditunjukkan dengan persentase selisih yang dapat dilihat pada tabel-tabel di atas, dimana nilai terbesar adalah 0,82 %. Oleh karenanya program ini sudah dapat digunakan untuk analisa struktur portal semi-rigid.

Analisa struktur mula-mula dilakukan pada suatu portal rigid. Dengan data struktur yang sama kemudian dianalisa sebagai portal semi-rigid yaitu dengan menambahkan batang spring pada pertemuan balok dan kolom.

Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, pada portal semi-rigid ditinjau 2 kasus, yaitu :

1. Kasus 1, mengasumsikan faktor kekakuan batang spring adalah : $S = 0,6$.
2. Kasus 2, mengasumsikan faktor kekakuan batang spring adalah : $S = 0,4$.

Berikut ini akan ditampilkan kembali hasil analisa dengan asumsi portal rigid dan semi-rigid dalam tabel perbandingan antara keduanya.

Tabel 4.13. Perbandingan Gaya aksial antara Portal Rigid dan Semi-Rigid.

Batang	Jarak dari titik awal (in)	Rigid (Kip)	Semi-Rigid	
			Kasus 1 (Kip)	Kasus 2 (Kip)
1	0	-159,084	-159,084	-159,084
	72	-159,084	-159,084	-159,084
	144	-159,084	-159,084	-159,084
2	0	-159,084	-159,084	-159,084
	180	-159,084	-159,084	-159,084
	360	-159,084	-159,084	-159,084
3	0	-55,2408	-55,2408	-55,2408
	72	-55,2408	-55,2408	-55,2408
	144	-55,2408	-55,2408	-55,2408
4	0	-55,2408	-55,2408	-55,2408
	180	-55,2408	-55,2408	-55,2408
	360	-55,2408	-55,2408	-55,2408
5	0	19,4894	11,0167	9,0497
	72	19,4894	11,0167	9,0497
	144	19,4894	11,0167	9,0497
6	0	-49,8838	-28,1595	-23,1242
	72	-49,8838	-28,1595	-23,1242
	144	-49,8838	-28,1595	-23,1242

Tabel 4.14. Perbandingan Gaya Geser antara Portal Rigid dan Semi-Rigid.

Batang	Jarak dari titik awal (in)	Rigid (Kip)	Semi-Rigid	
			Kasus 1 (Kip)	Kasus 2 (Kip)
1	0	-30,5246	-11,0068	-11,0252
	72	-30,5246	-11,0038	-11,0252
	144	-30,5246	-11,0068	-11,0252
2	0	30,5246	11,0068	11,0252
	180	30,5246	11,0068	11,0252
	360	30,5246	11,0068	11,0252
3	0	-49,8838	-16,354	-17,4671
	72	-49,8838	-16,354	-17,4671
	144	-49,8838	-16,354	-17,4671
4	0	49,8838	16,354	17,4670
	180	49,8838	16,354	17,4670
	360	49,8838	16,354	17,4670
5	0	103,844	103,844	103,844
	72	30,5928	30,5928	30,5928
	144	103,844	103,844	103,844
6	0	55,2408	55,2408	55,2408
	72	16,8336	16,8336	16,8336
	144	55,2408	55,2408	55,2408

Tabel 4.15. Perbandingan Momen antara Portal Rigid dan Semi-Rigid.

Batang	Jarak dari titik awal (in)	Rigid (Kip.in)	Semi-Rigid	
			Kasus 1 (Kip.in)	Kasus 2 (Kip.in)
1	0	1491,52	848,643	730,286
	72	-706,24	-399,400	-328,128
	144	-2904	-1642,114	-1349,032
2	0	-1491,52	-843,307	-692,776
	180	706,24	399,400	333,858
	360	2904	1642,144	1349,032
3	0	3669,496	2072,981	1702,897
	72	77,9672	45,50	43,262
	144	-3513,664	-1981,981	-1627,279
4	0	-3669,496	-2072,981	-1702,597
	180	-77,9672	-45,50	-37,659
	360	3513,664	1981,982	1627,279
5	0	-6573,6	-3715,096	-3051,629
	72	5440,712	8299,184	8962,652
	144	-6573,6	-3715,097	-3051,629
6	0	-3513,66	-1981,981	-1627,279
	72	2879,984	4411,619	4766,321
	144	-3513,66	-1981,981	-1627,279

Dengan mengadakan studi perbandingan antara hasil-hasil analisa struktur portal rigid dan semi-rigid, dapat diketahui hal-hal seperti di bawah ini.

- a. Gaya aksial yang terjadi pada balok portal semi-rigid lebih kecil dibandingkan pada portal rigid. Besarnya gaya aksial ini dipengaruhi oleh besarnya faktor kekakuan batang pada portal. Gaya aksial akan

semakin besar jika faktor kekakuan semakin besar. Gaya aksial pada kolom portal semi-rigid tidak dipengaruhi dengan adanya penambahan batang spring. Gaya aksial pada kolom portal semi-rigid dan portal rigid sama besar.

- b. Gaya geser yang terjadi pada balok portal semi-rigid tidak dipengaruhi oleh adanya penambahan batang spring. Gaya geser pada balok portal rigid dan semi-rigid sama besar. Gaya geser pada kolom portal semi-rigid lebih kecil dibanding portal rigid. Semakin besar faktor kekakuan batang spring, gaya geser akan semakin besar.
- c. Momen tumpuan pada balok portal semi-rigid lebih kecil daripada portal rigid. Momen ujung yang lebih kecil dikarenakan faktor kekakuan portal semi-rigid lebih kecil dibanding faktor kekakuan portal rigid. Hal ini akan berpengaruh pada penggunaan alat sambung, dimana pada portal semi-rigid akan lebih sederhana/irit dibandingkan dengan penggunaan sambungan pada portal rigid.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penyusunan Tugas Akhir ini banyak hal-hal baru yang sangat berguna sebagai masukan. Hal-hal tersebut dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penggunaan komputer sangat membantu dalam mempercepat suatu sistem kerja. Hal inilah yang akan sangat membantu dalam mempercepat proses analisa struktur yang akhirnya akan menghasilkan efisiensi waktu kerja. Selain itu dengan penggunaan program komputer juga akan memperoleh hasil yang lebih teliti.
2. Hasil analisa secara manual dan menggunakan komputer sudah cukup mendekati, hal ini ditunjukkan dengan nilai perbandingan hasil perhitungan secara manual dan dengan program komputer terbesar adalah 0.82 %. Oleh karenanya program ini sudah dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu dalam analisa struktur portal semi-rigid.
3. Dengan tidak memperhitungkan efek $P\Delta$, Momen tumpuan pada portal semi-rigid lebih kecil daripada portal rigid. Momen tumpuan yang lebih kecil dikarenakan faktor kekakuan portal semi-rigid lebih kecil dibanding faktor kekakuan portal rigid. Hal ini akan berpengaruh pada penggunaan alat

4. sambung, dimana pada portal semi-rigid akan lebih sederhana/irit dibandingkan dengan penggunaan sambungan pada portal rigid.
5. Momen lapangan yang terjadi pada kolom portal semi-rigid adalah lebih kecil dibandingkan dengan yang terjadi pada portal rigid. Sedangkan momen maksimal yang terjadi pada balok portal semi-rigid lebih besar dibandingkan pada portal rigid.

5.2. Saran

Pemrograman ini adalah hasil kerja kami yang maksimal, namun kami menyadari bahwa masih banyak kekurangan-kekurangan dari kami yang menyebabkan hasil yang kurang sempurna. Hal-hal yang dapat dilakukan untuk penyempurnaan program kami ini antara lain :

1. Input data program ini dapat dipersingkat guna mempermudah penggunaan program komputer ini.
2. Dilakukan studi lebih lanjut tentang portal semi-rigid terutama penentuan koefisien kekakuan batang spring-nya.
3. Dilakukan analisa lebih lanjut tentang penentuan sambungan yang akan dipakai.
4. Dilakukan analisa lebih lanjut efek $P\Delta$ pada portal semi-rigid.
5. Dilakukan analisa lebih lanjut penggunaan analisa portal semi-rigid pada struktur baja komposit, dengan tujuan untuk mengurangi kebutuhan penulangan pada betonnya.

PENUTUP

Alhamdulillahirrabil'alamin

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT. yang telah memberikat rahmat dan hidayah-Nya kepada kami hingga terselesainya Tugas Akhir ini.

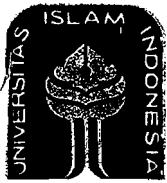
Dalam Tugas Akhir ini, kami berusaha sebaik-baiknya menyampaikan permasalahan dari Analisa Struktur Sambungan Rangka Baja Semi-Rigid. Mengingat keterbatasan pengetahuan kami dan literatur yang mendukung, kami menyadari masih banyak kekurangan dan kesalahan. Untuk itu kami mengharapkan saran demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Kami mengharapkan agar Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan sesuatu yang bermanfaat bagi semua pihak yang mempelajarinya.

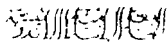
DAFTAR PUSTAKA

1. Abdul Kadir, 1990, TRIK DAN TEKNIK PEMROGRAMAN TURBO BASIC, Andi Offset, Yogyakarta.
2. Charles G. Salmon, John E. Johnson, 1986, STRUKTUR BAJA DESAIN DAN PERILAKU Jilid 2, Erlangga, Jakarta.
3. Chu-Kia Wang, 1989, ANALISA STRUKTUR LANJUTAN Jilid 2, Erlangga, Jakarta.
4. F. Arbabi, 1991, STRUCTURAL ANALISYS AND BEHAVIOR, Mc Graw-Hill, Inc., Amerika.
5. Jogyanto, 1992, TEORI DAN APLIKASI PROGRAM KOMPUTER BAHASA BASIC, Andi Offset, Yogyakarta.
6. Siegfried M. Holzer, 1985, Computer Analysis of Structural Matrix, Structural Analysis Structured Programing, Elsevier Science Publishing Co., Inc, New York.
7. Susastrawan, Msc., 1991, ANALISIS STRUKTUR DENGAN CARA MATRIKS, Andi Offset, Yogyakarta.
8. Thomas Burns, 1995, STRUCTURAL STEEL DESIGN-LRFD, Delmar Published, New York.

9. W. F. Chen, E. M. Lui, STABILITY DESIGN OF STEEL FRAMES, 1991,
CRC Press, Inc., London
10. W.F. Chen, Yoshiaki Goto, J.Y. Richard Live, 1996, STABILITY DESIGN
OF SEMI-RIGID FRAMES, John Wiley & Sons, Inc., Canada.
11. —————, 1995, MANUAL OF STEEL CONSTRUCTION, LOAD &
RESISTANCE FACTOR DESIGN Volume 1, American Institute of Steel
Construction, Inc., Amerika Serikat



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta



KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	DONNY IBBANTORO	91 310 126		STRUKTUR
2.	AHMAD SAUQI	94 310 121		STRUKTUR

JUDUL TUGAS AKHIR : SAMBUNGAN SEMI RIGID.....

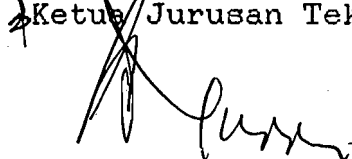
Dosen Pembimbing I IR.H.SUSASTRAWAN, MS
Dosen Pembimbing II IR.SUHARYATMO, MT

1

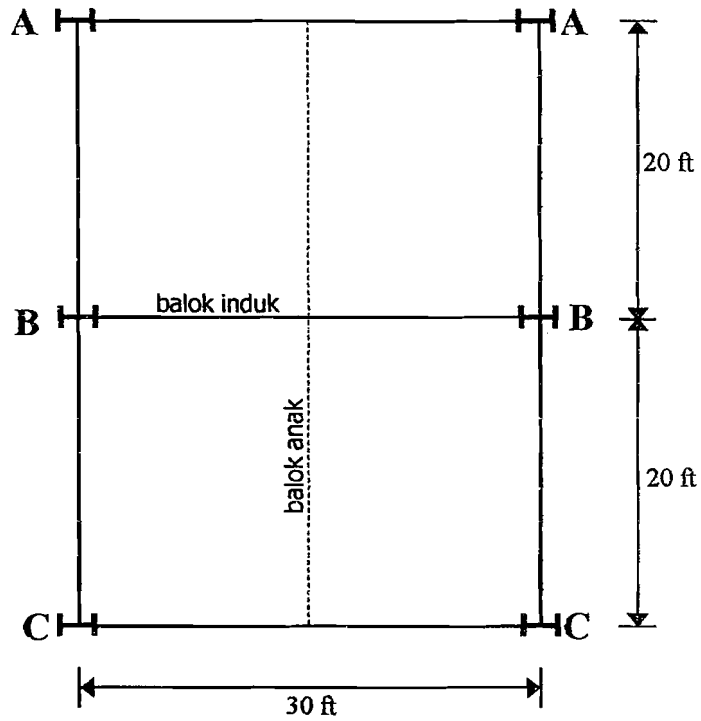
2



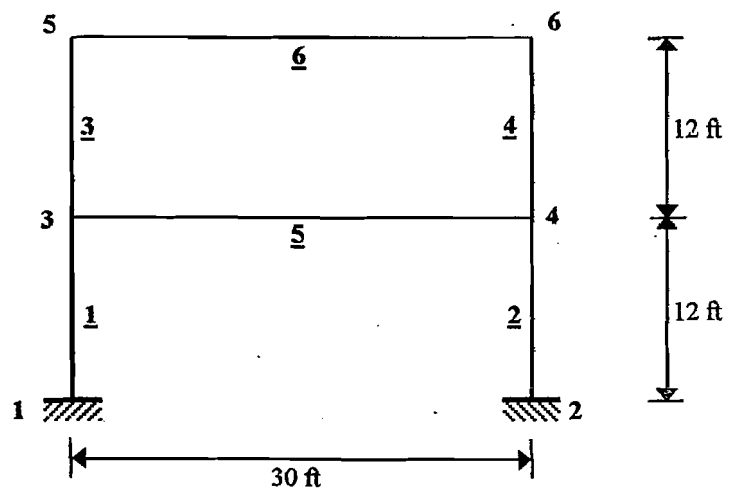
Yogyakarta, 22 Desember. 1998
An. Dekan,
Ketua Jurusan Teknik Sipil,


IR.H.TADJUDDIN BMA, MS

PERENCANAAN PROFIL



Gambar 1. Denah Perkantoran



Gambar 2. Portal B-B

1. Perhitungan Pembebanan

1.1. Beban Titik

1.1.1. Beban Mati

a. Balok Anak Atap

1. Berat pelat atap (tebal = 10 cm.)	=	$4,572 \cdot 0,1 \cdot 24$	=	10,973 KN/m
2. Berat spesi (tebal = 2 cm.)	=	$4,572 \cdot 0,02 \cdot 21$	=	1,920 KN/m
3. Aspal pelapis (waterproof 2 cm.)	=	$4,572 \cdot 0,02 \cdot 14$	=	1,280 KN/m
4. Langit-langit dan penggantung	=	$4,572 \cdot 0,18$	=	0,823 KN/m
5. Genangan air hujan (tinggi = 5 cm.)	=	$4,572 \cdot 0,05 \cdot 10$	=	2,286 KN/m
				$q_{D \text{ atap}} = 17,282 \text{ KN/m}$

b. Balok Anak Lantai

1. Berat pelat Lantai (tebal = 12 cm.)	=	$4,572 \cdot 0,12 \cdot 24$	=	13,167 KN/m
2. Berat spesi (tebal = 2 cm.)	=	$4,572 \cdot 0,02 \cdot 21$	=	1,920 KN/m
3. Berat Pasir (tebal = 3cm.)	=	$4,572 \cdot 0,03 \cdot 16$	=	2,194 KN/m
4. Tegel	=	$4,572 \cdot 0,03 \cdot 24$	=	3,292 KN/m
5. Langit-langit dan penggantung	=	$4,572 \cdot 0,18$	=	0,823 KN/m
				$q_{D \text{ lantai}} = 21,396 \text{ KN/m}$

c. Total Beban Mati Balok Anak

$$\text{Berat tembok} = 4 \cdot 2,5 \cdot 1 = 10 \text{ KN/m}$$

$$\text{Berat sendiri balok atap profil W 12 x 19} = 0,27 \text{ KN/m}$$

$$\text{Berat sendiri balok lantai profil W 12 x 35} = 0,497 \text{ KN/m}$$

1) Balok anak atap

$$q_{D \text{ atap}} = 17,282 + 0,27 = 17,552 \text{ KN/m} = 0,1002 \text{ Kip/in}$$

2) Balok anak lantai

$$q_{D \text{ lantai}} = 21,396 + 10 + 0,497 = 31,893 \text{ KN/m} = 0,1821 \text{ Kip/in}$$

1.1.2. Beban Hidup

$$\text{Beban hidup atap } (q_{L \text{ atap}}) = 4,572 \cdot 1 \cdot 1 = 4,572 \text{ KN/m} = 0,0261 \text{ Kip/in}$$

$$\text{Beban hidup lantai } (q_{L \text{ lantai}}) = 4,572 \cdot 2,5 \cdot 1 = 11,43 \text{ KN/m} = 0,0653 \text{ Kip/in}$$

1.1.3. Total Beban Titik

1) Beban mati

$$P_{D \text{ atap}} = 2 \cdot (\frac{1}{2} \cdot 0,1002 \cdot 240) = 24,048 \text{ Kip}$$

$$P_{D \text{ lantai}} = 2 \cdot (\frac{1}{2} \cdot 0,1821 \cdot 240) = 43,704 \text{ Kip}$$

2) Beban hidup

$$P_{L \text{ atap}} = 2 \cdot (\frac{1}{2} \cdot 7,1375 \cdot 10^{-3} \cdot 240) = 1,713 \text{ Kip}$$

$$P_{L \text{ lantai}} = 2 \cdot (\frac{1}{2} \cdot 0,01784 \cdot 240) = 4,282 \text{ Kip}$$

1.2. Beban Terbagi Rata**1.2.1. Beban Mati****a. Balok Atap**

$$1. \text{ Berat pelat atap (tebal = 10 cm.)} = 6,096 \cdot 0,1 \cdot 24 = 14,630 \text{ KN/m}$$

$$2. \text{ Berat spesi (tebal = 2 cm.)} = 6,096 \cdot 0,02 \cdot 21 = 2,560 \text{ KN/m}$$

$$3. \text{ Aspal pelapis (waterproof 2 cm.)} = 6,096 \cdot 0,02 \cdot 14 = 1,707 \text{ KN/m}$$

$$4. \text{ Langit-langit dan penggantung} = 6,096 \cdot 0,18 = 1,097 \text{ KN/m}$$

$$5. \text{ Genangan air hujan (tinggi = 5 cm.)} = 6,096 \cdot 0,05 \cdot 10 = 3,048 \text{ KN/m}$$

$$q_{D \text{ atap}} = 23,042 \text{ KN/m}$$

b. Balok Lantai

1. Berat pelat Lantai (tebal = 12 cm.) = $6,096 \cdot 0,12 \cdot 24 = 17,556 \text{ KN/m}$
 2. Berat spesi (tebal = 2 cm.) = $6,096 \cdot 0,02 \cdot 21 = 2,560 \text{ KN/m}$
 3. Berat Pasir (tebal = 3cm.) = $6,096 \cdot 0,03 \cdot 16 = 2,926 \text{ KN/m}$
 4. Tegel = $6,096 \cdot 0,03 \cdot 24 = 4,389 \text{ KN/m}$
 5. Langit-langit dan penggantung = $6,096 \cdot 0,18 = 1,097 \text{ KN/m}$
-
- $$q_{D \text{ lantai}} = 28,528 \text{ KN/m}$$

c. Total Beban Mati

$$\text{Berat tembok} = 4 \cdot 2,5 \cdot 1 = 10 \text{ KN/m}$$

$$\text{Berat sendiri balok anak atap profil W 21 x 57} = 0,81 \text{ KN/m}$$

$$\text{Berat sendiri balok lantai profil W 21 x 93} = 1,311 \text{ KN/m}$$

1) Balok atap

$$q_{D \text{ atap}} = 23,042 + 0,81 = 23,852 \text{ KN/m} = 0,1362 \text{ Kip/in}$$

2) Balok lantai

$$q_{D \text{ lantai}} = 28,528 + 10 + 1,311 = 39,839 \text{ KN/m} = 0,2275 \text{ Kip/in}$$

1.2.2. Beban Hidup

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup balok atap } (q_{L \text{ atap}}) &= 6,096 \cdot 1 \cdot 1 = 6,096 \text{ KN/m} \\ &= 0,0348 \text{ Kip/in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup balok lantai } (q_{L \text{ lantai}}) &= 6,096 \cdot 2,5 \cdot 1 = 15,240 \text{ KN/m} \\ &= 0,087 \text{ Kip/in} \end{aligned}$$

1.3. Beban Angin

Tekanan tiup angin, $w = 25 \text{ Kg/m}^2 = 3,55 \cdot 10^{-5} \text{ Ksi}$.

Koefisien angin, $c = 0,9$

Tekanan angin dinding, $q_w = c \cdot w \cdot b$

$$= 0,9 \cdot 3,55 \cdot 10^{-5} \cdot 240 = 7,68 \cdot 10^{-3} \text{ Kip/in.}$$

2. Perencanaan Balok Anak

2.1. Balok Anak Atap

Beban-beban yang didukung

$$q_{D \text{ atap}} = 17,282 \text{ KN/m} = 0,0987 \text{ Kip/in}$$

$$q_{L \text{ atap}} = 4,572 \text{ KN/m} = 0,0261 \text{ Kip/in}$$

$$Q_{u \text{ atap}} = 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L = 1,2 \cdot 0,0987 + 1,6 \cdot 0,0261 = 0,1602 \text{ Kip/in}$$

Momen rencana :

$$M_u = \frac{1}{12} \cdot Q_{u \text{ atap}} \cdot L^2 = \frac{1}{12} \cdot 0,1602 \cdot 240^2 = 768,96 \text{ Kip.in.}$$

$$M_{n \text{ perlu}} = \frac{M_u}{0,90} = \frac{768,96}{0,90} = 854,4 \text{ Kip.in.}$$

$$Z_{x \text{ perlu}} = \frac{M_n}{F_y} = \frac{854,4}{36} = 23,733 \text{ in}^3.$$

$$I_{\text{perlu}} = \frac{Q \cdot L^4}{384 E (L/400)} = \frac{0,1602 \cdot 240^4}{384 \cdot 29000(240/400)} = 79,546 \text{ in}^4.$$

Coba dipakai profil W 12 x 19 dimana :

$A = 5,570 \text{ in}^2$, $d = 12,160 \text{ in}$, $tw = 0,235 \text{ in}$, $bf = 4,005 \text{ in}$, $tf = 0,350 \text{ in}$, $I_x = 130$

in^4 , $S_x = 21,3 \text{ in}^3$, $I_y = 3,76 \text{ in}^4$, $S_y = 1,88 \text{ in}^3$, $Z_x = 24,7 \text{ in}^3$, $Z_y = 2,98 \text{ in}^3$.

2.2. Balok Anak Lantai

Beban-beban yang didukung

$$q_{D \text{ lantai}} = 31,396 = 0,179 \text{ Kip/in}$$

$$q_{L \text{ lantai}} = 11,430 \text{ KN/m} = 0,0653 \text{ Kip/in}$$

$$Q_{u \text{ lantai}} = 1,2 \cdot q_{D} + 1,6 \cdot q_{L} = 1,2 \cdot 0,179 + 1,6 \cdot 0,0653 = 0,3193 \text{ Kip/in}$$

Momen rencana :

$$M_u = \frac{1}{12} \cdot Q_{\text{atap}} \cdot L^2 = \frac{1}{12} \cdot 0,3193 \cdot 240^2 = 1532,544 \text{ Kip.in}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,90} = \frac{1532,544}{0,90} = 1702,827 \text{ Kip.in.}$$

$$Z_{X \text{ perlu}} = \frac{M_n}{F_y} = \frac{1702,827}{36} = 47,3 \text{ in}^3.$$

$$I_{\text{perlu}} = \frac{Q \cdot L^4}{384 \cdot E(L/400)} = \frac{0,3193 \cdot 240^4}{384 \cdot 29000(240/400)} = 158,549 \text{ in}^4.$$

Coba dipakai profil W 12 x 35 dimana :

$$A = 10,30 \text{ in}^2, d = 12,50 \text{ in}, t_w = 0,30 \text{ in}, b_f = 6,560 \text{ in}, t_f = 0,520 \text{ in}, I_x = 285 \text{ in}^4,$$

$$S_x = 45,6 \text{ in}^3, I_y = 24,5 \text{ in}^4, S_y = 7,47 \text{ in}^3, Z_x = 51,2 \text{ in}^3, Z_y = 11,5 \text{ in}^3.$$

3. Perencanaan Balok Induk

3.1. Balok Induk Atap

Beban-beban yang didukung

$$P_{D \text{ atap}} = 24,048 \text{ Kip}$$

$$P_{L \text{ atap}} = 1,713 \text{ Kip}$$

$$P_{u \text{ atap}} = 1,2 \cdot 24,048 + 1,6 \cdot 1,713 = 31,5984 \text{ Kip.}$$

$$q_{D \text{ atap}} = 23,042 \text{ KN/m} = 0,1316 \text{ Kip/in}$$

$$q_{L \text{ atap}} = 6,096 \text{ KN/m} = 0,0348 \text{ Kip/in}$$

$$Q_{u \text{ atap}} = 1,2 \cdot 0,1316 + 1,6 \cdot 0,0348 = 0,2136 \text{ Kip/in}$$

Momen rencana :

$$\begin{aligned} M_u &= 1/12 \cdot Q \cdot L^2 + 1/8 \cdot P \cdot L \\ &= \frac{1}{12} \cdot 0,2136 \cdot 360^2 + \frac{1}{8} \cdot 31,5984 \cdot 360 \\ &= 3728,808 \text{ Kip.in.} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,90} = \frac{3728,808}{0,90} = 4143,12 \text{ Kip.in.}$$

$$Z_{X \text{ perlu}} = \frac{M_n}{F_y} = \frac{4143,12}{36} = 115,087 \text{ in}^3.$$

$$\begin{aligned} I_{\text{perlu}} &= \frac{Q \cdot L^4}{384 \cdot E(L/400)} + \frac{P \cdot L^3}{192E(L/400)} \\ &= \frac{0,2136 \cdot 360^4}{384 \cdot 29000(360/400)} + \frac{31,5986 \cdot 360^3}{192 \cdot 29000(360/400)} \\ &= 652,158 \text{ in}^4. \end{aligned}$$

Coba dipakai profil W 21 x 57 dimana :

$$\begin{aligned} A &= 16,7 \text{ in}^2, d = 21,06 \text{ in}, t_w = 0,405 \text{ in}, b_f = 6,555 \text{ in}, t_f = 0,650 \text{ in}, I_x = 1170 \\ &\text{in}^4, S_x = 111 \text{ in}^3, r_x = 8,360 \text{ in}, I_y = 30,60 \text{ in}^4, S_y = 9,35 \text{ in}^3, r_y = 1,35 \text{ in}, Z_x = \\ &129 \text{ in}^3, Z_y = 14,8 \text{ in}^3. \end{aligned}$$

3.2. Perencanaan Balok Lantai

Beban-beban yang didukung

$$P_{D \text{ lantai}} = 43,704 \text{ Kip}$$

$$P_{L \text{ lantai}} = 4,282 \text{ Kip}$$

$$P_{u \text{ lantai}} = 1,2.43,704 + 1,6.4,282 = 57,5832 \text{ Kip.}$$

$$q_{D \text{ lantai}} = 38,528 \text{ KN/m} = 0,22 \text{ Kip/in}$$

$$q_{L \text{ lantai}} = 15,240 \text{ KN/m} = 0,087 \text{ Kip/in}$$

$$Q_{u \text{ lantai}} = 1,2.0,22 + 1,6.0,087 = 0,4032 \text{ Kip/in}$$

Momen rencana :

$$M_u = 1/12.Q.L^2 + 1/8.P.L$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 0,4032 \cdot 360^2 + \frac{1}{8} \cdot 57,5832 \cdot 360$$

$$= 6945,804 \text{ Kip.in.}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,90} = \frac{6945,804}{0,90} = 7717,56 \text{ Kip.in.}$$

$$Z_{X \text{ perlu}} = \frac{M_n}{F_y} = \frac{7717,56}{36} = 214,377 \text{ in}^3.$$

$$I_{\text{perlu}} = \frac{QL^4}{384E(L/400)} + \frac{PL^3}{192E(L/400)}$$

$$= \frac{0,4032 \cdot 360^4}{384 \cdot 29000(360/400)} + \frac{57,5832 \cdot 360^3}{192 \cdot 29000(360/400)}$$

$$= 1211,827 \text{ in}^4$$

Coba dipakai profil W 21 x 93 dimana :

$$A = 27,3 \text{ in}^2, d = 21,62 \text{ in}, t_w = 0,580 \text{ in}, b_f = 8,420 \text{ in}, t_f = 0,930 \text{ in}, I_x = 2070 \text{ in}^4, S_x = 192 \text{ in}^3, r_x = 8,70 \text{ in}, I_y = 92,90 \text{ in}^4, S_y = 22,10 \text{ in}^3, r_y = 1,840 \text{ in}, Z_x = 221 \text{ in}^3, Z_y = 34,7 \text{ in}^3.$$

4. Perencanaan Kolom

Beban-beban yang didukung :

$$Pu_{1 \text{ atap}} = 1,2.24,048 + 1,6.1,713 = 31,5984 \text{ Kip.}$$

$$Pu_{1 \text{ lantai}} = 1,2.43,282 + 1,6.4,282 = 57,5832 \text{ Kip.}$$

$$Qu_{1 \text{ atap}} = 1,2.0,1362 + 1,6.0,0348 = 0,2191 \text{ Kip/in.}$$

$$Qu_{1 \text{ lantai}} = 1,2.0,2275 + 1,2.0,087 = 0,4122 \text{ Kip/in.}$$

$$Pu_{2 \text{ atap}} = 1,2.24,048 + 0,5.1,713 = 29,714 \text{ Kip.}$$

$$Pu_{2 \text{ lantai}} = 1,2.43,704 + 0,5.4,282 = 54,5858 \text{ Kip.}$$

$$Qu_{2 \text{ atap}} = 1,2.0,1379 + 0,5.0,0362 + 1,3.0,00768 = 0,194 \text{ Kip/in}$$

$$Qu_{2 \text{ lantai}} = 1,2.0,2275 + 0,5.0,087 + 1,3.0,00768 = 0,326 \text{ Kip/in}$$

Dari perhitungan dua kombinasi beban di atas dipakai kombinasi 1 karena menghasilkan pembebanan yang lebih besar.

$$\text{asumsi berat sendiri} = 300 \text{ Kg/m} = 0,0168 \text{ Kip/in}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{kolom}} &= \frac{1}{2} \cdot P_{\text{atap}} + \frac{1}{2} \cdot P_{\text{lantai}} + Q_{\text{atap}} \cdot L + Q_{\text{lantai}} \cdot L + \text{asumsi berat sendiri} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 31,5984 + \frac{1}{2} \cdot 57,5832 + (0,2191 \cdot 180) + (0,4122 \cdot 180) + (0,0168 \cdot 288) \\ &= 163,0582 \text{ Kip} \end{aligned}$$

Momen rencana :

$$\begin{aligned} M_{\text{nt}} &= \frac{1}{12} \cdot Q_{\text{lantai}} \cdot L^2 + \frac{1}{8} \cdot P_{\text{lantai}} \cdot L \\ &= \frac{1}{12} \cdot 0,4122 \cdot 360^2 + \frac{1}{8} \cdot 57,5832 \cdot 360 \\ &= 7043,004 \text{ Kip.in.} = 586,917 \text{ Kip.ft.} \end{aligned}$$

$$k \cdot L = 1,0 \cdot 12 = 12 \text{ ft}$$

Dari tabel B didapat asumsi awal $m = 1,9$; $U = 2,0$

$$P_{eff} = P_u + m.M_{ux} + m.U.M_{uy}$$

$$= 163,0582 + 1,9 \cdot 586,917 + 0 = 1278,2005 \text{ Kip.}$$

Dari tabel kolom AISC-LRFD, didapat :

$$W 12 \times 170, \phi_c P_n = 1380 \text{ Kip}$$

$$W 14 \times 159, \phi_c P_n = 1330 \text{ Kip}$$

Dicoba jika menggunakan profil W 12, dari tabel B didapat $m = 1,7$

$$P_{eff} = P_u + m.M_{ux} + m.U.M_{uy}$$

$$= 163,0582 + 1,7 \cdot 586,917 + 0 = 1160,8171 \text{ Kip.}$$

Dari tabel kolom AISC-LRFD, didapat :

$$W 12 \times 152, \phi_c P_n = 1230 \text{ Kip.}$$

Dicoba jika menggunakan profil W 14, dari tabel B didapat $m = 1,5$

$$P_{eff} = P_u + m.M_{ux} + m.U.M_{uy}$$

$$= 163,0582 + 1,5 \cdot 586,917 + 0 = 1043,4337 \text{ Kip.}$$

Dari tabel kolom AISC-LRFD, didapat :

$$W 14 \times 132, \phi_c P_n = 1070 \text{ Kip.}$$

Dicoba profil teringan : W 14 x 132, dimana: $I_x = 2140 \text{ in}^4$

$$G_{atas} = \frac{(EI/L)_{kolom}}{(EI/L)_{balok}} = \frac{(29000 \cdot 1530/144)}{(29000 \cdot 2070/360)} = 1,85$$

$$G_{bawah} = 1,0 \text{ (jepit)}$$

Dari Nomograf gambar 3.1 AISC-LRFD, didapat : $k = 1,43$

$$k.l = 1,43 \cdot 12 = 17,16 \text{ ft.}$$

Dari tabel B didapat asumsi awal $m = 1,65$; $U = 2,0$

$$\begin{aligned} P_{\text{eff}} &= P_u + m.M_{ux} + m.U.M_{uy} \\ &= 163,0582 + 1,65 \cdot 586,917 + 0 = 1131,471 \text{ Kip.} \end{aligned}$$

Dari tabel kolom AISC-LRFD, didapat :

$$W 12 \times 145, \phi_c P_n = 1158,4 \text{ Kip}$$

$$W 14 \times 170, \phi_c P_n = 1267 \text{ Kip}$$

Dicoba jika menggunakan profil W 12, dari tabel B didapat $m = 1,5$

$$\begin{aligned} P_{\text{eff}} &= P_u + m.M_{ux} + m.U.M_{uy} \\ &= 163,0582 + 1,5 \cdot 586,917 + 0 \\ &= 1043,434 \text{ Kip.} \end{aligned}$$

Dari tabel kolom AISC-LRFD, didapat : $W 12 \times 152, \phi_c P_n = 1127,6 \text{ Kip.}$

Dicoba jika menggunakan profil W 14, dari tabel B didapat $m = 1,35$

$$\begin{aligned} P_{\text{eff}} &= P_u + m.M_{ux} + m.U.M_{uy} \\ &= 163,0582 + 2,2 \cdot 586,917 + 0 \\ &= 955,396 \text{ Kip.} \end{aligned}$$

Dari tabel kolom AISC-LRFD, didapat :

$$W 14 \times 132, \phi_c P_n = 1029,2 \text{ Kip.}$$

Dipakai profil : W 14 x 176, dimana:

$$A = 51,8 \text{ in}^2, d = 15,22 \text{ in}, t_w = 0,830 \text{ in}, b_f = 15,65 \text{ in}, t_f = 1,31 \text{ in}, I_x = 2140 \text{ in}^4,$$

$$S_x = 281 \text{ in}^3, r_x = 6,430 \text{ in}, I_y = 838 \text{ in}^4, S_y = 107 \text{ in}^3, r_y = 4,020 \text{ in}, Z_x = 320 \text{ in}^3,$$

$$Z_y = 163 \text{ in}^3.$$

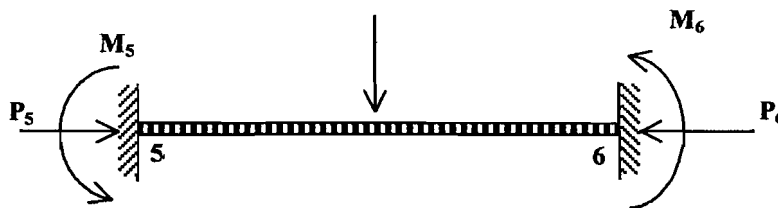
5. Cek Profil yang dipakai

Hasil perhitungan Mekanika dengan Microfeap adalah seperti di bawah ini.

Tabel I.1. Hasil Perhitungan Mekanika

	Gaya Aksial (Kip)		Gaya Geser (Kip)		Momen (Kip.in)	
	Max.	Min.	Maks.	Min	Maks.	Min.
Kolom	159,084	-32,742	-49,884	-14,940	3669,496	-3669,496
Balok Lantai	19,489	11,762	-103,844	-19,299	5440,712	-6573,600
Balok Atap	49,834	-28,974	-55,241	-10,677	2879,984	-3513,664

5.1. Profil Balok Atap



$$P_5 = 49,884 \text{ Kip}, M_5 = -3513,089 \text{ Kip.in.}$$

$$P_6 = -49,884 \text{ Kip}, M_6 = -3513,089 \text{ Kip.in.}$$

$$M_{\text{lapangan}} = 2879,984 \text{ Kip.in.}$$

$$\frac{KL}{r} \text{ terbesar} = \frac{0,65 \cdot 360}{1,35} = 173,333; \text{ dari tabel : } \phi_c F_{cr} = 7,103 \text{ Ksi.}$$

$$\phi_c P_n = \phi_c F_{cr} \cdot A = 7,103 \cdot 16,7 = 118,626 \text{ Kips.}$$

• Cek Kompak

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{6,555}{2 \cdot 0,65} = 5,04 < \lambda_p = \frac{65}{\sqrt{F_y}} = 10,833 \dots\dots\dots \text{ OK}$$

$$\lambda = \frac{d}{tw} = \frac{21,06}{0,405} = 52 < \lambda_p = \frac{640}{\sqrt{F_y}} = 106,667 \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$M_n = Z_x \cdot F_y = 129 \cdot 36 = 4644 \text{ Kip.in} > M_{\max} = 2879,984 \text{ Kip.in.} \dots\dots \text{Aman.}$$

$$\phi_b M_n = 0,90 \cdot 4644 = 4179,6 \text{ Kip.in.}$$

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{49,884}{118,626} = 0,42 > 0,2$$

$$P_e = \frac{\pi^2 EA}{(KL/r)^2} = \frac{\pi^2 29000 \cdot 16,7}{173,333^2} = 159,093 \text{ Kip.}$$

$$C_m = 0,85$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - P_u/P_e} = \frac{0,85}{1 - 49,884/159,093} = 0,81$$

$$M_{uy} = M_{nt} \cdot B_1 = 2879,984 \cdot 0,81 = 2332,787 \text{ Kip.in.}$$

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) = 0,42 + \frac{8}{9} \left(\frac{2332,787}{4179,6} \right) = 0,42 + 0,496 = 0,916 < 1 \dots \text{Aman.}$$

- Cek Geser

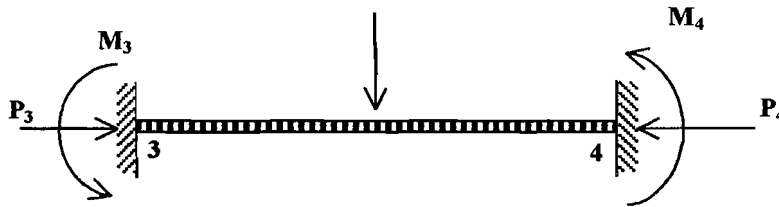
$$f_v = \frac{V}{A_w} = \frac{51,2408}{(21,06 \times 0,405)} = 6,008 \text{ Kips} < F_v = 0,4 \times F_y = 14,4 \text{ Kips.} \dots \text{Aman.}$$

- Cek Lendutan

$$\Delta = \frac{Q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} + \frac{PL^3}{192 \cdot E \cdot I} = \frac{0,2191 \cdot 360^4}{384 \cdot 29000 \cdot 1170} + \frac{31,5984 \cdot 360^3}{192 \cdot 29000 \cdot 1170}$$

$$= 0,51 \text{ in} < \frac{L}{400} = \frac{360}{400} = 0,9 \text{ in.} \dots\dots\dots \text{Aman}$$

5.2. Profil Balok Lantai



$$P_3 = 19,489 \text{ Kips}, M_3 = -3616,704 \text{ Kip.in.}$$

$$P_4 = -19,489 \text{ Kips}, M_4 = -3617,962 \text{ Kip.in}$$

$$M_{\text{lapangan}} = 5440,712 \text{ Kip.in.}$$

$$\frac{KL}{r} \text{ terbesar} = \frac{0,65 \cdot 360}{1,84} = 127,174; \text{ dari tabel : } \phi_c F_{cr} = 13,06 \text{ Ksi.}$$

$$\phi_c P_n = \phi_c F_{cr} \cdot A = 13,06 \cdot 27,3 = 356,538 \text{ Kips.}$$

- Cek kompak

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{8,42}{2 \cdot 0,93} = 4,527 < \lambda_p = \frac{65}{\sqrt{F_y}} = 10,833 \dots \text{ OK}$$

$$\lambda = \frac{d}{tw} = \frac{21,62}{0,58} = 37,276 < \lambda_p = \frac{640}{\sqrt{F_y}} = 106,667 \dots \text{ OK}$$

$$M_n = Z_x \cdot F_y = 221 \cdot 36 = 7956 \text{ Kip.in} > M_{\text{max}} = 5440,712 \text{ Kip.in.} \dots \text{ Aman.}$$

$$\phi_b M_n = 0,90 \cdot 7956 = 7160,4 \text{ Kip.in.}$$

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{19,489}{356,538} = 0,05 < 0,2$$

$$P_e = \frac{\pi^2 EA}{(KL/r)^2} = \frac{\pi^2 29000 \cdot 27,3}{127,174^2} = 483,1297 \text{ Kip.}$$

$$C_m = 0,85$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - P_u/P_c} = \frac{0,85}{1 - 19,489/483,1297} = 0,886$$

$$M_{uy} = M_{nt} \cdot B_1 = 5440,712 \cdot 0,886 = 4818,999 \text{ Kip.in.}$$

$$\frac{P_u}{2\phi_c P_n} + \left(\frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) = \frac{0,05}{2} + \left(\frac{4818,999}{7160,4} \right) = 0,025 + 0,673 = 0,698 < 1 \dots \text{Aman.}$$

- Cek Geser

$$f_v = \frac{V}{A_w} = \frac{55,241}{(21,62 \cdot 0,58)} = 4,4 \text{ Kips} < F_v = 0,4 \times F_y = 14,4 \text{ Kips.} \dots \text{Aman.}$$

- Cek Lendutan

$$\Delta = \frac{Q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} + \frac{P L^3}{192 \cdot E \cdot I} = \frac{0,4122 \cdot 360^4}{384 \cdot 29000 \cdot 2070} + \frac{57,5832 \cdot 360^3}{192 \cdot 29000 \cdot 2070}$$

$$= 0,53 \text{ in} < \frac{L}{400} = \frac{360}{400} = 0,9 \text{ in.} \dots \text{Aman}$$

5.3. Profil Kolom



$$P_4 = -135,547 \text{ Kip, } M_4 = 2456,344 \text{ Kip.in.}$$

$$P_2 = 135,547 \text{ Kip, } M_2 = -542,075 \text{ Kip.in}$$

Momen maksimal, $M_{maks.} = 2982,104 \text{ Kip.in}$

$$\frac{K \cdot L}{r} \text{ terbesar} = \frac{1,43 \cdot 144}{4,02} = 51,22 ; \text{ dari tabel : } \phi_c F_{cr} = 35,082 \text{ Ksi.}$$

$$\phi_c P_n = \phi_c F_{cr} \cdot A = 35,082 \cdot 51,8 = 1817,248 \text{ Kips.}$$

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{15,65}{2 \cdot 1,31} = 5,973 < \lambda_p = \frac{65}{\sqrt{F_y}} = 10,833 \dots \dots \dots \text{ OK}$$

$$\lambda = \frac{d}{tw} = \frac{15,22}{0,83} = 18,333 < \lambda_p = \frac{640}{\sqrt{F_y}} = 106,667 \dots \dots \dots \text{ OK}$$

$$M_n = F_y \cdot Z_x = 36 \cdot 320 = 11520 \text{ Kip.in.} = 960 \text{ Kip.ft.}$$

$$\phi_b M_n = 0,9 \cdot 960 = 864 \text{ Kip.ft.}$$

$$L_p = \frac{300 \cdot r_y}{\sqrt{F_y}} = \frac{300 \cdot 4,02}{\sqrt{36}} = 201 \text{ in} = 16,75 \text{ ft.}$$

$$L_b = 12 \text{ ft.} < L_p = 16,75$$

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{159,084}{1817,248} = 0,087 < 0,2$$

$$P_e = \frac{\pi^2 EA}{(KL/r)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 29000 \cdot 51,8}{51,22^2} = 5651,2999 \text{ Kip.}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{716,148}{2904} \right) = 0,5$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - P_u/P_{ex}} = \frac{0,5}{1 - 159,084/5651,2999} = 0,514 < 1,0 ; \text{ dipakai } B_1 = 1,0$$

$$M_{ux} = B_x \cdot M_{nx} = 1,0 \cdot 2982,104 = 2982,104 \text{ Kip.in} = 248,509 \text{ Kip.ft.}$$

$$\frac{P_u}{2\phi_c P_n} + \left(\frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) = \frac{0,103}{2} + \left(\frac{248,509}{864} \right) = 0,0515 + 0,287 = 0,3385 < 1 \dots \text{ Aman.}$$

```

=====
MICROFEAP-P1          DATE: 04-23-1999          <DATA> P.1
PROJECT : STEEL FRAME          FILENAME: steel
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986          ENGINEER: AHMAD DONNI
=====

```

```

*****
*                               *
*   STRUCTURE DATA   *
*                               *
*****

```

```

**COORDINATE DATA (in)**          **BOUNDARY DATA**
NODE      1-COOR      2-COOR      1-R      2-B      3-B
-----
1         0.00         0.00         L         L         L
2        360.00         0.00         L         L         L
3         0.00        144.00
4        360.00        144.00
5         0.00        288.00
6        360.00        288.00

```

```

**ELEMENT DATA**
ELEM      1-NODE      2-NODE      HINGE      MATERIAL
-----
1         1           3              1
2         2           4              1
3         3           5              1
4         4           6              1
5         3           4              2
6         5           6              3

```

```

**MATERIAL DATA**
MATE      E-MODULUS      AXIAL-AREA      INERTIA
          (Kip/in^2)      (in^2)          (in^4)
-----
1      2.900D+04      5.180D+01      2.140D+03
2      2.900D+04      2.730D+01      2.070D+03
3      2.900D+04      1.670D+01      1.170D+03

```

```

LOAD CASE #1 : DEAD LOAD
**CONCENTRATED LOAD DATA**
ELEM      1-POINT L.      2-POINT L.      DISTANCE
          (Kip)          (Kip)          (in)
-----
5      0.000D+00      -4.370D+01      1.800D+02
6      0.000D+00      -2.405D+01      1.800D+02

```

```

LOAD CASE #1 : DEAD LOAD
**UNIFORM LOAD DATA**
ELEM      1-UNIFORM      2-UNIFORM
          (Kip/in)      (Kip/in)
-----

```

```

=====
MICROFEAP-P1          DATE: 04-23-1999          <DATA> P.2
PROJECT : STEEL FRAME          FILENAME: steel
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986          ENGINEER: AHMAD DONNI
=====

```

LOAD CASE #1 : DEAD LOAD

UNIFORM LOAD DATA

```

ELEM  1-UNIFORM  2-UNIFORM
      (Kip/in)   (Kip/in)
-----

```

```

5  0.000D+00  -2.275D-01
6  0.000D+00  -1.362D-01

```

LOAD CASE #2 : LIFE LOAD

CONCENTRATED LOAD DATA

```

ELEM  1-POINT L.  2-POINT L.  DISTANCE
      (Kip)       (Kip)       (in)
-----

```

```

5  0.000D+00  -4.282D+00  1.800D+02
6  0.000D+00  -1.713D+00  1.800D+02

```

LOAD CASE #2 : LIFE LOAD

UNIFORM LOAD DATA

```

ELEM  1-UNIFORM  2-UNIFORM
      (Kip/in)   (Kip/in)
-----

```

```

5  0.000D+00  -8.700D-02
6  0.000D+00  -3.480D-02

```

LOAD CASE #3 : WIND LOAD

UNIFORM LOAD DATA

```

ELEM  1-UNIFORM  2-UNIFORM
      (Kip/in)   (Kip/in)
-----

```

```

1  7.680D-03  0.000D+00
3  7.680D-03  0.000D+00

```

```

=====
MICROFEAP-P1          DATE: 06-14-1999          <COMB> P.1
PROJECT : STEEL FRAME          FILENAME: steel
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986          ENGINEER: AHMAD DONNI
=====

```

```

*****
*                               *
* COMBINATION                   *
*                               *
*****

```

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>
LOAD FACTOR : 1/0/0

ELEM	MA	HINGE SECTION (in)	AXIAL F. (Kip)	SHEAR (Kip)	MOMENT (Kip-in)
1	1	0.00	-9.9342D+01	-1.8608D+01	9.1212D+02
		36.00	-9.9342D+01	-1.8608D+01	2.4224D+02
		72.00	-9.9342D+01	-1.8608D+01	-4.2764D+02
		108.00	-9.9342D+01	-1.8608D+01	-1.0975D+03
		144.00	-9.9342D+01	-1.8608D+01	-1.7674D+03
2	1	0.00	-9.9342D+01	1.8608D+01	-9.1212D+02
		36.00	-9.9342D+01	1.8608D+01	-2.4224D+02
		72.00	-9.9342D+01	1.8608D+01	4.2764D+02
		108.00	-9.9342D+01	1.8608D+01	1.0975D+03
		144.00	-9.9342D+01	1.8608D+01	1.7674D+03
3	1	0.00	-3.6540D+01	-3.2529D+01	2.3253D+03
		36.00	-3.6540D+01	-3.2529D+01	1.1543D+03
		72.00	-3.6540D+01	-3.2529D+01	-1.6710D+01
		108.00	-3.6540D+01	-3.2529D+01	-1.1877D+03
		144.00	-3.6540D+01	-3.2529D+01	-2.3588D+03
4	1	0.00	-3.6540D+01	3.2529D+01	-2.3253D+03
		36.00	-3.6540D+01	3.2529D+01	-1.1543D+03
		72.00	-3.6540D+01	3.2529D+01	1.6710D+01
		108.00	-3.6540D+01	3.2529D+01	1.1877D+03
		144.00	-3.6540D+01	3.2529D+01	2.3588D+03
5	2	0.00	1.3921D+01	6.2802D+01	-4.0928D+03
		90.00	1.3921D+01	4.2327D+01	6.3805D+02
		180.00	1.3921D+01	-2.1852D+01	3.5261D+03
		270.00	1.3921D+01	-4.2327D+01	6.3805D+02
		360.00	1.3921D+01	-6.2802D+01	-4.0928D+03
6	3	0.00	-3.2529D+01	3.6540D+01	-2.3588D+03
		90.00	-3.2529D+01	2.4282D+01	3.7822D+02
		180.00	-3.2529D+01	-1.2024D+01	2.0120D+03
		270.00	-3.2529D+01	-2.4282D+01	3.7822D+02
		360.00	-3.2529D+01	-3.6540D+01	-2.3588D+03

```

=====
MICROFEAP-P1          DATE: 06-14-1999          <COHB> P.1
PROJECT : STEEL FRAME          FILENAME: steel
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986          ENGINEER: AHMAD DONNI
=====

```

```

*****
*                               *
* COMBINATION                   *
*                               *
*****

```

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>
LOAD FACTOR : 0/1/0

ELEM	HA	HINGE	SECTION (in)	AXIAL F. (Kip)	SHEAR (Kip)	MOMENT (Kip-in)
1	1	0.00		-2.4921D+01	-5.1219D+00	2.4811D+02
		36.00		-2.4921D+01	-5.1219D+00	6.3720D+01
		72.00		-2.4921D+01	-5.1219D+00	-1.2067D+02
		108.00		-2.4921D+01	-5.1219D+00	-3.0506D+02
		144.00		-2.4921D+01	-5.1219D+00	-4.8945D+02
2	1	0.00		-2.4921D+01	5.1219D+00	-2.4811D+02
		36.00		-2.4921D+01	5.1219D+00	-6.3720D+01
		72.00		-2.4921D+01	5.1219D+00	1.2067D+02
		108.00		-2.4921D+01	5.1219D+00	3.0506D+02
		144.00		-2.4921D+01	5.1219D+00	4.8945D+02
3	1	0.00		-7.1205D+00	-6.7806D+00	5.4946D+02
		36.00		-7.1205D+00	-6.7806D+00	3.0536D+02
		72.00		-7.1205D+00	-6.7806D+00	6.1262D+01
		108.00		-7.1205D+00	-6.7806D+00	-1.8284D+02
		144.00		-7.1205D+00	-6.7806D+00	-4.2694D+02
4	1	0.00		-7.1205D+00	6.7806D+00	-5.4946D+02
		36.00		-7.1205D+00	6.7806D+00	-3.0536D+02
		72.00		-7.1205D+00	6.7806D+00	-6.1262D+01
		108.00		-7.1205D+00	6.7806D+00	1.8284D+02
		144.00		-7.1205D+00	6.7806D+00	4.2694D+02
5	2	0.00		1.6587D+00	1.7801D+01	-1.0389D+03
		90.00		1.6587D+00	9.9710D+00	2.1083D+02
		180.00		1.6587D+00	-2.1410D+00	7.5587D+02
		270.00		1.6587D+00	-9.9710D+00	2.1083D+02
		360.00		1.6587D+00	-1.7801D+01	-1.0389D+03
6	3	0.00		-6.7806D+00	7.1205D+00	-4.2694D+02
		90.00		-6.7806D+00	3.9885D+00	7.2964D+01
		180.00		-6.7806D+00	-8.5650D-01	2.9099D+02
		270.00		-6.7806D+00	-3.9885D+00	7.2964D+01
		360.00		-6.7806D+00	-7.1205D+00	-4.2694D+02

```

=====
MICROFEAP-P1      DATE: 06-14-1999      <COMB> P.1
PROJECT : STEEL FRAME      FILENAME: steel
AUTHORITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986      ENGINEER: AHMAD DONNI
=====

```

```

*****
*                               *
* COMBINATION *
*                               *
*****

```

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

LOAD FACTOR : 0/0/1

ELEM	MA	HINGE SECTION (in)	AXIAL F. (Kip)	SHEAR (Kip)	MOMENT (Kip-in)
1	1	0.00	3.9375D-01	1.3898D+00	-9.6168D+01
		36.00	3.9375D-01	1.1133D+00	-5.1113D+01
		72.00	3.9375D-01	8.3680D-01	-1.6012D+01
		108.00	3.9375D-01	5.6032D-01	9.1362D+00
		144.00	3.9375D-01	2.8384D-01	2.4331D+01
2	1	0.00	-3.9375D-01	8.2208D-01	-8.0585D+01
		36.00	-3.9375D-01	8.2208D-01	-5.0990D+01
		72.00	-3.9375D-01	8.2208D-01	-2.1396D+01
		108.00	-3.9375D-01	8.2208D-01	8.1994D+00
		144.00	-3.9375D-01	8.2208D-01	3.7794D+01
3	1	0.00	1.1090D-01	8.7357D-01	-2.7066D+01
		36.00	1.1090D-01	5.9709D-01	-5.9457D-01
		72.00	1.1090D-01	3.2061D-01	1.5924D+01
		108.00	1.1090D-01	4.4126D-02	2.2489D+01
		144.00	1.1090D-01	-2.3235D-01	1.9101D+01
4	1	0.00	-1.1090D-01	2.3235D-01	-1.2634D+01
		36.00	-1.1090D-01	2.3235D-01	-4.2695D+00
		72.00	-1.1090D-01	2.3235D-01	4.0952D+00
		108.00	-1.1090D-01	2.3235D-01	1.2460D+01
		144.00	-1.1090D-01	2.3235D-01	2.0825D+01
5	2	0.00	-5.8973D-01	-2.8285D-01	5.1397D+01
		90.00	-5.8973D-01	-2.8285D-01	2.5941D+01
		180.00	-5.8973D-01	-2.8285D-01	4.8438D-01
		270.00	-5.8973D-01	-2.8285D-01	-2.4972D+01
		360.00	-5.8973D-01	-2.8285D-01	-5.0429D+01
6	3	0.00	-2.3236D-01	-1.1090D-01	1.9101D+01
		90.00	-2.3236D-01	-1.1090D-01	9.1195D+00
		180.00	-2.3236D-01	-1.1090D-01	-8.6191D-01
		270.00	-2.3236D-01	-1.1090D-01	-1.0843D+01
		360.00	-2.3236D-01	-1.1090D-01	-2.0825D+01

KOMBINASI PEMBEBANAN GAYA AKSIAL

Elemen	Section (in)	Beban Mati (Kip)	Beban Hidup (Kip)	Beban Angin (Kip)	1,4D (Kip)	1,2D + 1,6L (Kip)	1,2D +0,5L +1,3W (Kip)	1,2D +0,8W (Kip)	0,9D + 1,3W (Kip)	0,9D - 1,3W (Kip)	Maximum (Kip)	Minimum (Kip)
1	0	-9.93E+01	-2.49E+01	3.94E-01	-1.391E+02	-1.591E+02	-1.312E+02	-1.189E+02	-8.890E+01	-8.992E+01	-1.591E+02	-8.890E+01
	72	-9.93E+01	-2.49E+01	3.94E-01	-1.391E+02	-1.591E+02	-1.312E+02	-1.189E+02	-8.890E+01	-8.992E+01	-1.591E+02	-8.890E+01
	144	-9.93E+01	-2.49E+01	3.94E-01	-1.391E+02	-1.591E+02	-1.312E+02	-1.189E+02	-8.890E+01	-8.992E+01	-1.591E+02	-8.890E+01
2	0	-9.93E+01	-2.49E+01	-3.94E-01	-1.391E+02	-1.591E+02	-1.322E+02	-1.195E+02	-8.992E+01	-8.890E+01	-1.591E+02	-8.890E+01
	72	-9.93E+01	-2.49E+01	-3.94E-01	-1.391E+02	-1.591E+02	-1.322E+02	-1.195E+02	-8.992E+01	-8.890E+01	-1.591E+02	-8.890E+01
	144	-9.93E+01	-2.49E+01	-3.94E-01	-1.391E+02	-1.591E+02	-1.322E+02	-1.195E+02	-8.992E+01	-8.890E+01	-1.591E+02	-8.890E+01
3	0	-3.65E+01	-7.12E+00	1.11E-01	-5.116E+01	-5.524E+01	-4.726E+01	-4.376E+01	-3.274E+01	-3.303E+01	-5.524E+01	-3.274E+01
	72	-3.65E+01	-7.12E+00	1.11E-01	-5.116E+01	-5.524E+01	-4.726E+01	-4.376E+01	-3.274E+01	-3.303E+01	-5.524E+01	-3.274E+01
	144	-3.65E+01	-7.12E+00	1.11E-01	-5.116E+01	-5.524E+01	-4.726E+01	-4.376E+01	-3.274E+01	-3.303E+01	-5.524E+01	-3.274E+01
4	0	-3.65E+01	-7.12E+00	-1.11E-01	-5.116E+01	-5.524E+01	-4.755E+01	-4.394E+01	-3.303E+01	-3.274E+01	-5.524E+01	-3.274E+01
	72	-3.65E+01	-7.12E+00	-1.11E-01	-5.116E+01	-5.524E+01	-4.755E+01	-4.394E+01	-3.303E+01	-3.274E+01	-5.524E+01	-3.274E+01
	144	-3.65E+01	-7.12E+00	-1.11E-01	-5.116E+01	-5.524E+01	-4.755E+01	-4.394E+01	-3.303E+01	-3.274E+01	-5.524E+01	-3.274E+01
5	0	1.39E+01	1.66E+00	-5.90E-01	1.949E+01	1.936E+01	1.677E+01	1.623E+01	1.176E+01	1.330E+01	1.949E+01	1.176E+01
	180	1.39E+01	1.66E+00	-5.90E-01	1.949E+01	1.936E+01	1.677E+01	1.623E+01	1.176E+01	1.330E+01	1.949E+01	1.176E+01
	360	1.39E+01	1.66E+00	-5.90E-01	1.949E+01	1.936E+01	1.677E+01	1.623E+01	1.176E+01	1.330E+01	1.949E+01	1.176E+01
6	0	-3.25E+01	-6.78E+00	-2.32E-01	-4.554E+01	-4.988E+01	-4.273E+01	-3.922E+01	-2.958E+01	-2.897E+01	-4.988E+01	-2.897E+01
	180	-3.25E+01	-6.78E+00	-2.32E-01	-4.554E+01	-4.988E+01	-4.273E+01	-3.922E+01	-2.958E+01	-2.897E+01	-4.988E+01	-2.897E+01
	360	-3.25E+01	-6.78E+00	-2.32E-01	-4.554E+01	-4.988E+01	-4.273E+01	-3.922E+01	-2.958E+01	-2.897E+01	-4.988E+01	-2.897E+01

□

KOMBINASI PEMBEBANAN GAYA GESER

Elemen	Section (in)	Beban Mati (Kip)	Beban Hidup (Kip)	Beban Angin (Kip)	1,4D (Kip)	1,2D + 1,6L (Kip)	1,2D + 0,5L + 1,3W (Kip)	1,2D + 0,8W (Kip)	0,9D + 1,3W (Kip)	0,9D - 1,3W (Kip)	Maximum (Kip)	Minimum (Kip)
1	0	-1.86E+01	-5.12E+00	1.39E+00	-2.605E+01	-3.052E+01	-2.308E+01	-2.122E+01	-1.494E+01	-1.855E+01	-3.052E+01	-1.494E+01
	72	-1.86E+01	-5.12E+00	8.37E-01	-2.605E+01	-3.052E+01	-2.360E+01	-2.166E+01	-1.566E+01	-1.784E+01	-3.052E+01	-1.566E+01
	144	-1.86E+01	-5.12E+00	2.84E-01	-2.605E+01	-3.052E+01	-2.452E+01	-2.210E+01	-1.638E+01	-1.712E+01	-3.052E+01	-1.638E+01
2	0	1.86E+01	5.12E+00	8.22E-01	2.605E+01	3.052E+01	2.596E+01	2.299E+01	1.782E+01	1.568E+01	3.052E+01	1.568E+01
	72	1.86E+01	5.12E+00	8.22E-01	2.605E+01	3.052E+01	2.596E+01	2.299E+01	1.782E+01	1.568E+01	3.052E+01	1.568E+01
	144	1.86E+01	5.12E+00	8.22E-01	2.605E+01	3.052E+01	2.596E+01	2.299E+01	1.782E+01	1.568E+01	3.052E+01	1.568E+01
3	0	-3.25E+01	-6.78E+00	8.74E-01	-4.554E+01	-4.988E+01	-4.129E+01	-3.834E+01	-2.814E+01	-3.041E+01	-4.988E+01	-2.814E+01
	72	-3.25E+01	-6.78E+00	3.21E-01	-4.554E+01	-4.988E+01	-4.201E+01	-3.878E+01	-2.886E+01	-2.969E+01	-4.988E+01	-2.866E+01
	144	-3.25E+01	-6.78E+00	-2.32E-01	-4.554E+01	-4.988E+01	-4.273E+01	-3.922E+01	-2.958E+01	-2.897E+01	-4.988E+01	-2.897E+01
4	0	3.25E+01	6.78E+00	2.32E-01	4.554E+01	4.988E+01	4.273E+01	3.922E+01	2.958E+01	2.897E+01	4.988E+01	2.897E+01
	72	3.25E+01	6.78E+00	2.32E-01	4.554E+01	4.988E+01	4.273E+01	3.922E+01	2.958E+01	2.897E+01	4.988E+01	2.897E+01
	144	3.25E+01	6.78E+00	2.32E-01	4.554E+01	4.988E+01	4.273E+01	3.922E+01	2.958E+01	2.897E+01	4.988E+01	2.897E+01
5	0	6.28E+01	1.78E+01	-2.83E-01	8.792E+01	1.038E+02	8.390E+01	7.514E+01	5.615E+01	5.689E+01	1.038E+02	5.615E+01
	180	-2.19E+01	-2.14E+00	-2.83E-01	-3.059E+01	-2.965E+01	-2.766E+01	-2.645E+01	-2.003E+01	-1.930E+01	-3.059E+01	-1.930E+01
	360	-6.28E+01	-1.78E+01	-2.83E-01	-8.792E+01	-1.038E+02	-8.463E+01	-7.559E+01	-5.689E+01	-5.615E+01	-1.038E+02	-5.615E+01
6	0	3.65E+01	7.12E+00	-1.11E-01	5.116E+01	5.524E+01	4.726E+01	4.376E+01	3.274E+01	3.303E+01	5.524E+01	3.274E+01
	180	-1.20E+01	-8.57E-01	-1.11E-01	-1.663E+01	-1.580E+01	-1.500E+01	-1.452E+01	-1.097E+01	-1.068E+01	-1.663E+01	-1.068E+01
	360	-3.65E+01	-7.12E+00	-1.11E-01	-5.116E+01	-5.524E+01	-4.755E+01	-4.394E+01	-3.303E+01	-3.274E+01	-5.524E+01	-3.274E+01

□

KOMBINASI PEMBEBANAN MOMEN

Elemen	Section (in)	Beban Mati (Kip.in)	Beban Hidup (Kip.in)	Beban Angin (Kip.in)	1,4D (Kip.in)	1,2D + 1,6L (Kip.in)	1,2D +0,5L +1,3W (Kip.in)	1,2D +0,8W (Kip.in)	0,9D + 1,3W (Kip.in)	0,9D - 1,3W (Kip.in)	Maximum (Kip.in)	Minimum (Kip.in)
1	0	9.12E+02	2.48E+02	-9.62E+01	1.277E+03	1.492E+03	1.094E+03	1.016E+03	6.959E+02	9.459E+02	1.492E+03	6.959E+02
	72	-4.28E+02	-1.21E+02	-1.60E+01	-5.987E+02	-7.062E+02	-5.943E+02	-5.260E+02	-4.057E+02	-3.641E+02	-7.062E+02	-3.641E+02
	144	-1.77E+03	-4.89E+02	2.43E+01	-2.474E+03	-2.904E+03	-2.334E+03	-2.101E+03	-1.559E+03	-1.622E+03	-2.904E+03	-1.559E+03
2	0	-9.12E+02	-2.48E+02	-8.06E+01	-1.277E+03	-1.492E+03	-1.323E+03	-1.159E+03	-9.257E+02	-7.161E+02	-1.492E+03	-7.161E+02
	72	4.28E+02	1.21E+02	-2.14E+01	5.987E+02	7.062E+02	5.457E+02	4.961E+02	3.571E+02	4.127E+02	7.062E+02	3.571E+02
	144	1.77E+03	4.89E+02	3.78E+01	2.474E+03	2.904E+03	2.415E+03	2.151E+03	1.640E+03	1.542E+03	2.904E+03	1.542E+03
3	0	2.33E+03	5.49E+02	-2.71E+01	3.255E+03	3.669E+03	3.030E+03	2.769E+03	2.058E+03	2.128E+03	3.669E+03	2.058E+03
	72	-1.67E+01	6.13E+01	1.59E+01	-2.339E+01	7.797E+01	3.128E+01	-7.313E+00	5.662E+00	-3.574E+01	7.797E+01	5.662E+00
	144	-2.36E+03	-4.27E+02	1.91E+01	-3.302E+03	-3.514E+03	-3.019E+03	-2.815E+03	-2.096E+03	-2.148E+03	-3.514E+03	-2.096E+03
4	0	-2.33E+03	-5.49E+02	-1.26E+01	-3.255E+03	-3.669E+03	-3.082E+03	-2.800E+03	-2.109E+03	-2.076E+03	-3.669E+03	-2.076E+03
	72	1.67E+01	-6.13E+01	4.10E+00	2.339E+01	-7.797E+01	-5.255E+00	2.333E+01	2.036E+01	9.715E+00	-7.797E+01	-5.255E+00
	144	2.36E+03	4.27E+02	2.08E+01	3.302E+03	3.514E+03	3.071E+03	2.847E+03	2.150E+03	2.096E+03	3.514E+03	2.096E+03
5	0	-4.09E+03	-1.04E+03	5.14E+01	-5.730E+03	-6.574E+03	-5.364E+03	-4.870E+03	-3.617E+03	-3.750E+03	-6.574E+03	-3.617E+03
	180	3.53E+03	7.56E+02	4.84E-01	4.937E+03	5.441E+03	4.610E+03	4.232E+03	3.174E+03	3.173E+03	5.441E+03	3.173E+03
	360	-4.09E+03	-1.04E+03	-5.04E+01	-5.730E+03	-6.574E+03	-5.496E+03	-4.952E+03	-3.749E+03	-3.618E+03	-6.574E+03	-3.618E+03
6	0	-2.36E+03	-4.27E+02	1.91E+01	-3.302E+03	-3.514E+03	-3.019E+03	-2.815E+03	-2.098E+03	-2.148E+03	-3.514E+03	-2.098E+03
	180	2.01E+03	2.91E+02	-8.62E-01	2.817E+03	2.880E+03	2.559E+03	2.414E+03	1.810E+03	1.812E+03	2.880E+03	1.810E+03
	360	-2.36E+03	-4.27E+02	-2.08E+01	-3.302E+03	-3.514E+03	-3.071E+03	-2.847E+03	-2.150E+03	-2.096E+03	-3.514E+03	-2.096E+03

□

PROSEDUR MENJALANKAN PROGRAM

Eksekusi program analisa struktur dilakukan secara bersama dalam satu kesatuan menu program yang terdiri dari Input data, proses penghitungan dan hasil hitungan yang dibuat dalam file. EXE. Caranya pengoperasian program ini adalah seperti di bawah ini.

1. Analisa Struktur

Ketik AS didirectory program. C:\AS Akan muncul menu program sebagai berikut :

```

                                                    Tanggal : 05-15-1999
                                                    Jam      : 22:29:50

          A N A L I S A   S T R U K T U R
    TUGAS AKHIR JURUSAN TEKNIK SIPIL UII YOGYA
          (DONI & UQI)

-----
          <<< MENU PILIHAN >>>

          1. MASUKKAN DATA
          2. PROSES HITUNGAN
          3. KOREKSI DATA
          4. HASIL HITUNGAN
          5. S E L E S A I

-----
          ==>>> PILIHAN ? _
```

2. Masukkan Data

Pilih salah satu menu pilihan, jika data masukan belum ada maka harus dibuat dahulu dengan menekan no.1 pada menu pilihan. Ketik nama file data masukan:

NAMA FILE DATA (.TXT) : TXT (Enter)

3. Proses Hitungan

Setelah file input data terbentuk maka bisa langsung diproses hitungan dengan menekan no.2 pada menu pilihan. Ketik nama file data dan nama file hasil:

NAMA FILE DATA UNTUK INPUT DATA :TXT (Enter)

NAMA FILE UNTUK OUTPUT :TXT (Enter)

4. Koreksi Data

Jika proses hitungan berjalan lancar dan tidak ada error maka input data sudah benar, jika masih error maka input data masih salah dan perlu dikoreksi dengan menekan no.3 pada menu pilihan. Ketik nama file data yang dikoreksi :

NAMA FILE DATA :TXT (Enter)

5. Hasil Hitungan

Setelah proses hitungan tidak terjadi kesalahan maka hasil hitungan dapat dilihat dengan menekan no.3 pada menu pilihan. Ketik nama file hasil yang akan dilihat:

NAMA FILE DATA UNTUK INPUT DATA HASIL :TXT (Enter)

File hasil ditampilkan di layar atau printer pilih salah satu:

HASIL DITAMPILKAN DI Layar/Printer (L/P)?_

6. Selesai

Jika Analisa Struktur sudah selesai maka pilih no.4 pada menu pilihan untuk mengakhiri program Analisa Struktur.

LISTING PROGRAM KOMPUTER
ANALISA PORTAL SEMI-RIGID

```

CLS
COLOR 12,1
?*****
?*
?*          PROGRAM PORTALSEMI-RIGID          *
?*          Jurusan Teknik Sipil              *
?*          UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA       *
?*
?*
?*          Disusun oleh : Donny Irbantoro & Ahmad Sauqi *
?*****
'
' PROGRAM UTAMA PORTAL BIDANG
'
'   DIM F(6,150),P(3,125),SS(350,25),Q(350),AREA(150),ZI(150)
'   DIM EMOD(150),ELENG(150),C1(150),C2(150),MCODE(6,150),X(2,125)
'   DIM JCODE(3,125),MINC(2,150),NA(150),D(6),DK(6),G(7)
'   DIM DJ(3,125),ALPHA(150),ALBET(150),INDEX(6,6)
'   DIM LJ(4),EM(125),MM(125),ML(125)
'   DIM X1(60,60),P1(60,60),Q1(60),EBX(60),JN(10)
'
'   COLOR 12,1
'   LOCATE 15,10 : INPUT "NAMA FILE UNTUK INPUT DATA :";DT$
'   LOCATE 17,10 : INPUT "NAMA FILE UNTUK OUTPUT      :";HSL$
'
'   OPEN DT$ FOR INPUT AS #1
'   OPEN HSL$ FOR OUTPUT AS #2
'
'   INPUT #1,NE,NJ,NLC
'
'   IF NE <= 150 AND NJ <= 80 THEN
'     FOR LC = 1 TO NLC
'       GOSUB XDATA
'       GOSUB XSYSTEM
'       GOSUB RESULT
'     NEXT LC
'   END IF
'   CLOSE #1
'   CLOSE #2
'   CLS
'   LOCATE 10,30 : COLOR 30,5 : PRINT " S E L E S A I "
'   LOCATE 20,15 : COLOR10,5 : PRINT "dibuat oleh Donny & Sauqi"
'   END
'
' SUB PROGRAM DATA
'
'   XDATA :

```

```

locate 10,2 : color 10,0 : print "Proses Data"
  IF LC = 1 THEN
    GOSUB STRUCT
  END IF
  GOSUB LOAD
  RETURN
'
' SUB PROGRAM STRUCT
'
  STRUCT :
'
  FOR M = 1 TO NE
-----
INPUT #1, I, MINC(1, I), MINC(2, I), AREA(I), ZI(I), EMOD(I), ID(I), ELENG(I), S(I)
-----
  NEXT M
  FOR J = 1 TO NJ
    FOR L = 1 TO 3
      JCODE(L, J)=1
    NEXT L
  NEXT J
-----
  CONSTRAIN :
  INPUT #1, JNUM, JDIR
-----
  IF JNUM >< 0 THEN
    JCODE(JDIR, JNUM)=0
    GOTO CONSTRAIN
  ELSE
    GOSUB PROP
    GOSUB CODES
  END IF
  RETURN
'
' SUB PROGRAM CODES
'
  CODES :
'
  NEQ = 0
  FOR J = 1 TO NJ
    FOR L = 1 TO 3
      IF J=1 THEN
        IF JCODE(L, J) <> 0 THEN
          NEQ=NEQ+1
          JCODE(L, J)=NEQ
        END IF
      ELSE
        IF JCODE(L, J) <> 0 THEN
          IF X(1, J)=X(1, J-1) AND X(2, J)=X(2, J-1) THEN
            IF L <> 3 THEN
              JCODE(L, J)=JCODE(L, J-1)
            ELSE
              NEQ=NEQ+1
              JCODE(L, J)=NEQ
            END IF
          END IF
        END IF
      END IF
    END FOR
  END FOR

```

```

                ELSE
                    IF JCODE(L,J) <> 0 THEN
                        NEQ=NEQ+1
                        JCODE(L,J)=NEQ
                    END IF
                END IF
            END IF
        END IF
    NEXT L
NEXT J
,
' MENYUSUN MCODE
,
    FOR I = 1 TO NE
        J = MINC(1,I)
        K = MINC(2,I)
        FOR L = 1 TO 3
            MCODE(L,I) = JCODE(L,J)
            MCODE(L+3,I) = JCODE(L,K)
        NEXT L
    NEXT I
,
' COMPUTE THE HALF BANDWIDTH "MBAND"
,
    MBD = 0
    FOR II = 1 TO NE
        FOR IJ = 1 TO 6
            FOR IK = IJ+1 TO 6
                K = MCODE(IJ,II)
                L = MCODE(IK,II)
                IF K >> 0 AND L >< 0 THEN
                    MT = ABS(K-L)
                    END IF
                    IF MT > MBD THEN
                        MBD=MT
                    END IF
                NEXT IK
            NEXT IJ
        NEXT II
    RETURN
,
' SUB PROGRAM PROPERTIES
,
    PROP :
,
' INPUT KOORDINAT TITIK BUHUL
,
-----
    FOR K = 1 TO NJ
        INPUT #1,K,X(1,K),X(2,K)
    NEXT K
-----
    FOR I = 1 TO NE
        J = MINC(1,I)
        K = MINC(2,I)
        EL1 = X(1,K)-X(1,J)
        EL2 = X(2,K)-X(2,J)

```



```

      IF ID(I)=1 THEN
        ELENG(I)=(EL1^2 + EL2^2)^0.5
      END IF
      C1(I) = EL1/ELENG(I)
      C2(I) = EL2/ELENG(I)
    NEXT I
  RETURN
,
' SUB PROGRAM LOAD
'
  LOAD :
,
  FOR K = 1 TO NEQ
    Q(K)=0.
  NEXT K
  FOR I = 1 TO NE
    NA(I)=0
    FOR L = 1 TO 6
      F(L, I)=0.
    NEXT L
  NEXT I
  GOSUB JLOAD
  GOSUB MACT
  RETURN
,
' SUB PROGRAM JOINT LOADING
'
  JLOAD :
,
-----
  GAYA :
  INPUT #1, JNUM, JDIR, FORCE
-----
  IF JNUM >< 0 THEN
    K = JCODE(JDIR, JNUM)
    Q(K) = FORCE
    GOTO GAYA
  END IF
,
  RETURN
,
' SUB PROGRAM MEMBER ACTION
'
  MACT :
,
-----
  GAYABAT :
  INPUT #1, MN, MAT, ACT, DIST
-----
  IF MN >< 0 THEN
    NA(MN)=NA(MN)+1
    IF MAT = 1 THEN
      A = DIST/ELENG(MN)
      F(1, MN) = F(1, MN)
      F(2, MN) = F(2, MN) + ACT*(-1.-A^2*(2.*A-3.))
      F(3, MN) = F(3, MN) + ACT*(-DIST*(1.-A)^2)
    
```

```

      F(4,MN) = F(4,MN)
      F(5,MN) = F(5,MN) + ACT*(A^2*(2.*A-3.))
      F(6,MN) = F(6,MN) + ACT*(ELENG(MN)*A^2*(1.-A))
ELSEIF MAT = 2 THEN
      A=DIST/ELENG(MN)
      EL = ELENG(MN)/12.
      XP = ACT*ELENG(MN)
      F(1,MN) = F(1,MN)
      F(2,MN) = F(2,MN) + XP*(-.5*(1.-A^4+2.*A^3-2.*A))
      F(3,MN) = F(3,MN) + XP*(-EL*(1.-3.*A^4+8.*A^3-6.*A^2))
      F(4,MN) = F(4,MN)
      F(5,MN) = F(5,MN) + XP*(-.5*(1.+A^4-2.*A^3))
      F(6,MN) = F(6,MN) + XP*(EL*(1.+3.*A^4-4.*A^3))
END IF
      GOTO GAYABAT
END IF
      GOSUB ASSEMF
      RETURN
,
' SUB PROGRAM ASSEMBLAGE FORCE MATRIX
,
      ASSEMF :
,
' STATEMENT FUNCTION
,
      DEF FNBB(C1I,C2I,FLX,FLY)
          FNBB = C1I*FLX+C2I*FLY
      END DEF
,
      FOR I = 1 TO NE
          IF NA(I) >> 0 THEN
              FOR L = 1 TO 6
                  K=MCODE(L,I)
                  IF K >> 0 THEN
                      IF L = 1 THEN
                          Q(K)=Q(K)-FNBB(C1(I),-C2(I),F(1,I),F(2,I))
                      ELSEIF L = 2 THEN
                          Q(K)=Q(K)-FNBB(C2(I),C1(I),F(1,I),F(2,I))
                      ELSEIF L = 3 THEN
                          Q(K)=Q(K)-F(3,I)
                      ELSEIF L = 4 THEN
                          Q(K)=Q(K)-FNBB(C1(I),-C2(I),F(4,I),F(5,I))
                      ELSEIF L = 5 THEN
                          Q(K)=Q(K)-FNBB(C2(I),C1(I),F(4,I),F(5,I))
                      ELSE
                          Q(K)=Q(K)-F(6,I)
                      END IF
                  END IF
              END IF
          NEXT L
      END IF
      NEXT I
      RETURN
,
' SUB PROGRAM SYSTEM
,
      XSYSTEM :

```

```
locate 11,2 : color 30,0 : print "Proses System"  
  IF LC = 1 THEN  
    GOSUB STIFF  
  END IF  
  GOSUB SOLVE  
  RETURN
```

```
' SUB PROGRAM STIFFNES  
,
```

```
STIFF :
```

```
INDEX(1,1) = 1  
INDEX(1,2) = 2  
INDEX(1,3) = 4  
INDEX(1,4) = -1  
INDEX(1,5) = -2  
INDEX(1,6) = 4  
INDEX(2,1) = 2  
INDEX(2,2) = 3  
INDEX(2,3) = 5  
INDEX(2,4) = -2  
INDEX(2,5) = -3  
INDEX(2,6) = 5  
INDEX(3,1) = 4  
INDEX(3,2) = 5  
INDEX(3,3) = 6  
INDEX(3,4) = -4  
INDEX(3,5) = -5  
INDEX(3,6) = 7  
INDEX(4,1) = -1  
INDEX(4,2) = -2  
INDEX(4,3) = -4  
INDEX(4,4) = 1  
INDEX(4,5) = 2  
INDEX(4,6) = -4  
INDEX(5,1) = -2  
INDEX(5,2) = -3  
INDEX(5,3) = -5  
INDEX(5,4) = 2  
INDEX(5,5) = 3  
INDEX(5,6) = -5  
INDEX(6,1) = 4  
INDEX(6,2) = 5  
INDEX(6,3) = 7  
INDEX(6,4) = -4  
INDEX(6,5) = -5  
INDEX(6,6) = 6
```

```
'  
' FOR J = 1 TO NEQ  
'   FOR I = 1 TO MBD+1  
'     SS(I,J)=0  
'   NEXT I  
' NEXT J  
,
```

```
FOR N = 1 TO NE  
,
```

```

IF ID(N)=1 THEN
  ALPHA(N)=EMOD(N)*ZI(N)/(ELENG(N)^3)
  ALBET(N)=EMOD(N)*AREA(N)/ELENG(N)
  G(1)=ALBET(N)*C1(N)^2+12.*ALPHA(N)*C2(N)^2
  G(2)=ALBET(N)*C1(N)*C2(N)-12.*ALPHA(N)*C1(N)*C2(N)
  G(3)=ALBET(N)*C2(N)^2+12.*ALPHA(N)*C1(N)^2
  G(4)=-ALPHA(N)*6.*ELENG(N)*C2(N)
  G(5)=ALPHA(N)*6.*ELENG(N)*C1(N)
  G(6)=ALPHA(N)*4.*ELENG(N)^2
  G(7)=ALPHA(N)*2.*ELENG(N)^2
  PRINT #2, N
END IF
IF ID(N)=2 THEN
  A(1)=0
  A(2)=0
  A(3)=0
  A(4)=0
  A(5)=0
  A(6)=(4.*EMOD(N)*ZI(N)/ELENG(N))*S(N)
  A(7)=-((4.*EMOD(N)*ZI(N)/ELENG(N))*S(N)
END IF

```

```

' ASSEMBLEGE STIFFNESS (FAKTORISASI)
'

```

```

FOR JE = 1 TO 6
  J=MCODE(JE,N)
  IF J = 0 THEN 20
  FOR IE = JE TO 6
    I=MCODE(IE,N)
    IF I = 0 THEN 10
    K=I-J+1
    L=ABS(INDEX(JE,IE))
    LL=INDEX(JE,IE)/L
    IF ID(N)=2 THEN
      G(I)=A(I)
    END IF
    SS(J,K)=SS(J,K)+G(L)*LL
  10 NEXT IE
20 NEXT JE
30 NEXT N
RETURN

```

```

' SUB PROGRAM SOLVING OF EQUATION
'

```

```

SOLVE :

```

```

IF LC >> 1 THEN 800
HBW=MBD+1
FOR N = 1 TO NEQ
  FOR L = 2 TO HBW
    IF SS(N,L) = 0. THEN 780
    I=N+L-1
    SUS=SS(N,L)/SS(N,1)
    J=0

```

```

        FOR K = L TO HBW
            J=J+1
            SS(I, J)=SS(I, J)-SUS*SS(N, K)
        NEXT K
        SS(N, L)=SUS
780     NEXT L
        NEXT N
    ,
800 FOR N = 1 TO NEQ
        FOR L = 2 TO HBW
            IF SS(N, L) = 0. THEN 820
                I=N+L-1
                Q(I)=Q(I)-SS(N, L)*Q(N)
820     NEXT L
        Q(N)=Q(N)/SS(N, 1)
        NEXT N
    ,
        FOR M = 2 TO NEQ
            N=NEQ+1-M
            FOR L = 2 TO HBW
                IF SS(N, L) = 0. THEN 850
                    K=N+L-1
                    Q(N)=Q(N)-SS(N, L)*Q(K)
850     NEXT L
        NEXT M
        RETURN
    ,
' SUB PROGRAM RESULT
    ,
        RESULT :
    ,
locate 12,2 : color 29,0 : print "Proses Hasil"
        FOR J = 1 TO NJ
            FOR L = 1 TO 3
                P(L, J)=0.
            NEXT L
        NEXT J
    ,
        GOSUB FORCES
        GOSUB XOUTPUT
        RETURN
    ,
' SUB PROGRAM FORCES
    ,
        FORCES :
    ,
        FOR I = 1 TO NE
            GOSUB ELEMF
            GOSUB JOINTF
        NEXT I
        RETURN
    ,
' SUB PROGRAM ELEMENT FORCE
    ,
        ELEMF :
    ,

```

```

FOR L = 1 TO 6
  K=MCODE(L, I)
  IF K >< 0 THEN
    D(L) = Q(K)
  ELSEIF K = 0 THEN
    D(L)=0.
  END IF
NEXT L

DK(1)=C1(I)*D(1)+C2(I)*D(2)
DK(2)=-C2(I)*D(1)+C1(I)*D(2)
DK(3)=D(3)
DK(4)=C1(I)*D(4)+C2(I)*D(5)
DK(5)=-C2(I)*D(4)+C1(I)*D(5)
DK(6)=D(6)

IF ID(I)=1 THEN
  A=EMOD(I)*ZI(I)/(ELENG(I)^3)
  B=EMOD(I)*AREA(I)/ELENG(I)
  F1=B*(DK(1)-DK(4))
  F2=A*(12.*(DK(2)-DK(5))+6.*ELENG(I)*(DK(3)+DK(6)))
  F3=A*(6.*ELENG(I)*(DK(2)-DK(5))+2.*ELENG(I)^2*(2.*DK(3)+DK(6)))
  F6=F2*ELENG(I)-F3
END IF
IF ID(I)=2 THEN
  A=EMOD(I)*ZI(I)/(ELENG(I)^3)
  C=(A*(4.*ELENG(I)^2)*S(I))
  E3=C*(DK(3)-DK(6))
  E6=C*(-DK(3)+DK(6))
END IF

IF ID(I)=1 THEN
  F(1,I)=F(1,I)+F1
  F(2,I)=F(2,I)+F2
  F(3,I)=F(3,I)+F3
  F(4,I)=F(4,I)-F1
  F(5,I)=F(5,I)-F2
  F(6,I)=F(6,I)+F2*ELENG(I)-F3
ELSE
  F(1,I)=0
  F(2,I)=0
  F(3,I)=E3
  F(4,I)=0
  F(5,I)=0
  F(6,I)=E6
END IF
RETURN

SUB PROGRAM JOINT FORCE

JOINTF :

STATEMENT FUNCTION

DEF FNG(C1I,C2I,FLX,FLY)
  FNG = C1I*FLX+C2I*FLY
END DEF

```

```
J=MINC(1,I)
K=MINC(2,I)
```

```
P(1,J)=P(1,J)+FNG(C1(I),-C2(I),F(1,I),F(2,I))
P(2,J)=P(2,J)+FNG(C2(I),C1(I),F(1,I),F(2,I))
P(3,J)=P(3,J)+F(3,I)
```

```
P(1,K)=P(1,K)+FNG(C1(I),-C2(I),F(4,I),F(5,I))
P(2,K)=P(2,K)+FNG(C2(I),C1(I),F(4,I),F(5,I))
P(3,K)=P(3,K)+F(6,I)
```

```
RETURN
```

```
SUB PROGRAM OUTPUT
```

```
XOUTPUT :
```

```
PRINT #2, SPC(6) USING "KONDISI PEMBEBANAN = ###";LC
PRINT #2,
```

```
PRINT #2, SPC(6) STRING$(47,"=")
PRINT #2, SPC(18) "PERPINDAHAN TITIK BUHUL"
PRINT #2, SPC(6) STRING$(47,"=")
PRINT #2, SPC(6) "TITIK ARAH SUMB X ARAH SUMB Y PERPUTARAN"
PRINT #2, SPC(6) STRING$(47,"-")
FOR I = 1 TO NJ
```

```
  FOR J = 1 TO 3
    K=JCODE(J,I)
    IF K >< 0 THEN
      DJ(J,I)=Q(K)
    ELSEIF K = 0 THEN
      DJ(J,I)=0.
    END IF
  NEXT J
```

```
PRINT #2, SPC(6) USING "#####";I;
PRINT #2, USING " #####.#####";DJ(1,I),DJ(2,I),DJ(3,I)
NEXT I
PRINT #2, SPC(6) STRING$(47,"-")
PRINT #2,
PRINT #2,
```

```
PRINT #2, SPC(6) STRING$(73,"=")
PRINT #2, SPC(34) "GAYA-GAYA BATANG"
PRINT #2, SPC(6) STRING$(73,"=")
PRINT #2, SPC(6) "BATANG " SPC(3) "AXIAL" SPC(7) "GESER" SPC(6) "MOMEN";
PRINT #2, SPC(6) "AXIAL" SPC(7) "GESER" SPC(5) "MOMEN"
PRINT #2, SPC(6) STRING$(73,"-")
```

```
FOR K = 1 TO NE
  PRINT #2, SPC(6) USING"#####";K;
  PRINT #2, USING" #####.#####";F(1,K),F(2,K),F(3,K);
  PRINT #2, USING" #####.#####";F(4,K),F(5,K),F(6,K)
NEXT K
PRINT #2, SPC(6) STRING$(73,"-")
PRINT #2,
```

```
PRINT #2, SPC(6) STRING$(49, "=")
PRINT #2, SPC(20) "GAYA-GAYA TITIK BUHUL"
PRINT #2, SPC(6) STRING$(49, "=")
PRINT #2, SPC(6) " TITIK      ARAH SUMB X      ARAH SUMB Y      M O M E N"
PRINT #2, SPC(6) STRING$(49, "-")
FOR J = 1 TO NJ
  PRINT #2, SPC(6) USING"####";J;
  PRINT #2, USING"   #####.####";P(1,J), USING"   ####.####"; P(2,J),
  PRINT #2, USING"   #.#####^ ^ ^ ^";P(3,J)
NEXT J
PRINT #2, SPC(6) STRING$(49, "-")
PRINT #2,

RETURN
```


PEDOMAN ISIAN INPUT DATA PROGRAM INP-DATA

1. Data Struktur dan Jenis Beban

NE	NJ	NLC
----	----	-----

NE = Jumlah batang

NJ = Jumlah titik buhul

NLC = Jumlah kondisi pembebanan (maksimal 3)

1. Beban Hidup
2. Baban Mati
3. Beban Angin/Gempa

2. Data Boundary dan Material

I	MINC(1,I)	MINC(2,I)	AREA(I)	ZI(I)	EMOD(I)	ID(I)	ELENG(I)	S(I)
---	-----------	-----------	---------	-------	---------	-------	----------	------

I = Nomor batang

MINC(1,I) = Nomor titik buhul awal batang

MINC(2,I) = Nomor titik buhul akhir batang

AREA(I) = Luas tampang batang

ZI(I) = Momen inerti batang

EMOD(I) = Modulus elastisitas batang

ID(I) = Jenis batang [1] Biasa, [2] Spring

ELENG(I) = Panjang batang

S(1) = Jika batang Spring isi faktor kekakuan (jika batang biasa isi dengan angka nol (0))

3. Data Kekangan Titik Buhul

JNUM	JDIR
------	------

JNUM = Nomor titik buhul

JDIR = Arah kekangan sb x (1), sb y (2), mom (3)

1. Arah sb x/Horisintal
2. Arah sb y/Vertikal
3. Momen

Catatan :

- b. Arah Reaksi Dukungan berupa sendi, berarti arah reaksinya adalah 1 dan 2
- c. Bila dukungannya berupa Jepit maka arah reaksinya adalah 1,2 dan 3.
- d. Sebagai akhir data tulis angka nol (0).

4. Data Koordinat Batang

K	X(1,K)	X(2,K)
---	--------	--------

K = Nomor titik buhul/Joint

X(1,K) = Koordinat Joint arah x

X(2,K) = Koordinat Joint arah y

Catatan : Sebagai akhir data tulis angka nol (0).

5. Data Beban pada Titik Buhul

JNUM	JDIR	FORCE
------	------	-------

JNUM = Nomor titik buhul

JDIR = Arah gaya sb x(1), sb y(2), momen(3)

FORCE = Besar gaya

6. Beban pada Batang

MN	MAT	ACT	DIST
----	-----	-----	------

MN = Nomor batang

MAT = Jenis beban [1] beban titik, [2] beban merata

ACT = Besar beban

DIST = Jarak dari kiri

Perhitungan Portal Semi-Rigid Menggunakan Program Komputer

1. Data Masukan (*input*)

10,10,3
1,1,2,51.8,2140,29000,1,144,0
2,2,3,27.3,2070,29000,2,360,0.6
3,3,9,27.3,2070,29000,1,360,0
4,2,4,51.8,2140,29000,1,144,0
5,4,5,16.7,1170,29000,2,360,0.4
6,5,6,16.7,1170,29000,1,360,0
7,6,7,16.7,1170,29000,2,360,0.4
8,7,8,51.8,2140,29000,1,144,0
9,8,9,27.3,2070,29000,2,360,0.6
10,8,10,51.8,2140,29000,1,144,0
1,1
1,2
1,3
10,1
10,2
10,3
0,0
1,0,0
2,0,144
3,0,144
4,0,288
5,0,288
6,360,288
7,360,288
8,360,144
9,360,144
10,360,0
0,0,0
3,1,-43.704,180
6,1,24.040,180
3,2,-.2275000065565109,0
6,2,-.1362,0
0,0,0,0
0,0,0
3,1,-4.282,180
6,1,-1.713,180
3,2,-0.087,0
6,2,-0.0348,0
0,0,0,0
0,0,0
1,2,0.00768,0
4,2,0.00768,0
0,0,0,0

2. Hasil Hitungan (output)

KONDISI PEMBEBANAN = 1

PERPINDAHAN TITIK BUHUL			
TITIK	ARAH SUMB X	ARAH SUMB Y	PERPUTARAN
1	0.00000	0.00000	0.00000
2	-0.00122	-0.00952	-0.00060
3	-0.00122	-0.00952	-0.00635
4	0.00608	-0.01303	-0.00042
5	0.00608	-0.01303	-0.00771
6	-0.00608	-0.01303	0.00771
7	-0.00608	-0.01303	0.00042
8	0.00122	-0.00952	0.00060
9	0.00122	-0.00952	0.00635
10	0.00000	0.00000	0.00000

GAYA-GAYA BATANG						
BATANG	AXIAL	GESER	MOMEN	AXIAL	GESER	MOMEN
1	99.3420	-11.0068	-535.6053	-99.3420	11.0068	-1049.3796
2	0.0000	0.0000	2304.4868	0.0000	0.0000	-2304.4868
3	-5.3472	62.8020	2304.4871	5.3472	62.8020	-2304.4871
4	36.5400	-16.3540	-1255.1072	-36.5400	16.3540	-1099.8716
5	0.0000	0.0000	1099.8715	0.0000	0.0000	-1099.8715
6	16.3540	36.5400	1099.8713	-16.3540	36.5400	-1099.8708
7	0.0000	0.0000	1099.8716	0.0000	0.0000	-1099.8716
8	36.5400	16.3540	1099.8715	-36.5400	-16.3540	1255.1067
9	0.0000	0.0000	-2304.4868	0.0000	0.0000	2304.4868
10	99.3420	11.0068	1049.3798	-99.3420	-11.0068	535.6052

GAYA-GAYA TITIK BUHUL			
TITIK	ARAH SUMB X	ARAH SUMB Y	M O M E N
1	11.0068	99.3420	-5.3561E+02
2	5.3472	-62.8020	0.0000E+00
3	-5.3472	62.8020	2.4414E-04
4	-16.3540	-36.5400	-1.2207E-04
5	16.3540	36.5400	-1.2207E-04
6	-16.3540	36.5400	7.3242E-04
7	16.3540	-36.5400	-1.2207E-04
8	-5.3472	-62.8020	-3.6621E-04
9	5.3472	62.8020	-2.4414E-04
10	-11.0068	99.3420	5.3561E+02

KONDISI PEMBEBANAN = 2

PERPINDAHAN TITIK BUHUL			
TITIK	ARAH SUMB X	ARAH SUMB Y	PERPUTARAN
1	0.00000	0.00000	0.00000
2	-0.00010	-0.00239	-0.00017
3	-0.00010	-0.00239	-0.00163
4	0.00128	-0.00307	-0.00005
5	0.00128	-0.00307	-0.00136
6	-0.00128	-0.00307	0.00136
7	-0.00128	-0.00307	0.00005
8	0.00010	-0.00239	0.00017
9	0.00010	-0.00239	0.00163
10	0.00000	0.00000	0.00000

GAYA-GAYA BATANG						
BATANG	AXIAL	GESER	MOMEN	AXIAL	GESER	MOMEN
1	24.9215	-2.9985	-144.5505	-24.9215	2.9985	-287.2321
2	0.0000	0.0000	587.5005	0.0000	0.0000	-587.5005
3	-0.4577	17.8010	587.5005	0.4577	17.8010	-587.5005
4	7.1205	-3.4562	-300.2683	-7.1205	3.4562	-197.4276
5	0.0000	0.0000	197.4276	0.0000	0.0000	-197.4276
6	3.4562	7.1205	197.4276	-3.4562	7.1205	-197.4275
7	0.0000	0.0000	197.4276	0.0000	0.0000	-197.4276
8	7.1205	3.4562	197.4276	-7.1205	-3.4562	300.2683
9	0.0000	0.0000	-587.5005	0.0000	0.0000	587.5005
10	24.9215	2.9985	287.2322	-24.9215	-2.9985	144.5505

GAYA-GAYA TITIK BUHUL			
TITIK	ARAH SUMB X	ARAH SUMB Y	M O M E N
1	2.9985	24.9215	-1.4455E+02
2	0.4577	-17.8010	6.1035E-05
3	-0.4577	17.8010	0.0000E+00
4	-3.4562	-7.1205	1.5259E-05
5	3.4562	7.1205	1.5259E-05
6	-3.4562	7.1205	1.5259E-04
7	3.4562	-7.1205	-1.5259E-05
8	-0.4577	-17.8010	-3.0518E-05
9	0.4577	17.8010	0.0000E+00
10	-2.9985	24.9215	1.4455E+02

KONDISI PEMBEBANAN = 3

 =====
 PERPINDAHAN TITIK BUHUL
 =====

TITIK	ARAH SUMB X	ARAH SUMB Y	PERPUTARAN
1	0.00000	0.00000	0.00000
2	-0.01147	-0.00002	0.00011
3	-0.01147	-0.00002	0.00003
4	-0.02854	-0.00003	0.00011
5	-0.02854	-0.00003	0.00002
6	-0.02837	0.00003	0.00003
7	-0.02837	0.00003	0.00012
8	-0.01120	0.00002	0.00011
9	-0.01120	0.00002	0.00003
10	0.00000	0.00000	0.00000

 =====
 GAYA-GAYA BATANG
 =====

BATANG	AXIAL	GESER	MOMEN	AXIAL	GESER	MOMEN
1	0.2499	-1.3876	-121.9694	-0.2499	0.2816	1.7860
2	0.0000	0.0000	32.0366	0.0000	0.0000	-32.0366
3	-0.5952	0.1764	32.0366	0.5952	-0.1764	31.4575
4	0.0735	-0.8768	-33.8226	-0.0735	-0.2291	-12.8160
5	0.0000	0.0000	12.8160	0.0000	0.0000	-12.8160
6	-0.2291	0.0735	12.8160	0.2291	-0.0735	13.6417
7	0.0000	0.0000	-13.6417	0.0000	0.0000	13.6417
8	-0.0735	-0.2291	-13.6417	0.0735	0.2291	-19.3454
9	0.0000	0.0000	31.4575	0.0000	0.0000	-31.4575
10	-0.2499	-0.8243	-12.1122	0.2499	0.8243	-106.5819

 =====
 GAYA-GAYA TITIK BUHUL
 =====

TITIK	ARAH SUMB X	ARAH SUMB Y	M O M E N
1	1.3876	0.2499	-1.2197E+02
2	0.5952	-0.1764	-3.8147E-06
3	-0.5952	0.1764	0.0000E+00
4	0.2291	-0.0735	-3.5286E-05
5	-0.2291	0.0735	0.0000E+00
6	0.2291	-0.0735	2.8610E-06
7	-0.2291	0.0735	-3.2425E-05
8	-0.5952	0.1764	-7.7248E-05
9	0.5952	-0.1764	3.8147E-06
10	0.8243	-0.2499	-1.0658E+02

A. Kasus 1**1. Data Masukan (input)**

10,10,3
1,1,2,51.8,2140,29000,1,144,0
2,2,3,27.3,2070,29000,2,360,0.6
3,3,9,27.3,2070,29000,1,360,0
4,2,4,51.8,2140,29000,1,144,0
5,4,5,16.7,1170,29000,2,360,0.6
6,5,6,16.7,1170,29000,1,360,0
7,6,7,16.7,1170,29000,2,360,0.6
8,7,8,51.8,2140,29000,1,144,0
9,8,9,27.3,2070,29000,2,360,0.6
10,8,10,51.8,2140,29000,1,144,0
1,1
1,2
1,3
10,1
10,2
10,3
0,0
1,0,0
2,0,144
3,0,144
4,0,288
5,0,288
6,360,288
7,360,288
8,360,144
9,360,144
10,360,0
0,0,0
3,1,-43.704,180
6,1,-24.048,180
3,2,-.2275000065565109,0
6,2,-.1362,0
0,0,0,0
0,0,0
3,1,-4.282,180
6,1,-1.713,180
3,2,-0.087,0
6,2,-0.0348,0
0,0,0,0
0,0,0
1,2,0.00768,0
4,2,0.00768,0
0,0,0,0

2. Hasil Hitungan (output)

KONDISI PEMBEBANAN = 1

PERPINDAHAN TITIK BUHUL			
TITIK	ARAH SUMB X	ARAH SUMB Y	PERPUTARAN
1	0.00000	0.00000	0.00000
2	-0.00179	-0.00952	-0.00056
3	-0.00179	-0.00952	-0.00633
4	0.00683	-0.01303	-0.00058
5	0.00683	-0.01303	-0.00647
6	-0.00683	-0.01303	0.00647
7	-0.00683	-0.01303	0.00058
8	0.00179	-0.00952	0.00056
9	0.00179	-0.00952	0.00633
10	0.00000	0.00000	0.00000

GAYA-GAYA BATANG						
BATANG	AXIAL	GESER	MOMEN	AXIAL	GESER	MOMEN
1	99.3420	-10.5053	-514.9625	-99.3420	10.5053	-997.7976
2	0.0000	0.0000	2311.0164	0.0000	0.0000	-2311.0164
3	-7.8691	62.8020	2311.0166	7.8691	62.8020	-2311.0171
4	36.5400	-18.3744	-1313.2186	-36.5400	18.3744	-1332.6924
5	0.0000	0.0000	1332.6924	0.0000	0.0000	-1332.6924
6	18.3744	36.5400	1332.6923	-18.3744	36.5400	-1332.6920
7	0.0000	0.0000	1332.6924	0.0000	0.0000	-1332.6924
8	36.5400	18.3744	1332.6925	-36.5400	-18.3744	1313.2185
9	0.0000	0.0000	-2311.0161	0.0000	0.0000	2311.0161
10	99.3421	10.5053	997.7974	-99.3421	-10.5053	514.9623

GAYA-GAYA TITIK BUHUL			
TITIK	ARAH SUMB X	ARAH SUMB Y	M O M E N
1	10.5053	99.3420	-5.1496E+02
2	7.8691	-62.8020	1.2207E-04
3	-7.8691	62.8020	2.4414E-04
4	-18.3744	-36.5400	0.0000E+00
5	18.3744	36.5400	-1.2207E-04
6	-18.3744	36.5400	3.6621E-04
7	18.3744	-36.5400	1.2207E-04
8	-7.8691	-62.8020	-1.8311E-04
9	7.8691	62.8020	-9.7656E-04
10	-10.5053	99.3421	5.1496E+02

KONDISI PEMBEBANAN = 2

PERPINDAHAN TITIK BUHUL			
TITIK	ARAH SUMB X	ARAH SUMB Y	PERPUTARAN
1	0.00000	0.00000	0.00000
2	-0.00021	-0.00239	-0.00016
3	-0.00021	-0.00239	-0.00163
4	0.00142	-0.00307	-0.00008
5	0.00142	-0.00307	-0.00113
6	-0.00142	-0.00307	0.00113
7	-0.00142	-0.00307	0.00008
8	0.00021	-0.00239	0.00016
9	0.00021	-0.00239	0.00163
10	0.00000	0.00000	0.00000

GAYA-GAYA BATANG						
BATANG	AXIAL	GESER	MOMEN	AXIAL	GESER	MOMEN
1	24.9215	-2.9085	-140.8451	-24.9215	2.9085	-277.9732
2	0.0000	0.0000	588.6725	0.0000	0.0000	-588.6725
3	-0.9104	17.8010	588.6725	0.9104	17.8010	-588.6727
4	7.1205	-3.8189	-310.6993	-7.1205	3.8189	-239.2191
5	0.0000	0.0000	239.2191	0.0000	0.0000	-239.2191
6	3.8189	7.1205	239.2191	-3.8189	7.1205	-239.2190
7	0.0000	0.0000	239.2191	0.0000	0.0000	-239.2191
8	7.1205	3.8189	239.2192	-7.1205	-3.8189	310.6993
9	0.0000	0.0000	-588.6724	0.0000	0.0000	588.6724
10	24.9215	2.9085	277.9731	-24.9215	-2.9085	140.8450

GAYA-GAYA TITIK BUHUL			
TITIK	ARAH SUMB X	ARAH SUMB Y	M O M E N
1	2.9085	24.9215	-1.4085E+02
2	0.9104	-17.8010	3.0518E-05
3	-0.9104	17.8010	-6.1035E-05
4	-3.8189	-7.1205	1.5259E-05
5	3.8189	7.1205	-3.0518E-05
6	-3.8189	7.1205	1.2207E-04
7	3.8189	-7.1205	1.5259E-05
8	-0.9104	-17.8010	-3.0518E-05
9	0.9104	17.8010	-3.0518E-04
10	-2.9085	24.9215	1.4085E+02

KONDISI PEMBEBANAN = 3

PERPINDAHAN TITIK BUHUL			
TITIK	ARAH SUMB X	ARAH SUMB Y	PERPUTARAN
1	0.00000	0.00000	0.00000
2	-0.01117	-0.00002	0.00011
3	-0.01117	-0.00002	0.00003
4	-0.02716	-0.00003	0.00010
5	-0.02716	-0.00003	0.00003
6	-0.02699	0.00003	0.00003
7	-0.02699	0.00003	0.00011
8	-0.01090	0.00002	0.00011
9	-0.01090	0.00002	0.00003
10	0.00000	0.00000	0.00000

GAYA-GAYA BATANG						
BATANG	AXIAL	GESER	MOMEN	AXIAL	GESER	MOMEN
1	0.2597	-1.3878	-120.2039	-0.2597	0.2818	-0.0067
2	0.0000	0.0000	30.8564	0.0000	0.0000	-30.8564
3	-0.5942	0.1698	30.8564	0.5942	-0.1698	30.2823
4	0.0899	-0.8761	-30.8498	-0.0899	-0.2298	-15.6798
5	0.0000	0.0000	15.6797	0.0000	0.0000	-15.6797
6	-0.2298	0.0899	15.6797	0.2298	-0.0899	16.6803
7	0.0000	0.0000	-16.6803	0.0000	0.0000	16.6803
8	-0.0899	-0.2298	-16.6803	0.0899	0.2298	-16.4161
9	0.0000	0.0000	30.2823	0.0000	0.0000	-30.2823
10	-0.2597	-0.8241	-13.8662	0.2597	0.8241	-104.8009

GAYA-GAYA TITIK BUHUL			
TITIK	ARAH SUMB X	ARAH SUMB Y	M O M E N
1	1.3878	0.2597	-1.2020E+02
2	0.5942	-0.1698	-2.6703E-05
3	-0.5942	0.1698	-1.9073E-06
4	0.2298	-0.0899	-6.2943E-05
5	-0.2298	0.0899	4.7684E-06
6	0.2298	-0.0899	1.9073E-06
7	-0.2298	0.0899	-1.9073E-06
8	-0.5942	0.1698	-3.8147E-05
9	0.5942	-0.1698	3.8147E-06
10	0.8241	-0.2597	-1.0480E+02

KOMBINASI PEMBEBANAN GAYA AKSIAL

Elemen	Section (in)	Beban Mati (Kip)	Beban Hidup (Kip)	Beban Angin (Kip)	1,4D (Kip.in)	1,2D + 1,6L (Kip.in)	1,2D + 0,5L + 1,3W (Kip.in)	1,2D + 0,8W (Kip.in)	0,9D + 1,3W (Kip.in)	0,9D - 1,3W (Kip.in)	Maximum (Kip.in)	Minimum (Kip.in)
1	0	-99.342	-24.9215	-0.2597	-1.391E+02	-1.591E+02	-1.320E+02	-1.194E+02	-8.975E+01	-8.907E+01	-1.591E+02	-8.907E+01
	72	-99.342	-24.9215	-0.2597	-1.391E+02	-1.591E+02	-1.320E+02	-1.194E+02	-8.975E+01	-8.907E+01	-1.591E+02	-8.907E+01
	144	-99.342	-24.9215	-0.2597	-1.391E+02	-1.591E+02	-1.320E+02	-1.194E+02	-8.975E+01	-8.907E+01	-1.591E+02	-8.907E+01
2	0	-99.3421	-24.9215	0.2597	-1.391E+02	-1.591E+02	-1.313E+02	-1.190E+02	-8.907E+01	-8.975E+01	-1.591E+02	-8.907E+01
	72	-99.3421	-24.9215	0.2597	-1.391E+02	-1.591E+02	-1.313E+02	-1.190E+02	-8.907E+01	-8.975E+01	-1.591E+02	-8.907E+01
	144	-99.3421	-24.9215	0.2597	-1.391E+02	-1.591E+02	-1.313E+02	-1.190E+02	-8.907E+01	-8.975E+01	-1.591E+02	-8.907E+01
3	0	-36.54	-7.1205	-0.0899	-5.116E+01	-5.524E+01	-4.753E+01	-4.392E+01	-3.300E+01	-3.277E+01	-5.524E+01	-3.277E+01
	72	-36.54	-7.1205	-0.0899	-5.116E+01	-5.524E+01	-4.753E+01	-4.392E+01	-3.300E+01	-3.277E+01	-5.524E+01	-3.277E+01
	144	-36.54	-7.1205	-0.0899	-5.116E+01	-5.524E+01	-4.753E+01	-4.392E+01	-3.300E+01	-3.277E+01	-5.524E+01	-3.277E+01
4	0	-36.54	-7.1205	0.0899	-5.116E+01	-5.524E+01	-4.729E+01	-4.378E+01	-3.277E+01	-3.300E+01	-5.524E+01	-3.277E+01
	72	-36.54	-7.1205	0.0899	-5.116E+01	-5.524E+01	-4.729E+01	-4.378E+01	-3.277E+01	-3.300E+01	-5.524E+01	-3.277E+01
	144	-36.54	-7.1205	0.0899	-5.116E+01	-5.524E+01	-4.729E+01	-4.378E+01	-3.277E+01	-3.300E+01	-5.524E+01	-3.277E+01
5	0	7.8691	0.9104	0.5942	1.102E+01	1.090E+01	1.067E+01	9.918E+00	7.855E+00	6.310E+00	1.102E+01	6.310E+00
	180	7.8691	0.9104	0.5942	1.102E+01	1.090E+01	1.067E+01	9.918E+00	7.855E+00	6.310E+00	1.102E+01	6.310E+00
	360	7.8691	0.9104	0.5942	1.102E+01	1.090E+01	1.067E+01	9.918E+00	7.855E+00	6.310E+00	1.102E+01	6.310E+00
6	0	-18.3744	-3.8189	0.2298	-2.572E+01	-2.816E+01	-2.366E+01	-2.187E+01	-1.624E+01	-1.684E+01	-2.816E+01	-1.624E+01
	180	-18.3744	-3.8189	0.2298	-2.572E+01	-2.816E+01	-2.366E+01	-2.187E+01	-1.624E+01	-1.684E+01	-2.816E+01	-1.624E+01
	360	-18.3744	-3.8189	0.2298	-2.572E+01	-2.816E+01	-2.366E+01	-2.187E+01	-1.624E+01	-1.684E+01	-2.816E+01	-1.624E+01

KOMBINASI PEMBEBANAN GAYA GESER

Elemen	Section (in)	Beban Mati (Kip.in)	Beban Hidup (Kip.in)	Beban Angin (Kip.in)	1,4D (Kip.in)	1,2D + 1,6L (Kip.in)	1,2D +0,5L +1,3W (Kip.in)	1,2D +0,8W (Kip.in)	0,9D + 1,3W (Kip.in)	0,9D - 1,3W (Kip.in)	Maximum (Kip.in)	Minimum (Kip.in)
1	0	-10.5053	-2.9085	-1.3873	-1.471E+01	-1.726E+01	-1.586E+01	-1.372E+01	-1.126E+01	-7.651E+00	-1.726E+01	-7.651E+00
	72	-10.5053	-2.9085	-0.553	-1.471E+01	-1.726E+01	-1.478E+01	-1.305E+01	-1.017E+01	-8.736E+00	-1.726E+01	-8.736E+00
	144	-10.5053	-2.9085	-0.2819	-1.471E+01	-1.726E+01	-1.443E+01	-1.283E+01	-9.821E+00	-9.088E+00	-1.726E+01	-9.088E+00
2	0	10.5053	2.9085	-0.8241	1.471E+01	1.726E+01	1.299E+01	1.195E+01	8.383E+00	1.053E+01	1.726E+01	8.383E+00
	72	10.5053	2.9085	-0.8241	1.471E+01	1.726E+01	1.299E+01	1.195E+01	8.383E+00	1.053E+01	1.726E+01	8.383E+00
	144	10.5053	2.9085	-0.8241	1.471E+01	1.726E+01	1.299E+01	1.195E+01	8.383E+00	1.053E+01	1.726E+01	8.383E+00
3	0	-18.3744	-3.8189	-0.8761	-2.572E+01	-2.816E+01	-2.510E+01	-2.275E+01	-1.768E+01	-1.540E+01	-2.816E+01	-1.540E+01
	72	-18.3744	-3.8189	-0.3232	-2.572E+01	-2.816E+01	-2.438E+01	-2.231E+01	-1.696E+01	-1.612E+01	-2.816E+01	-1.612E+01
	144	-18.3744	-3.8189	0.2299	-2.572E+01	-2.816E+01	-2.366E+01	-2.187E+01	-1.624E+01	-1.684E+01	-2.816E+01	-1.624E+01
4	0	18.3744	3.8189	-0.2233	2.572E+01	2.816E+01	2.366E+01	2.187E+01	1.624E+01	1.684E+01	2.816E+01	1.624E+01
	72	18.3744	3.8189	-0.2233	2.572E+01	2.816E+01	2.366E+01	2.187E+01	1.624E+01	1.684E+01	2.816E+01	1.624E+01
	144	18.3744	3.8189	-0.2233	2.572E+01	2.816E+01	2.366E+01	2.187E+01	1.624E+01	1.684E+01	2.816E+01	1.624E+01
5	0	62.802	17.801	0.16	8.792E+01	1.038E+02	8.448E+01	7.550E+01	5.674E+01	5.630E+01	1.038E+02	5.630E+01
	180	62.802	17.801	0.16	8.792E+01	1.038E+02	8.448E+01	7.550E+01	5.674E+01	5.630E+01	1.038E+02	5.630E+01
	360	-62.802	-17.801	0.16	-8.792E+01	-1.038E+02	-8.404E+01	-7.523E+01	-5.630E+01	-5.674E+01	-1.038E+02	-5.630E+01
6	0	36.54	7.1205	0.0899	5.116E+01	5.524E+01	4.753E+01	4.392E+01	3.300E+01	3.277E+01	5.524E+01	3.277E+01
	180	36.54	7.1205	0.0899	5.116E+01	5.524E+01	4.753E+01	4.392E+01	3.300E+01	3.277E+01	5.524E+01	3.277E+01
	360	-36.54	-7.1205	0.0899	-5.116E+01	-5.524E+01	-4.729E+01	-4.378E+01	-3.277E+01	-3.300E+01	-5.524E+01	-3.277E+01

KOMBINASI PEMBEBANAN MOMEN

Elemen	Section (in)	Beban Mati (Kip.in)	Beban Hidup (Kip.in)	Beban Angin (Kip.in)	1,4D (Kip.in)	1,2D + 1,6L (Kip.in)	1,2D +0,5L +1,3W (Kip.in)	1,2D +0,8W (Kip.in)	0,9D + 1,3W (Kip.in)	0,9D - 1,3W (Kip.in)	Maximum (Kip.in)	Minimum (Kip.in)
1	0	514.9625	140.8451	120.2039	7.209E+02	8.433E+02	8.446E+02	7.141E+02	6.197E+02	3.072E+02	8.446E+02	3.072E+02
	72	-241.4176	-68.5641	66.7341	-3.360E+02	-3.994E+02	-2.372E+02	-2.363E+02	-1.305E+02	-3.040E+02	-3.994E+02	-3.994E+02
	144	-997.7976	-277.9732	-0.0067	-1.397E+03	-1.642E+03	-1.336E+03	-1.197E+03	-8.980E+02	-8.980E+02	-1.642E+03	-8.980E+02
2	0	-514.9623	-140.845	104.8009	-7.209E+02	-8.433E+02	-5.521E+02	-5.341E+02	-3.272E+02	-5.997E+02	-8.433E+02	-3.272E+02
	72	241.4176	68.5641	-127.1737	3.380E+02	3.994E+02	1.587E+02	1.880E+02	5.195E+01	3.826E+02	3.994E+02	5.195E+01
	144	997.7974	277.9731	-13.8662	1.397E+03	1.642E+03	1.318E+03	1.186E+03	8.800E+02	9.160E+02	1.642E+03	8.800E+02
3	0	1313.2186	310.6993	30.8498	1.839E+03	2.073E+03	1.771E+03	1.601E+03	1.222E+03	1.142E+03	2.073E+03	1.142E+03
	72	-9.7369	35.7401	14.2205	-1.363E+01	4.550E+01	2.467E+01	-3.079E-01	9.723E+00	-2.725E+01	4.550E+01	-2.725E+01
	144	-1332.6924	-239.2191	-15.6798	-1.866E+03	-1.982E+03	-1.739E+03	-1.612E+03	-1.220E+03	-1.179E+03	-1.982E+03	-1.179E+03
4	0	-1313.2185	-310.6993	16.4161	-1.839E+03	-2.073E+03	-1.710E+03	-1.563E+03	-1.161E+03	-1.203E+03	-2.073E+03	-1.161E+03
	72	9.737	-35.7401	-0.1321	1.363E+01	-4.550E+01	-6.357E+00	1.158E+01	8.592E+00	8.935E+00	-4.550E+01	-4.550E+01
	144	1332.6925	239.2192	-16.6803	1.866E+03	1.982E+03	1.697E+03	1.586E+03	1.178E+03	1.221E+03	1.982E+03	1.178E+03
5	0	-2311.0166	-588.6725	-30.8564	-3.235E+03	-3.715E+03	-3.108E+03	-2.798E+03	-2.120E+03	-2.040E+03	-3.715E+03	-2.040E+03
	180	5161.8603	855.1801	-0.2871	7.227E+03	7.563E+03	6.621E+03	6.194E+03	4.645E+03	4.646E+03	7.563E+03	4.645E+03
	360	-2311.0171	-588.6727	30.2823	-3.235E+03	-3.715E+03	-3.028E+03	-2.749E+03	-2.041E+03	-2.119E+03	-3.715E+03	-2.041E+03
6	0	-1332.6923	-239.2191	-15.6797	-1.866E+03	-1.982E+03	-1.739E+03	-1.612E+03	-1.220E+03	-1.179E+03	-1.982E+03	-1.179E+03
	180	2899.7999	342.09	0.5003	4.060E+03	4.027E+03	3.651E+03	3.480E+03	2.610E+03	2.609E+03	4.060E+03	2.609E+03
	360	-1332.692	-239.219	16.8803	-1.866E+03	-1.982E+03	-1.697E+03	-1.586E+03	-1.178E+03	-1.221E+03	-1.982E+03	-1.178E+03

B. Kasus 2**1. Data Masukan (*input*)**

10,10,3
1,1,2,51.8,2140,29000,1,144,0
2,2,3,27.3,2070,29000,2,360,0.4
3,3,9,27.3,2070,29000,1,360,0
4,2,4,51.8,2140,29000,1,144,0
5,4,5,16.7,1170,29000,2,360,0.4
6,5,6,16.7,1170,29000,1,360,0
7,6,7,16.7,1170,29000,2,360,0.4
8,7,8,51.8,2140,29000,1,144,0
9,8,9,27.3,2070,29000,2,360,0.4
10,8,10,51.8,2140,29000,1,144,0
1,1
1,2
1,3
10,1
10,2
10,3
0,0
1,0,0
2,0,144
3,0,144
4,0,288
5,0,288
6,360,288
7,360,288
8,360,144
9,360,144
10,360,0
0,0,0
3,1,-43.704,180
6,1,-24.048,180
3,2,-.2275000065565109,0
6,2,-.1362,0
0,0,0,0
0,0,0
3,1,-4.282,180
6,1,-1.713,180
3,2,-0.087,0
6,2,-0.0348,0
0,0,0,0
0,0,0
1,2,0.00768,0
4,2,0.00768,0
0,0,0,0

2. Hasil Hitungan (output)

KONDISI PEMBEBANAN = 1

 =====
 PERPINDAHAN TITIK BUHUL
 =====

TITIK	ARAH SUMB X	ARAH SUMB Y	PERPUTARAN
1	0.00000	0.00000	0.00000
2	-0.00147	-0.00952	-0.00046
3	-0.00147	-0.00952	-0.00757
4	0.00561	-0.01303	-0.00048
5	0.00561	-0.01303	-0.00774
6	-0.00561	-0.01303	0.00774
7	-0.00561	-0.01303	0.00048
8	0.00147	-0.00952	0.00046
9	0.00147	-0.00952	0.00757
10	0.00000	0.00000	0.00000

 =====
 GAYA-GAYA BATANG
 =====

BATANG	AXIAL	GESER	MOMEN	AXIAL	GESER	MOMEN
1	99.3420	-8.6270	-422.8922	-99.3420	8.6270	-819.3932
2	0.0000	0.0000	1897.8966	0.0000	0.0000	-1897.8966
3	-6.4641	62.8020	1897.8967	6.4641	62.8020	-1897.8972
4	36.5400	-15.0911	-1078.5035	-36.5400	15.0911	-1094.6154
5	0.0000	0.0000	1094.6156	0.0000	0.0000	-1094.6156
6	15.0911	36.5400	1094.6155	-15.0911	36.5400	-1094.6155
7	0.0000	0.0000	1094.6156	0.0000	0.0000	-1094.6156
8	36.5400	15.0911	1094.6155	-36.5400	-15.0911	1078.5033
9	0.0000	0.0000	-1897.8965	0.0000	0.0000	1897.8965
10	99.3420	8.6270	819.3931	-99.3420	-8.6270	422.8922

 =====
 GAYA-GAYA TITIK BUHUL
 =====

TITIK	ARAH SUMB X	ARAH SUMB Y	M O M E N
1	8.6270	99.3420	-4.2289E+02
2	6.4641	-62.8020	-1.2207E-04
3	-6.4641	62.8020	1.2207E-04
4	-15.0911	-36.5400	2.4414E-04
5	15.0911	36.5400	-1.2207E-04
6	-15.0911	36.5400	1.2207E-04
7	15.0911	-36.5400	-1.2207E-04
8	-6.4641	-62.8020	-6.1035E-05
9	6.4641	62.8020	-7.3242E-04
10	-8.6270	99.3420	4.2289E+02

KONDISI PEMBEBANAN = 2

PERPINDAHAN TITIK BUHUL			
TITIK	ARAH SUMB X	ARAH SUMB Y	PERPUTARAN
1	0.00000	0.00000	0.00000
2	-0.00017	-0.00239	-0.00013
3	-0.00017	-0.00239	-0.00194
4	0.00116	-0.00307	-0.00006
5	0.00116	-0.00307	-0.00136
6	-0.00116	-0.00307	0.00136
7	-0.00116	-0.00307	0.00006
8	0.00017	-0.00239	0.00013
9	0.00017	-0.00239	0.00194
10	0.00000	0.00000	0.00000

GAYA-GAYA BATANG						
BATANG	AXIAL	GESER	MOMEN	AXIAL	GESER	MOMEN
1	24.9215	-2.3918	-115.8157	-24.9215	2.3918	-228.6000
2	0.0000	0.0000	483.8454	0.0000	0.0000	-483.8454
3	-0.7425	17.8010	483.8453	0.7425	17.8010	-483.8452
4	7.1205	-3.1343	-255.2454	-7.1205	3.1343	-196.0877
5	0.0000	0.0000	196.0877	0.0000	0.0000	-196.0877
6	3.1343	7.1205	196.0877	-3.1343	7.1205	-196.0877
7	0.0000	0.0000	196.0877	0.0000	0.0000	-196.0877
8	7.1205	3.1343	196.0877	-7.1205	-3.1343	255.2454
9	0.0000	0.0000	-483.8454	0.0000	0.0000	483.8454
10	24.9215	2.3918	228.6000	-24.9215	-2.3918	115.8156

GAYA-GAYA TITIK BUHUL			
TITIK	ARAH SUMB X	ARAH SUMB Y	M O M E N
1	2.3918	24.9215	-1.1582E+02
2	0.7425	-17.8010	0.0000E+00
3	-0.7425	17.8010	-3.0518E-05
4	-3.1343	-7.1205	1.5259E-05
5	3.1343	7.1205	4.5776E-05
6	-3.1343	7.1205	1.5259E-05
7	3.1343	-7.1205	-1.5259E-05
8	-0.7425	-17.8010	1.5259E-05
9	0.7425	17.8010	1.5259E-04
10	-2.3918	24.9215	1.1582E+02

KONDISI PEMBEBANAN = 3

PERPINDAHAN TITIK BUHUL			
TITIK	ARAH SUMB X	ARAH SUMB Y	PERPUTARAN
1	0.00000	0.00000	0.00000
2	-0.01228	-0.00002	0.00012
3	-0.01228	-0.00002	0.00003
4	-0.03082	-0.00003	0.00012
5	-0.03082	-0.00003	0.00002
6	-0.03065	0.00003	0.00003
7	-0.03065	0.00003	0.00013
8	-0.01201	0.00002	0.00012
9	-0.01201	0.00002	0.00003
10	0.00000	0.00000	0.00000

GAYA-GAYA BATANG						
BATANG	AXIAL	GESER	MOMEN	AXIAL	GESER	MOMEN
1	0.2227	-1.3873	-126.8522	-0.2227	0.2813	6.7119
2	0.0000	0.0000	26.0274	0.0000	0.0000	-26.0274
3	-0.5953	0.1433	26.0274	0.5953	-0.1433	25.5505
4	0.0794	-0.8767	-32.7393	-0.0794	-0.2292	-13.8763
5	0.0000	0.0000	13.8763	0.0000	0.0000	-13.8763
6	-0.2292	0.0794	13.8763	0.2292	-0.0794	14.7034
7	0.0000	0.0000	-14.7034	0.0000	0.0000	14.7034
8	-0.0794	-0.2292	-14.7034	0.0794	0.2292	-18.3064
9	0.0000	0.0000	25.5505	0.0000	0.0000	-25.5505
10	-0.2227	-0.8246	-7.2441	0.2227	0.8246	-111.4931

GAYA-GAYA TITIK BUHUL			
TITIK	ARAH SUMB X	ARAH SUMB Y	M O M E N
1	1.3873	0.2227	-1.2685E+02
2	0.5953	-0.1433	3.8147E-06
3	-0.5953	0.1433	1.9073E-06
4	0.2292	-0.0794	1.9073E-06
5	-0.2292	0.0794	0.0000E+00
6	0.2292	-0.0794	-1.9073E-06
7	-0.2292	0.0794	-4.7684E-06
8	-0.5953	0.1433	-4.4823E-05
9	0.5953	-0.1433	0.0000E+00
10	0.8246	-0.2227	-1.1149E+02

KOMBINASI PEMBEBANAN GAYA AKSIAL

Elemen	Section (in)	Beban Mati (Kip)	Beban Hidup (Kip)	Beban Angin (Kip)	1,4D (Kip.in)	1,2D + 1,6L (Kip.in)	1,2D + 0,5L + 1,3W (Kip.in)	1,2D + 0,8W (Kip.in)	0,9D + 1,3W (Kip.in)	0,9D - 1,3W (Kip.in)	Maximum (Kip.in)	Minimum (Kip.in)
1	0	-99.342	-24.9215	-0.2227	-1.391E+02	-1.591E+02	-1.320E+02	-1.194E+02	-8.970E+01	-8.912E+01	-1.591E+02	-8.912E+01
	72	-99.342	-24.9215	-0.2227	-1.391E+02	-1.591E+02	-1.320E+02	-1.194E+02	-8.970E+01	-8.912E+01	-1.591E+02	-8.912E+01
	144	-99.342	-24.9215	-0.2227	-1.391E+02	-1.591E+02	-1.320E+02	-1.194E+02	-8.970E+01	-8.912E+01	-1.591E+02	-8.912E+01
2	0	-99.342	-24.9215	0.2227	-1.391E+02	-1.591E+02	-1.314E+02	-1.190E+02	-8.912E+01	-8.970E+01	-1.591E+02	-8.912E+01
	72	-99.342	-24.9215	0.2227	-1.391E+02	-1.591E+02	-1.314E+02	-1.190E+02	-8.912E+01	-8.970E+01	-1.591E+02	-8.912E+01
	144	-99.342	-24.9215	0.2227	-1.391E+02	-1.591E+02	-1.314E+02	-1.190E+02	-8.912E+01	-8.970E+01	-1.591E+02	-8.912E+01
3	0	-36.54	-7.1205	-0.0794	-5.116E+01	-5.524E+01	-4.751E+01	-4.391E+01	-3.299E+01	-3.278E+01	-5.524E+01	-3.278E+01
	72	-36.54	-7.1205	-0.0794	-5.116E+01	-5.524E+01	-4.751E+01	-4.391E+01	-3.299E+01	-3.278E+01	-5.524E+01	-3.278E+01
	144	-36.54	-7.1205	-0.0794	-5.116E+01	-5.524E+01	-4.751E+01	-4.391E+01	-3.299E+01	-3.278E+01	-5.524E+01	-3.278E+01
4	0	-36.54	-7.1205	0.0794	-5.116E+01	-5.524E+01	-4.731E+01	-4.378E+01	-3.278E+01	-3.299E+01	-5.524E+01	-3.278E+01
	72	-36.54	-7.1205	0.0794	-5.116E+01	-5.524E+01	-4.731E+01	-4.378E+01	-3.278E+01	-3.299E+01	-5.524E+01	-3.278E+01
	144	-36.54	-7.1205	0.0794	-5.116E+01	-5.524E+01	-4.731E+01	-4.378E+01	-3.278E+01	-3.299E+01	-5.524E+01	-3.278E+01
5	0	6.4641	0.7425	0.5953	9.050E+00	8.945E+00	8.902E+00	8.233E+00	6.592E+00	5.044E+00	9.050E+00	5.044E+00
	180	6.4641	0.7425	0.5953	9.050E+00	8.945E+00	8.902E+00	8.233E+00	6.592E+00	5.044E+00	9.050E+00	5.044E+00
	360	6.4641	0.7425	0.5953	9.050E+00	8.945E+00	8.902E+00	8.233E+00	6.592E+00	5.044E+00	9.050E+00	5.044E+00
6	0	-15.0911	-3.1343	0.2292	-2.113E+01	-2.312E+01	-1.938E+01	-1.793E+01	-1.328E+01	-1.388E+01	-2.312E+01	-1.328E+01
	180	-15.0911	-3.1343	0.2292	-2.113E+01	-2.312E+01	-1.938E+01	-1.793E+01	-1.328E+01	-1.388E+01	-2.312E+01	-1.328E+01
	360	-15.0911	-3.1343	0.2292	-2.113E+01	-2.312E+01	-1.938E+01	-1.793E+01	-1.328E+01	-1.388E+01	-2.312E+01	-1.328E+01

KOMBINASI PEMBEBANAN GAYA GESER

Elemen	Section (in)	Beban Mati (Kip.in)	Beban Hidup (Kip.in)	Beban Angin (Kip.in)	1,4D (Kip.in)	1,2D + 1,6L (Kip.in)	1,2D +0,5L +1,3W (Kip.in)	1,2D +0,8W (Kip.in)	0,9D + 1,3W (Kip.in)	0,9D - 1,3W (Kip.in)	Maximum (Kip.in)	Minimum (Kip.in)
1	0	-8.627	-2.3918	-1.3873	-1.208E+01	-1.418E+01	-1.335E+01	-1.146E+01	-9.568E+00	-5.961E+00	-1.418E+01	-5.961E+00
	72	-8.627	-2.3918	-1.3873	-1.208E+01	-1.418E+01	-1.335E+01	-1.146E+01	-9.568E+00	-5.961E+00	-1.418E+01	-5.961E+00
	144	-8.627	-2.3918	-0.2813	-1.208E+01	-1.418E+01	-1.191E+01	-1.058E+01	-8.130E+00	-7.399E+00	-1.418E+01	-7.399E+00
2	0	8.627	2.3918	-0.8246	1.208E+01	1.418E+01	1.048E+01	9.693E+00	6.692E+00	8.836E+00	1.418E+01	6.692E+00
	72	8.627	2.3918	-0.8246	1.208E+01	1.418E+01	1.048E+01	9.693E+00	6.692E+00	8.836E+00	1.418E+01	6.692E+00
	144	8.627	2.3918	-0.8246	1.208E+01	1.418E+01	1.048E+01	9.693E+00	6.692E+00	8.836E+00	1.418E+01	6.692E+00
3	0	-15.0911	-3.1343	-0.8767	-2.113E+01	-2.312E+01	-2.082E+01	-1.881E+01	-1.472E+01	-1.244E+01	-2.312E+01	-1.244E+01
	72	-15.0911	-3.1343	-0.8767	-2.113E+01	-2.312E+01	-2.082E+01	-1.881E+01	-1.472E+01	-1.244E+01	-2.312E+01	-1.244E+01
	144	-15.0911	-3.1343	0.2292	-2.113E+01	-2.312E+01	-1.938E+01	-1.793E+01	-1.328E+01	-1.388E+01	-2.312E+01	-1.328E+01
4	0	15.0911	3.1343	-0.2292	2.113E+01	2.312E+01	1.938E+01	1.793E+01	1.328E+01	1.388E+01	2.312E+01	1.328E+01
	72	15.0911	3.1343	-0.2292	2.113E+01	2.312E+01	1.938E+01	1.793E+01	1.328E+01	1.388E+01	2.312E+01	1.328E+01
	144	15.0911	3.1343	-0.2292	2.113E+01	2.312E+01	1.938E+01	1.793E+01	1.328E+01	1.388E+01	2.312E+01	1.328E+01
5	0	62.802	17.801	0.1433	8.792E+01	1.038E+02	8.445E+01	7.548E+01	5.671E+01	5.634E+01	1.038E+02	5.634E+01
	180	62.802	17.801	0.1433	8.792E+01	1.038E+02	8.445E+01	7.548E+01	5.671E+01	5.634E+01	1.038E+02	5.634E+01
	360	-62.802	-17.801	0.1433	-8.792E+01	-1.038E+02	-8.408E+01	-7.525E+01	-5.634E+01	-5.671E+01	-1.038E+02	-5.634E+01
6	0	36.54	7.1205	0.0794	5.116E+01	5.524E+01	4.751E+01	4.391E+01	3.299E+01	3.278E+01	5.524E+01	3.278E+01
	180	36.54	7.1205	0.0794	5.116E+01	5.524E+01	4.751E+01	4.391E+01	3.299E+01	3.278E+01	5.524E+01	3.278E+01
	360	-36.54	-7.1205	0.0794	-5.116E+01	-5.524E+01	-4.731E+01	-4.378E+01	-3.278E+01	-3.299E+01	-5.524E+01	-3.278E+01

KOMBINASI PEMBEBANAN MOMEN

Elemen	Section (in)	Beban Mati (Kip.in)	Beban Hidup (Kip.in)	Beban Angin (Kip.in)	1,4D (Kip.in)	1,2D + 1,6L (Kip.in)	1,2D +0,5L +1,3W (Kip.in)	1,2D +0,8W (Kip.in)	0,9D + 1,3W (Kip.in)	0,9D - 1,3W (Kip.in)	Maximum (Kip.in)	Minimum (Kip.in)
1	0	422.8922	115.8157	126.8522	5.920E+02	6.928E+02	7.303E+02	6.090E+02	5.455E+02	2.157E+02	7.303E+02	2.157E+02
	72	-198.2505	-56.39215	66.7057	-2.776E+02	-3.281E+02	-1.794E+02	-1.845E+02	-9.171E+01	-2.651E+02	-3.281E+02	-9.171E+01
	144	-819.3932	-228.6	6.7119	-1.147E+03	-1.349E+03	-1.089E+03	-9.779E+02	-7.287E+02	-7.462E+02	-1.349E+03	-7.287E+02
2	0	-422.8922	-115.8156	111.4931	-5.920E+02	-6.928E+02	-4.204E+02	-4.183E+02	-2.357E+02	-5.255E+02	-6.928E+02	-2.357E+02
	72	198.25045	56.3922	52.1245	2.776E+02	3.281E+02	3.339E+02	2.796E+02	2.462E+02	1.107E+02	3.339E+02	1.107E+02
	144	819.3931	228.6	-7.2441	1.147E+03	1.349E+03	1.088E+03	9.775E+02	7.280E+02	7.469E+02	1.349E+03	7.280E+02
3	0	1078.5035	255.2454	32.7393	1.510E+03	1.703E+03	1.464E+03	1.320E+03	1.013E+03	9.281E+02	1.703E+03	9.281E+02
	72	-8.05595	29.57685	16.067	-1.128E+01	3.766E+01	2.601E+01	3.186E+00	1.364E+01	-2.614E+01	3.766E+01	3.186E+00
	144	-1094.6154	-196.0877	-13.8763	-1.532E+03	-1.627E+03	-1.430E+03	-1.325E+03	-1.003E+03	-9.671E+02	-1.627E+03	-9.671E+02
4	0	-1078.5033	-255.2454	18.3064	-1.510E+03	-1.703E+03	-1.398E+03	-1.280E+03	-9.469E+02	-9.945E+02	-1.703E+03	-9.469E+02
	72	8.0561	-29.57685	1.8015	1.128E+01	-3.766E+01	-2.780E+00	1.111E+01	9.592E+00	4.909E+00	-3.766E+01	-2.780E+00
	144	1094.6155	196.0877	-14.7034	1.532E+03	1.627E+03	1.352E+03	1.302E+03	9.660E+02	1.004E+03	1.627E+03	9.660E+02
5	0	-1897.8967	-483.8453	-26.0274	-2.657E+03	-3.052E+03	-2.553E+03	-2.298E+03	-1.742E+03	-1.674E+03	-3.052E+03	-1.674E+03
	180	5161.8598	855.18	-0.23845	7.227E+03	7.563E+03	6.622E+03	6.194E+03	4.645E+03	4.646E+03	7.563E+03	4.645E+03
	360	-1897.8972	-483.8452	25.5505	-2.657E+03	-3.052E+03	-2.486E+03	-2.257E+03	-1.675E+03	-1.741E+03	-3.052E+03	-1.675E+03
6	0	-1094.6155	-196.0877	-13.8763	-1.532E+03	-1.627E+03	-1.430E+03	-1.325E+03	-1.003E+03	-9.671E+02	-1.627E+03	-9.671E+02
	180	2899.8	342.09	0.41355	4.060E+03	4.027E+03	3.651E+03	3.480E+03	2.610E+03	2.609E+03	4.060E+03	2.609E+03
	360	-1094.6155	-196.0877	14.7034	-1.532E+03	-1.627E+03	-1.392E+03	-1.302E+03	-9.660E+02	-1.004E+03	-1.627E+03	-9.660E+02