

TUGAS AKHIR

ANALISIS DAKTILITAS STRUKTUR PORTAL BAJA

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
Untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
Derajat Sarjana Teknik Sipil



Disusun Oleh:

Ashuri Indro Purnomo

No. Mhs: 93 310 139

NIRM: 930051013114120136

Wiwik Yulastuti

No. Mhs: 93 310 155

NIRM: 930051013114120152

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2000**

TUGAS AKHIR

**ANALISIS DAKTALITAS
STRUKTUR PORTAL BAJA**

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
Untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
Derajat Sarjana Teknik Sipil

Disusun Oleh:

Ashuri Indro Purnomo

No. Mhs: 93 310 139

NIRM: 930051013114120136

Wiwik Yuliasuti

No. Mhs: 93 310 139

NIRM: 930051013114120152

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGJAKARTA
2000**

TUGAS AKHIR

**ANALISIS DAKTILITAS
STRUKTUR PORTAL BAJA**

Disusun Oleh:

Ashuri Indro Purnomo

No. Mhs: 93 310 139

NIRM: 930051013114120136

Wiwik Yuliasuti

No. Mhs: 93 310 155

NIRM: 930051013114120152

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Ir. H. SUSASTRAWAN, MS
Dosen Pembimbing I



Tanggal: 13 - 6 - 2022

Ir. Fathkurrohman NS, MT
Dosen Pembimbing II



Tanggal: 13 - 06 - 2022

LEMBAR MOTTO

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain dan hanya kepada Tuhan-mulah kamu berharap.(QS Alam Nasroh: 68)

Sungguhpun sulit lebih baik dimulai daripada tidak sama sekali.(Penulis)

0216 426 9010

LEMBAR PERSEMBAHAN

- Firstly my Ibu and Bapak, I love you both very much and could never ever repay you two for your love and patient.
 - Kak Okky, Mba' Prie thanks for you support...and two nephews Kevin"Pinpon" ama Ivan yang lincah thank buatku mengenal duniamu.
 - Two beautiful sisters Arin"Rindo" and Mety"Tiktok", what can I say, you've always been there for me, thank you.
 - Teguh... thank you for being yourself and talking me as who I am and I'm so lucky to have you.
 - To all of my close friends in Yogja... Ali thanks for help me so much too... Ami thanks,"what would I do without you?" and sorry jadiinmu bolos kuliah AS-4. I hope our friendship will lost forever.
 - My kost family'Dzakirah'... De' Arum "yuk anterin lagi!" and sorry buatmu ketiduran di warnet'Boom'... De' Anggi thanks for your sweet room "tidurku jadi nyaman oi!"... De' Novi "candanya kencingin lagi aza yuk!"... De' Anis "kapan foto-foto lagi?"... De' Ida "mau lagi dong lantingnya!"... De' Vin "nonton TV lagi yuk!"... De' Liza "buatin teh manis lagi dong and kacanya buat aku ya?"... De' Hani "kapan ke Kediriinya?"... I thank you for that.
 - My friends... De' Indah thanks for kartu perpust-nya and bayarin dendanya... Erwin "nasi kuningnya enak lho!"... De' Lenny thank to print barunya jadiin hasil terbaikku... Mba' Aniek "si kecil nakal ya? and jalan-jalan lagi yuk!"... De' Maya "copy-annya hilang gimana?"... De' Hety, De' Ning, De' Ikus, De' Rahma, De' Rini "sorry ngrepotinmu"...Tresna, Sutri "hello"... De' Erna "bukunya buatku aja ya?"... Ahmat "sorry ngrepotinmu oi!"... Sahala thank to teksbook-nya... De' Rahardi...Mas Seno thanks kolaknya... Dandung thanks to pagi-paginya... Ashuri temen TA-ku "kau melatih kesabaranku!"... Mas Tri. I can not thank you enough for all.
 - My class friends... Mimi "hallo and bell lagi dong!"... Ana thanks for your spirit... Luwes "kapan midnight lagi nih!". Thanks for the good times!

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum wr. wb.

Alhamdulillah *alamin*, segala puji ke-hadirat Alloh SWT yang telah memberikan taufiq serta hidayah-Nya kepada penyusun, sehingga dengan diiringi ridho-Nya penyusun dapat menyelesaikan tugas akademik berupa tugas akhir ini.

Tugas akhir ini diselesaikan untuk melengkapi syarat untuk memperoleh jenjang kesarjanaan pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Selama masa penyelesaian tugas akhir ini, penyusun memperoleh banyak bantuan berupa bimbingan dan masukan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Susastrawan, M.S., selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
2. Bapak Ir. Fatkhurrohman Nursodik, M.T., selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. Widodo, MSCE, Ph. D., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Ir. Tadjuddin BMA, M.S., selaku ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak, Ibu, Kakak, dan Adik-adik yang telah banyak memberikan dukungan,
6. Teguh yang banyak membantu membuat program dan memberikan dukungan,
7. Teman-teman yang telah banyak memberikan bantuan dan dorongan,
8. Semua pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan ini.

Kepada semua pihak yang tersebut diatas, penyusun hanya dapat mendo'akan semoga segala bantuan akan mendapat balasan rahmat dan hidayah dari Alloh SWT.

Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua. *Amiin.*

Wassalamu' alaikum wr. wb.

Yogyakarta, Juni 2000

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
ABSTRAKSI.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	3
1.2 Batasan Masalah.....	2
1.3 Perumusan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Keaslian	4
1.6 Manfaat.....	4
1.7 Metode Studi.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Karakteristik Baja.....	6
2.2 Sendi plastis	7
2.3 Teorema Plastis	9
2.4 Metode Statis.....	11
2.5 Metode Mekanisme.....	12
2.6 Keruntuhan Struktur.....	12
2.7 Daktilitas	13

BAB III LANDASAN TEORI	15
3.1 Metode Plastis untuk Analisa Struktur	15
3.1.1 Momen Plastis.....	15
3.1.2 Momen Leleh	16
3.1.3 Faktor Bentuk	17
3.1.4 Faktor Beban.....	18
3.1.5 Metode Statis	18
3.1.6 Metode Mekanisme.....	21
3.2 Analisa Elastis dengan Metode Perpindahan Matriks.....	23
3.2.1 Deformasi Aksial.....	23
3.2.2 Deformasi Lentur	23
3.2.3 Deformasi Aksial dan Lentur	24
3.2.4 Transformasi Koordinat	24
3.2.5 <i>Internal Displacement</i>	26
3.2.6 Matrik Kekakuan Batang.....	26
3.2.7 Prosedur Perhitungan.....	27
3.2.8 <i>Joint Forces</i>	29
3.3 Daktilitas	29
3.3.1 Daktilitas Simpangan	29
3.3.2 Daktilitas Kurvatur	29
 BAB IV METODE PENELITIAN.....	 32
4.1 Data Struktur	32
4.2 Analisa Penelitian.....	32
4.3 Model Struktur.....	32
 BAB V ANALISIS STRUKTUR.....	 35
5.1 Pembebanan Struktur	35
5.2 Analisa Pembebanan	36
5.2.1 Metode Statis.....	36

5.2.2 Metode Mekanisme	37
5.3 Analisa Perhitungan Momen Plastis	42
5.4 Perhitungan Momen Leleh.....	43
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN	44
6.1 Umum	44
6.2 Perbandingan Deformasi dan Faktor Beban.....	44
6.3 Perhitungan Daktilitas.....	47
6.3.1 Daktilitas Simpangan.....	47
6.3.2 Daktilitas Kurvatur.....	48
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	55
7.1 Kesimpulan	55
7.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

6.1 Faktor beban dan deformasi model 1 dan model 2.....	44
6.2 Faktor beban dan deformasi model 3 dan model 4.....	45
6.3 Daktilitas simpangan.....	47
6.4 Nilai rotasi sendi plastis model 1.....	48
6.5 Nilai rotasi sendi plastis model 2.....	48
6.6 Nilai rotasi sendi plastis model 3.....	48
6.7 Nilai rotasi sendi plastis model 4.....	49
6.8 Panjang sendi plastis.....	52
6.9 Daktilitas kurvatur.....	54

DAFTAR GAMBAR

2.1	Hubungan tegangan –regangan bilinier.....	7
2.2	Peningkatan plastisitas pada suatu penampang.....	8
3.1	Profil baja DIN tampang I	16
3.2	Ilustrasi metode statis.....	20
3.3	Ilustrasi metode mekanisme.....	22
3.4	Deformasi aksial batang	23
3.5	Deformasi lentur.....	23
3.6	Deformasi aksial dan lentur	24
3.7	Transformasi koordinat	25
3.8	Metode <i>matrixs displacement</i> dengan beban pada batang.....	28
3.9	Deformasi batang pada struktur.....	31
3.10	Gaya-gaya yang bekerja pada struktur.....	31
4.1	Model ukuran struktur model	33
5.1	Model struktur 1 tingkat	35
5.2	Model struktur 2 tingkat	35
6.1	Grafik deformasi-faktor beban pada model 1 dan model 2	46
6.2	Grafik deformasi-faktor beban pada model 3 dan model 4	46
6.3	Jumlah dan letak sendi plastis model 1 dan model 2.....	49
6.4	Jumlah dan letak sendi plastis model 3 dan model 4.....	50

*,

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 : <i>Flowchart</i> program	58
LAMPIRAN 2 : Input data model 1, 2, 3, dan 4.	60
LAMPIRAN 3 : Program komputer (bahasa Pascal)	67
LAMPIRAN 4 : <i>Out put</i> program komputer (bahasa Pascal)	80
LAMPIRAN 5 : Validasi program SAP 90	100

DAFTAR NOTASI

σ	= tegangan (<i>stress</i>)
ϵ	= regangan (<i>strain</i>)
l_0	= panjang batang awal
n	= panjang batang setelah mendapat beban
r	= derajat statis tak tentu atau redundan
Z_e	= modulus elastis
Z_p	= modulus plastis
σ_y	= tegangan leleh bahan
σ_0	= tegangan bahan
M_y	= momen leleh
M_p	= momen plastis
M_c	= momen ultimit
v	= faktor bentuk
γ	= faktor beban
D	= tinggi profil
bf	= lebar sayap
tf	= tebal sayap
tw	= tebal badan profil
C	= koefisien
L	= panjang batang
P	= beban pada struktur
X	= redundan
θ	= rotasi sendi plastis
f	= gaya batang
d	= deformasi
$d_1; d_4$	= deformasi <i>internal</i>
$d_3; d_6$	= deformasi <i>eksternal</i>

L_0	= panjang momen plastis
L_p	= panjang sendi plastis
μ	= daktilitas simpangan
ϕ	= daktilitas kurvatur
$\Delta\mu$	= deformasi ultimit pada saat akan runtuh
Δy	= deformasi pertama pada batas elastis
ϕ_u	= daktilitas kurvatur total
ϕ_y	= daktilitas kurvatur pada batas elastis
A	= luas batang
E	= modulus elastis batang
I	= momen inersia
k	= kekakuan batang
f^d	= gaya dalam
k^l	= matriks kekakuan batang pada koordinat lokal
d^l	= <i>displacement</i> ujung tiap batang pada koordinat lokal
K	= matriks kekakuan sistem struktur
F	= matriks beban luar
D	= matriks <i>displacement</i> seluruh sistem struktur
(D)	= matriks <i>displacement</i> seluruh join sistem struktur
D^i	= <i>displacement</i> masing-masing batang pada koordinat global
P_I	= gaya-gaya titik join pada sistem koordinat global

ABSTRAKSI

Jika struktur rangka menerima beban relatif kecil, tegangan masih terletak dalam batas elastis. Tetapi jika beban ditambah, sebagian penampang akan mengalami tegangan leleh (*yield stress*), sehingga struktur mengalami deformasi elastis-plastis. Pada penampang yang mengalami tegangan leleh, bila besar momen sama dengan momen plastis maka terbentuklah sendi plastis, dan akan terjadi rotasi yang terus menerus dengan momen yang tetap. Dengan jumlah sendi plastis tertentu struktur akan mengalami mekanisme keruntuhan (*collapse mechanism*). Hal ini terutama dialami oleh struktur statis tak tentu.

Struktur baja bangunan (*steel structural*), merupakan material daktil yang berarti mampu menyerap energi besar tanpa runtuh atau mengalami lendutan yang besar diluar batas elastis, sehingga memungkinkan keadaan plastis. Jika struktur baja dirangkai dalam struktur portal yang kaku maka akan merupakan rangkaian yang daktil. Melalui penelitian numeris akan diperoleh tingkat daktilitas struktur baja tersebut. Tingkat daktilitas simpangan akan ditentukan oleh besar deformasi yang terjadi pada struktur, sedangkan untuk tingkat daktilitas kurvatur dipengaruhi oleh rotasi dan letak sendi plastis yang terbentuk pada struktur. Pada penelitian numeris ini akan dianalisis tentang struktur portal terhadap pengaruh *bracing* untuk mengidentifikasi tingkat daktilitas. Struktur portal dibuat model dengan perbandingan ukuran dan pembebanan yang tetap yang mana terdiri dari struktur portal bertingkat 1 dan bertingkat 2.

Dari penelitian numeris ini dapat disimpulkan bahwa hasil hitungan rasio daktilitas simpangan untuk model 1 dan model 3 memiliki daktilitas simpangan yang lebih besar dibandingkan dengan model 2 dan model 4. Tetapi sebaliknya pada model 1 dan model 3 memiliki daktilitas kurvatur yang lebih kecil dibandingkan dengan model 2 dan model 4.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Analisis struktur dengan metode elastis dilakukan dengan asumsi tegangan leleh yang terjadi pada setiap penampang masih terletak dalam batas elastis dan defleksi relatif kecil, sehingga sebagian besar dari struktur akan bertegangan rendah yang mengakibatkan pemborosan penggunaan baja. Pada tahun 1930 dikembangkan teori plastis, dimana struktur yang mengalami defleksi yang cukup besar lebih cocok diterapkan dengan analisa plastis, sehingga penggunaan bahan baja akan lebih ekonomis.

Pada struktur portal dengan beban terpusat, selama beban yang bekerja tidak terlalu besar, tegangan masih terletak dalam batas elastis. Tetapi jika beban diperbesar sebagian penampang akan mengalami tegangan leleh (*yield stress*), sehingga struktur mengalami deformasi elastis-plastis. Penambahan beban berikutnya dapat mengakibatkan seluruh serat penampang mengalami tegangan leleh, sehingga pada serat penampang akan terjadi rotasi yang terus menerus dengan momen yang tetap. Apabila momen yang terjadi pada struktur sama dengan momen plastis struktur maka terbentuk sendi plastis. Jika jumlah sendi plastis tertentu struktur akan runtuh (*collapse*). Keadaan ini terutama dialami oleh struktur statis tak tentu.

Dalam analisa struktur baja ini berdasarkan pada perilaku elastis-plastis sedangkan strain hardening diabaikan. Teori elastisitas lahir abad ke-19 yang dipelopori oleh Navier, Bernoulli, dan Hooke, yang menyebabkan pengertian keamanan terhadap keruntuhan menjadi kabur. Di dalam teori ini titik leleh tidak boleh dicapai karena dianggap membahayakan struktur sehingga ditetapkan tegangan batas (tegangan ijin). Besar tegangan ijin lebih kecil dari tegangan leleh, oleh karena itu teori elastisitas menetapkan angka keamanan terhadap tegangan leleh (Wangsadinata, 1968). Analisa elastis digunakan untuk memperoleh gaya-gaya dalam dengan asumsi material struktur masih elastis dan defleksi relatif kecil (Fatkhurrohman, 1995). Menurut A. Ghali-A.M.Neville (1977), analisa elastis bermanfaat untuk mengetahui penampilan suatu struktur, terutama dalam hal daya layanan (*servis ability*) terhadap beban yang direncanakan (Wira, 1990).

Teori plastisitas muncul, dicetuskan pertama kali oleh Kazinczy tahun 1914 (Wangsadinata, 1968). Dalam teori plastisitas besar momen yang bekerja pada sendi plastis tetap walaupun beban terus ditambah, tetapi regangan terus bertambah sampai regangan putus dicapai. Analisa plastis digunakan untuk memperoleh beban runtuh, momen plastis dan mekanisme runtuh (*collapse mechanism*) (Fatkhurrohman, 1995). Tujuan analisa plastis adalah untuk menentukan besar beban runtuh suatu struktur yang penampangnya telah diketahui, sehingga mekanisme keruntuhan

(*collapse mechanism*) dan besar beban runtuh dapat menentukan koefisien beban (*load factor*) dalam analisa (Wira, 1990).

Dalam analisa struktur yang menggunakan metode elastis maka digunakan metode matriks kekakuan struktur. Dengan metode matriks kekakuan struktur diperoleh gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur. Pada metode plastis biasa digunakan bahan yang daktil seperti baja, karena sifat daktil memungkinkan keadaan plastis.

1.2 Batasan Masalah

Secara umum struktur bertingkat adalah portal kaku (*rigid frame*) yang terdiri kolom dan balok. Struktur mempunyai batang-batang vertikal dan horisontal, maka dalam analisis ini menggunakan struktur yang terdiri dari kolom-kolom dan balok yang bertemu pada join. Batasan masalah yang digunakan dalam analisa ini adalah :

1. Struktur yang dianalisis adalah struktur portal bidang (dua dimensi),
2. Beban yang ditinjau adalah statis (vertikal dan horisontal),
3. Batang prismatis dan momen inersia konstan diseluruh titik pada batang,
4. Pengaruh aksial dan gaya geser diabaikan,
5. Bahan baja dianggap mempunyai hubungan tegangan-regangan yang bilinier dengan mengabaikan tegangan strain hardening,
6. Pada penelitian numeris ini menggunakan baja DIN 30.

1.3 Rumusan Masalah

Mengingat baja terbuat dari bahan daktil maka akan dilakukan suatu penelitian numeris untuk mengidentifikasi nilai daktilitas simpangan dan daktilitas kurvatur pada struktur baja.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian numeris ini adalah :

1. Mencari besar beban runtuh dan deformasi pada struktur portal bidang baja dengan *bracing* dan tanpa *bracing*,
2. Mengidentifikasi mekanisme keruntuhan (*collapse mechanism*),
3. Mengidentifikasi daktilitas simpangan dan daktilitas kurvatur pada struktur portal bidang baja dengan *bracing* dan tanpa *bracing*.

1.5 Keaslian Penelitian

Berdasarkan studi pustaka, penelitian numeris masalah sendi plastis pada stuktur baja dengan metode plastis sudah banyak dilakukan, namun yang mengkaji tentang metode elastis dan metode plastis belum dilakukan, sehingga penelitian numeris ini asli.

1.6 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian numeris ini adalah untuk dapat mengidentifikasi jumlah sendi plastis yang terbentuk, letak sendi plastis yang terjadi pada struktur baja, dan rotasi sendi plastis, sehingga mekanisme

keruntuhan (*collapse mechanism*) dan besar daktilitas simpangan dan daktilitas kurvatur teridentifikasi.

1.7 Metode Studi

Metode penelitian merupakan suatu urutan atau tata cara pelaksanaan penelitian yang diajukan. Metode yang akan digunakan dalam penelitian numeris ini adalah dengan metode studi literatur. Adapun tata cara pelaksanaannya meliputi :

1. Mencari dan membaca bahan-bahan literatur yang dibutuhkan dari perpustakaan kemudian dibahas,
2. Dibuat model, dengan variasi portal bidang terdiri dari 1(satu) lantai dan 2 (dua) lantai kemudian diberi *bracing* dan tanpa *bracing* dengan beban sentris (vertikal dan horisontal),
3. Mengidentifikasi besar deformasi yang terjadi sehingga nilai daktilitas simpangan dan daktilitas kurvatur pada setiap model diketahui,
4. Membuat tabel dan grafik hasil perhitungan, kemudian dari hasil model dibandingkan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Baja

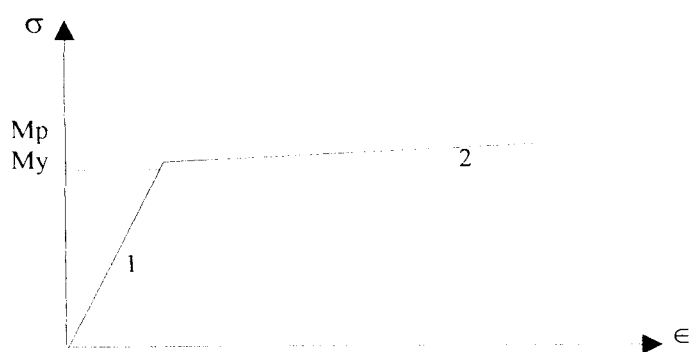
Baja bangunan (*steel structural*) merupakan material daktil artinya mampu menyerap energi besar tanpa runtuh atau mengalami lendutan yang besar diluar batas elastis, sehingga memungkinkan keadaan plastis. Dengan demikian struktur baja mempunyai keunggulan yaitu dalam hal rasio antara berat sendiri dengan daya dukung beban yang dapat dipikul, yaitu cukup kecil jika dibandingkan dengan struktur bangunan beton. Keunggulan yang lain adalah struktur baja memiliki sifat daktil (liat), sehingga mampu mengalami deformasi atau lendutan plastis yang besar setelah batas kekakuan elastis terlampaui (Widodo, 1996).

Diagram tegangan-regangan baja tarik dan tekan dianggap sama bentuk dan mempunyai sifat yang homogen, sehingga titik leleh baja tarik dan tekan sama besar. Tegangan (*stress*) dilambangkan σ yang menyatakan gaya persatuan luas yang bekerja pada penampang. Kalau regangan (*strain*) dilambangkan ϵ , dinyatakan sebagai perubahan panjang dan dapat dinyatakan dalam persamaan (2-1) sebagai berikut (Wahyudi dan Sjahril, 1992):

$$\epsilon = \frac{l - l_0}{l_0} \quad (2-1)$$

dimana : ϵ = regangan (*strain*), l_0 = panjang awal, dan l = panjang batang setelah mendapat beban.

Dalam penelitian numeris ini baja dianggap mempunyai hubungan tegangan regangan yang bilinear sedangkan tegangan strain hardening diabaikan. Hubungan tegangan-regangan dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini:



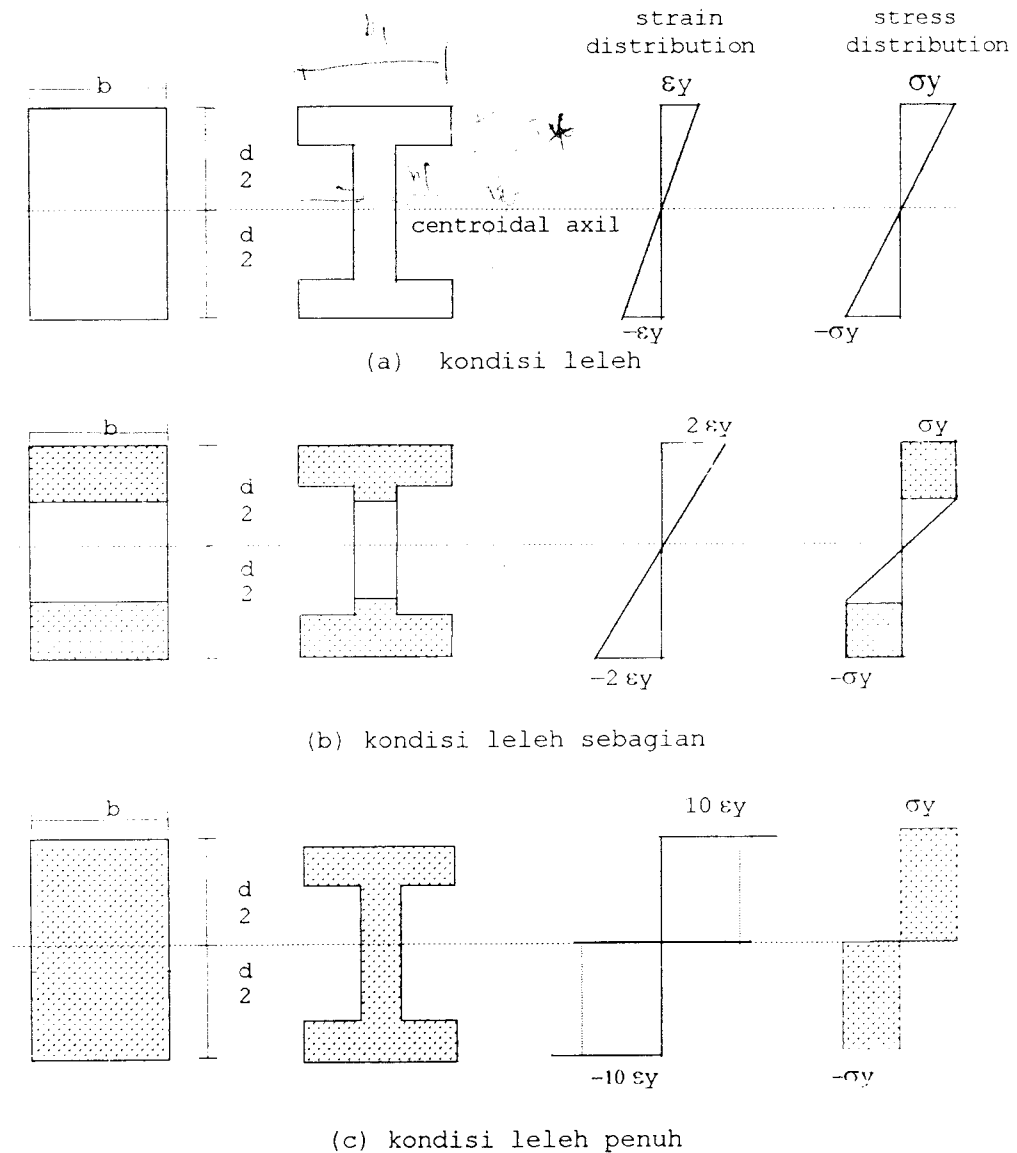
Gambar 2.1 Hubungan tegangan-regangan bilinear

Terlihat bahwa pada garis 1 adalah garis dimana struktur masih berperilaku elastis yaitu jika beban berhenti bekerja deformasi cepat hilang, sedangkan garis 2 adalah daerah dimana struktur sudah melewati batas elastis (plastis) yaitu jika beban berhenti bekerja deformasi permanen (Bruneau, 1998).

2.2 Sendi Plastis

Pada struktur yang mengalami pembebanan yang meningkat, bagian tertentu dari penampang struktur tersebut akan mengalami tegangan leleh, sehingga struktur akan mengalami deformasi elastis-plastis. Struktur yang mengalami deformasi didaerah elastis tidak mempunyai deformasi permanen

pada elemen struktur. Deformasi yang tetap akan terjadi apabila batas elastis sudah dilewati. Ilustrasi peningkatan plastisitas akibat lentur pada suatu tampang dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini (Horne dan Morris,1981) :



Gambar 2.2 Peningkatan plastisitas pada suatu penampang

Penambahan beban berikutnya dapat mengakibatkan seluruh serat penampang akan mengalami tegangan leleh, sehingga pada penampang ini

terjadi rotasi yang terus menerus dengan momen yang tetap besar pada penampang tersebut. Hal ini berarti pada penampang tersebut telah terbentuk suatu sendi plastis (Wahyudi dan Sjahril, 1992).

Sendi plastis terjadi pada lokasi momen maksimum. Jadi kemungkinan besar sendi plastis pada lokasi beban terpusat, pada lokasi gaya geser sama dengan nol (momen maksimum terjadi), dan pertemuan balok-kolom.

2.3 Teorema Plastis

Pada analisa struktur secara plastis terdapat tiga kondisi yang harus dipenuhi untuk perhitungan beban ultimit, yaitu (Beedle, 1958) :

1. Kondisi mekanisme (*mechanism condition*),

Beban ultimit tercapai apabila terbentuk suatu mekanisme keruntuhan. Kondisi ini akan terjadi pada saat jumlah sendi plastis dalam struktur telah cukup untuk mengubah sebagian atau seluruh struktur ke dalam kondisi keruntuhan.

2. Kondisi keseimbangan (*equilibrium condition*),

Beban ultimit tercapai jika resultan gaya dan momen yang bekerja pada struktur sama dengan nol atau bahwa momen lentur dalam harus seimbang dengan momen dalam yang bekerja. Momen lentur yang bekerja identik dengan momen elastis, sebab pada keadaan ini momen pada keadaan penampang masih terletak dalam keadaan elastis.

3. Kondisi momen plastis (*plastic moment condition*).

Beban ultimit tercapai, momen yang terjadi pada setiap penampang tidak boleh melebihi momen plastis penampang. Kondisi ini merupakan pernyataan dari sifat deformasi plastis.

Ketiga kondisi tersebut merupakan syarat dasar dari beberapa teorema berikut ini (Beedle,1958):

1. Teorema Batas Bawah (*Lower Bound Theorem*),

Teori ini menetapkan atau menghitung distribusi momen dalam struktur berdasar kondisi keseimbangan dan momen plastis. Beban yang dihitung berdasar mekanisme yang diasumsikan akan lebih besar atau sama dengan beban ultimit yang sebenarnya. Teorema ini yang melandasi metode statis. Pertama kali teorema statik dikemukakan oleh Kist (1917) sebagai aksioma intuisi, dibuktikan oleh Gvozdev (1936) dan kemudian Greenberg dan Prager (1952) dan juga Horne (1950) (Neal, 1977).

2. Teorema Batas Atas (*Upper Bound Theorem*),

Teorema ini menetapkan atau menghitung distribusi momen berdasar syarat yang memenuhi kondisi keseimbangan dan mekanisme. Beban dihitung berdasar diagram momen keseimbangan dimana harga momen lebih kecil dari momen plastis, akan lebih kecil atau sama dengan beban ultimit yang sebenarnya. Teorema ini yang mendasari metode mekanisme. Secara formal teori kinematik dibuktikan oleh Gvozdev (1936) dan juga Greenberg dan Prager (1952) (Neal, 1977).

3. Teorema Unik (*Uniqueness Theorem*).

Teorema ini menetapkan atau menghitung distribusi momen berdasarkan pada ketiga kondisi diatas, yaitu kondisi statis, kondisi mekanisme, dan kondisi momen plastis, sehingga diperoleh nilai beban eksak dari mekanisme struktur yang ditinjau. Teorema ini dibuktikan oleh Horne (1950). Terdapat tiga metode yang berdasar pada teorema ini, yaitu:

- a) Metode statis (*statical method*),
- b) Metode kerja virtual (*virtual work method*),
- c) Metode distribusi momen (*moment balancing method*).

2.4 Metode Statis

Metoda analisis ini berdasar teorema batas bawah (*lower bound theorem*) dimana distribusi momen disetiap penampang tidak ada yang melampaui kapasitas momen plastis (Beedle,1958). Masalah dasar dari penyelesaian dengan metode statis adalah bagaimana dapat diperoleh momen plastis dan momen reaktan. Dimana dari diagram akan terbentuk sendi plastis yang cukup untuk mengubah struktur ke dalam kondisi mekanismenya (Wahyudi dan Sjahril, 1992). Prosedur dari metoda ini mencakup langkah-langkah sebagai berikut:

1. Tentukan redundan kemudian dihilangkan agar struktur menjadi statis tak tentu,
2. Buat diagram momen akibat beban luar pada struktur statis tertentu,
3. Buat diagram momen akibat redundan,
4. Kedua momen disuperposisikan,

5. Momen plastis diperoleh dari diagram momen gabungan,
6. Cheks sehingga $M \leq M_p$.

2.5 Metode Mekanisme

Tujuan dari metode mekanisme adalah memilih salah satu bentuk keruntuhan yang sesuai dengan batas beban plastis terendah. Untuk analisis ini digunakan prinsip kerja virtuil dimana kerja luar (*Weks*) sama dengan kerja dalam (*Wint*). Kerja luar adalah gaya dikalikan dengan perpindahan, sedangkan kerja dalam adalah momen dikalikan putaran sudut. Pada prinsip metode ini dengan cara menggabungkan masing-masing mekanisme (Beedle, 1958). Prosedur dari metoda ini mencakup langkah-langkah sebagai berikut:

1. Tentukan sendi plastis yang mungkin terjadi (biasa terjadi pada tumpuan, join, tempat dimana terjadi gaya geser sama dengan nol, pada beban terpusat),
2. Tentukan mekanisme yang mungkin terjadi,
3. Dari mekanisme dicari M_p yang terbesar yang merupakan mekanisme keruntuhan (beban terkecil),
4. Cheks $M \leq M_p$ dengan diagram momen.

2.6 Keruntuhan Struktur

Bila suatu struktur diberi beban yang besar, sehingga menimbulkan tegangan yang sama besar dengan tegangan leleh bahan struktur baja, maka ditempat-tempat yang mengalami tegangan paling besar akan segera terbentuk sendi plastis (Wangsadinata, 1968).

Pada struktur statis tak tentu, keruntuhan baru akan terjadi setelah terbentuk sendi plastis dalam jumlah tertentu yang cukup membentuk suatu mekanisme keruntuhan (Wira, 1990). Keruntuhan dapat terjadi pada salah satu elemen atau seluruh struktur. Ada 4 (empat) macam mekanisme keruntuhan yang mungkin terjadi pada struktur plastis, yaitu (Wahyudi dan Sjahril, 1992):

1. Mekanisme balok (*beam mechanism*), biasa terjadi bila gaya vertikal relatif lebih besar daripada gaya horisontal (terjadi dalam bentangan),
2. Mekanisme panel (*sway mechanism*), biasa terjadi bila gaya horisontal jauh lebih besar dibandingkan gaya horisontal,
3. Mekanisme kombinasi (*combine mechanism*), merupakan kombinasi mekanisme balok dengan panel,
4. Mekanisme *gable*, adalah mekanisme khusus yang terjadi pada portal beratap lancip (*gable frame*).

Jumlah sendi plastis yang diperlukan untuk mengubah suatu struktur ke dalam kondisi mekanisme runtuh, berkaitan dengan derajat statis tak tentu yang ada dalam struktur (Wahyudi dan Sjahril, 1992). Dalam hal ini dapat dirumuskan pada persamaan (2-2) sebagai berikut:

$$n = r + 1 \quad (2-2)$$

dimana: n = jumlah sendi plastis yang runtuh, dan r = derajat statis tak tentu atau redundan.

2.7 Daktilitas

Menurut Paulay dan Prietly (1992) ada bermacam - macam daktilitas antara lain daktilitas regangan (*strain ductility*), daktilitas lengkung

(*curvature ductility*), dan daktilitas simpangan (*displacement ductility*) (Widodo, 1996). Dalam analisis ini akan dicari besar daktilitas simpangan dan daktilitas lengkung. Peristiwa daktilitas terjadi sesaat struktur sebelum runtuh.

Daktilitas adalah kemampuan suatu struktur untuk mengalami simpangan-simpangan inelastis berulang dan bolak-balik di atas titik leleh hingga mencapai pelepasan seluruh penampang sambil mempertahankan sebagian besar kapasitas kekuatan awal dalam memikul beban (Gideon, 1986). Daktilitas simpangan yaitu perbandingan antara deformasi lateral pada saat runtuh akibat terbentuk sendi plastis terakhir dengan deformasi lateral pada batas elastis akibat terbentuk sendi plastis pertama. Daktilitas kurvatur yaitu kemampuan sendi plastis balok untuk berotasi sebelum runtuh yang merupakan perbandingan antara kurvatur total pada sendi plastis balok dan kurvatur pada batas elastis di titik tersebut. Untuk mengetahui nilai daktilitas kurvatur harus diketahui harga rotasi sendi plastis dan letak sendi plastis atau panjang sendi plastis (Wangsadinata dan Tumilar, 1998). Nilai rotasi sendi plastis diketahui jika terjadi gaya-gaya batang pada struktur sehingga terjadi deformasi pada struktur. Selisih deformasi *eksternal* dengan deformasi *internal* akan diperoleh besar rotasi sendi plastis. Nilai rotasi sendi plastis maksimum terjadi pada sendi pertama, sehingga panjang sendi plastis dapat dihitung.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Metode Plastis untuk Analisis Struktur

3.1.1 Momen Plastis

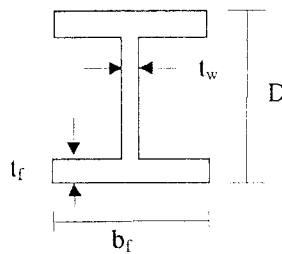
Struktur dengan pembebanan yang meningkat, tegangan disetiap serat penampang turut bertambah sampai tidak ada tegangan yang lebih besar daripada tegangan leleh, tetapi momen dalam terus bertambah karena resultan gaya dalam semakin besar. Dengan sedikit penambahan beban lagi, akan tercapai keadaan dimana seluruh serat penampang mengalami tegangan leleh. Momen dalam menjadi maksimum dan merupakan momen plastis. Pada kondisi ini penampang mengalami rotasi yang cukup besar tanpa terjadi penambahan momen (Wahyudi dan Sjahril, 1992).

Harga momen plastis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3-1) sebagai berikut:

$$M_p = \sigma_y \cdot z_p \quad \text{atau} \quad z_p = \frac{M_p}{\sigma_y} \quad (3-1)$$

dimana: M_p = momen plastis, σ_y = tegangan leleh bahan, dan z_p = modulus plastis penampang. Modulus plastis penampang adalah jumlah dari statis momen penampang terhadap sumbu luas sama (*equal area axis*) (Horne dan Morris, 1981). Besar modulus plastis dapat dihitung tergantung dari bentuk

penampang (Wahyudi dan Sjahril, 1992). Dalam analisa ini menggunakan profil baja DIN (penampang I) dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini:



Gambar 3.1 Profil baja DIN tampang I

Nilai modulus plastis dari penampang I ini dirumuskan seperti pada persamaan (3-2) dibawah ini:

$$Z_{\text{penampang I}} = b_f \cdot t_f (D - t_f) + \frac{t_w (D - 2t_f)^2}{4} \quad (3-2)$$

dimana: D = tinggi profil, b_f = lebar sayap, t_f = tebal sayap, dan t_w = tebal profil.

3.1.2 Momen leleh

Momen leleh yang terjadi pada serat penampang diperoleh dari pembagian tegangan pada serat penampang. Ketika modulus elastis sama dengan setengah serat penampang, serat penampang yang mengalami tegangan leleh akan diperoleh dari nilai tegangan leleh bahan yang terjadi pada sebagian penampang. Momen terbesar yang terjadi pada serat penampang yang masih dapat ditahan pada serat penampang sebelum leleh

disebut momen leleh (Neal, 1977). Rumusan momen leleh dapat dilihat pada persamaan (3-3) dibawah ini.

$$M_y = z_e \cdot \sigma_o \quad (3-3)$$

dimana: M_y = momen leleh, z_e = modulus elastis penampang, dan σ_o = tegangan bahan.

Modulus elastis penampang I dapat didekati dengan rumusan sebagai berikut :

$$Z_e = b_f \cdot t_f \cdot C(D - t_f) + \frac{1}{2} (1-c) b_f \cdot t_f \cdot (D - \frac{2}{3} t_f) + \frac{1}{2} C \cdot t_w (\frac{1}{2} D - t_f) \frac{2}{3} (D - 2t_f)$$

$$\text{dimana : } C = \frac{(\frac{1}{2} D - t_f)}{\frac{1}{2} D} \quad (3-4)$$

3.1.3 Faktor Bentuk

Faktor bentuk (*shape factor*) adalah rasio momen plastis (M_p) dengan momen leleh (M_y), ekuivalen dengan modulus plastis (Z_p) dibagi dengan modulus elastis (Z_e) (Neal, 1977). Rumus faktor bentuk ditunjukkan dengan persamaan (3-5) dibawah ini:

$$v = \frac{M_p}{M_y} = \frac{Z_p}{Z_e} \quad (3-5)$$

dimana: v = faktor bentuk, M_p = momen plastis, M_y = momen leleh, Z_p =modulus plastis, dan Z_e = modulus elastis.

3.1.4 Faktor Beban

Pada persamaan baja dengan metode plastis dinyatakan bahwa faktor beban merupakan hasil dari pembagian antara kapasitas beban maksimum dengan beban kerja (Wahyudi dan Sjahril, 1992). Harga faktor beban sesuai dengan persamaan(3-6) sebagai berikut:

$$\gamma = \frac{M_p}{M_y} = \frac{(\sigma_y \cdot z_p)}{(\sigma_o \cdot z_c)} = \frac{\sigma_y}{\sigma_o} \cdot v \quad (3-6)$$

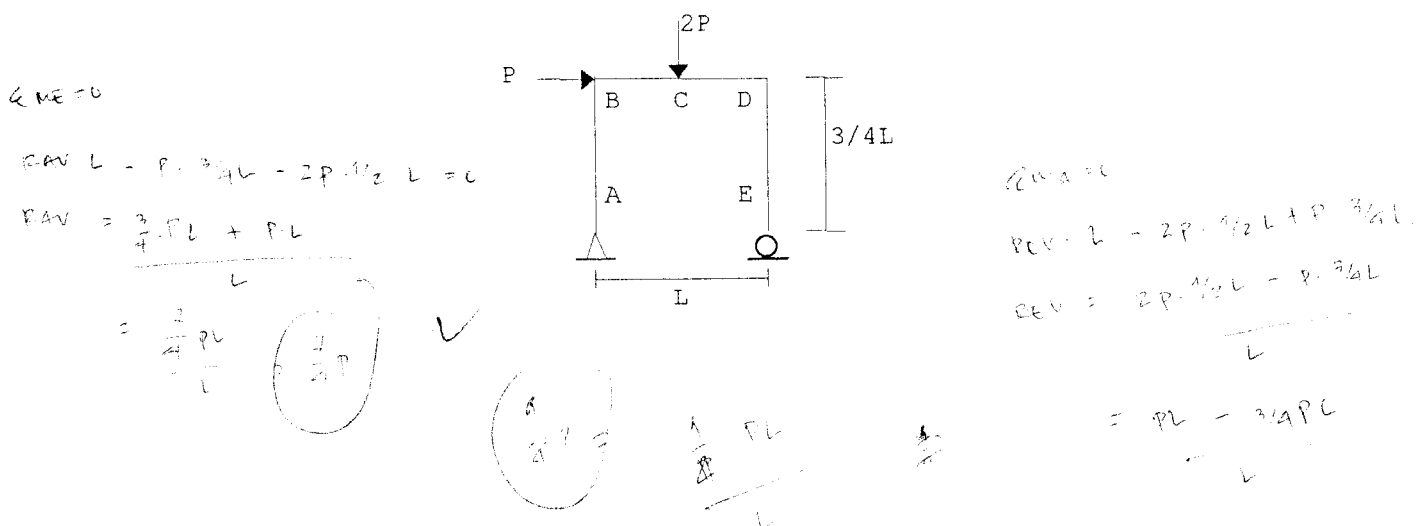
3.1.5 Metode Statis

Dilandasi oleh teorema batas bawah (*lower bound theorem*), yang menetapkan atau menghitung distribusi momen dalam struktur berdasarkan keseimbangan dan momen plastis. Beban yang dihitung berdasarkan mekanisme yang diasumsikan akan lebih besar atau sama dengan beban ultimit yang sebenarnya. Dapat dibuat persamaan sebagai berikut (lihat persamaan (3.7)):

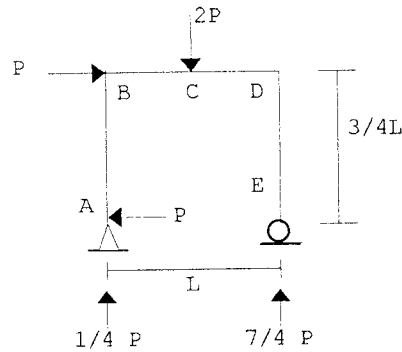
$$M_c = 2M_p \quad (3.7)$$

Gambar ilustrasi metode statis dapat dilihat pada gambar 3.2 :

a) Struktur dan pembebanan



b) struktur statis tertentu dengan beban vertikal



$$\sum M_A = 0$$

$$-R_E \cdot L + P \cdot \frac{3}{4}L + 2P \cdot \frac{L}{2} = 0$$

$$-R_E \cdot L + \frac{7}{4}PL = 0$$

$$R_E = \frac{7}{4}P$$

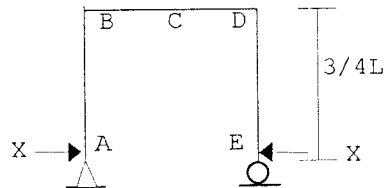
$$\sum M_E = 0$$

$$R_A \cdot L + P \cdot \frac{3}{4}L - 2P \cdot \frac{L}{2} = 0$$

$$R_A \cdot L - \frac{1}{4}PL = 0$$

$$R_A = \frac{1}{4}P$$

c) Struktur statis tertentu dengan redundan



$$\sum M_A = 0$$

$$-R_E \cdot L + X \cdot \frac{3}{4}L = 0$$

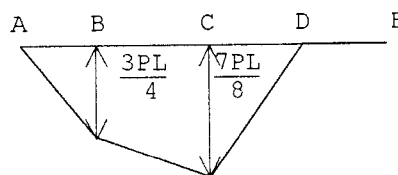
$$R_E = \frac{3}{4}X$$

$$\sum M_E = 0$$

$$R_A \cdot L - X \cdot \frac{3}{4}L = 0$$

$$R_A = \frac{3}{4}X$$

d) Diagram momen akibat beban vertikal



$$M_A = 0$$

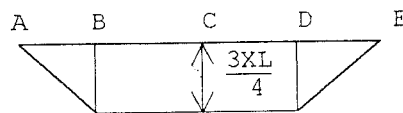
$$M_B = P \cdot \frac{3}{4}L = \frac{3}{4}PL$$

$$M_C = R_A \cdot \frac{1}{2}L - P \cdot \frac{3}{4}L$$

$$= \frac{1}{8}PL + \frac{3}{4}PL = \frac{7}{8}PL$$

$$M_D = 0$$

e) Diagram momen akibat redundan



$$M_A = 0$$

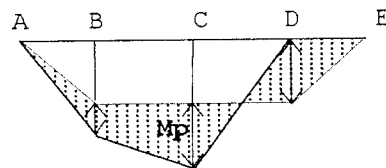
$$M_B = X \cdot \frac{3}{4}L = \frac{3}{4}XL$$

$$M_C = X \cdot \frac{3}{4}L = \frac{3}{4}XL$$

$$M_D = X \cdot \frac{3}{4}L = \frac{3}{4}XL$$

$$M_E = 0$$

f) Diagram momen gabungan



Gambar 3.2 Ilustrasi Metode Statis

Dapat diselesaikan sebagai berikut :

$$M_c = 2 M_p$$

$$\frac{7PL}{8} = 2M_p$$

$$P = \frac{16M_p}{7L}$$

3.1.6 Metode Mekanisme

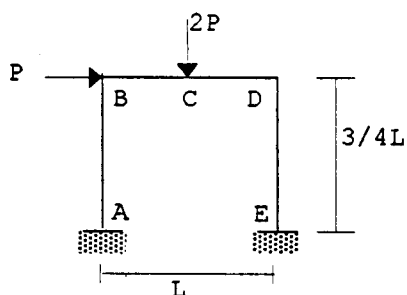
Didasari oleh teorema batas atas (*upper bound theorem*) menetapkan atau menghitung distribusi momen berdasarkan syarat yang memenuhi kondisi keseimbangan dan mekanisme. Beban yang dihitung berdasarkan diagram momen keseimbangan dimana harga momen lebih kecil dari atau sama dengan beban ultimit yang sebenarnya.

Kerja luar = Kerja dalam

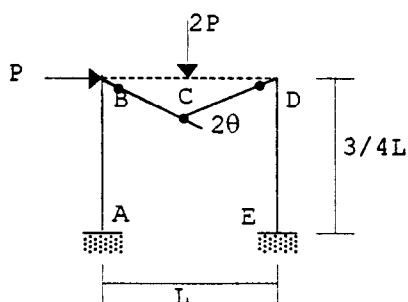
$$W_{\text{ext}} = W_{\text{int}} \quad (3-8)$$

Gambar ilustrasi metode mekanisme dapat dilihat pada gambar 3.3 :

a) Struktur dan pembebanan



b) Mekanisme satu (balok)

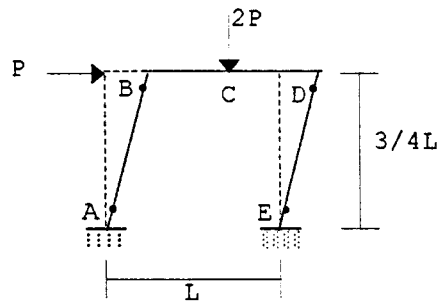


$$2P \cdot \frac{1}{2} L \theta = M_p \cdot 4\theta$$

$$PL\theta = 4M_p\theta$$

$$P_1 = \frac{4M_p}{L}$$

c) Mekanisme dua (panel)

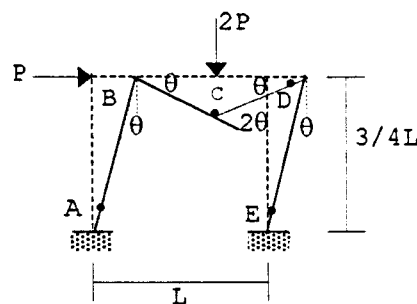


$$P \cdot \frac{3}{4}L\theta = Mp \cdot 4\theta$$

$$\frac{3}{4}PL\theta = 4Mp\theta$$

$$P_2 = \frac{16Mp}{3L}$$

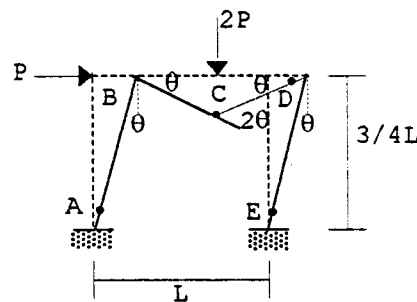
d) Mekanisme tiga (balok + panel)



$$PL\theta + \frac{3}{4}PL\theta = 4Mp\theta + 2Mp\theta$$

$$\frac{7}{4}PL\theta = 6Mp\theta$$

$$P_3 = \frac{24Mp}{7L}$$

e) Mekanisme 3, direduksi gaya dalam sebesar $2Mp\theta$:

$$PL\theta + \frac{3}{4}PL\theta = 6Mp\theta - 2Mp\theta$$

$$\frac{7}{4}PL\theta = 4Mp\theta$$

$$P_4 = \frac{16Mp}{7L}$$

Gambar 3.3 Ilustrasi Metode Mekanisme

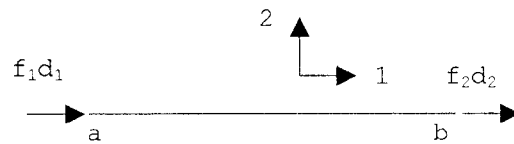
Dari metode statis dan metode mekanisme diperoleh besar beban yang sama

yaitu : $P_3 = \frac{16Mp}{7L}$

3.2 Analisa Elastis dengan Metode Perpindahan Matriks

3.2.1 Deformasi Aksial

Deformasi aksial dapat dilihat pada gambar 3.4 dibawah ini:



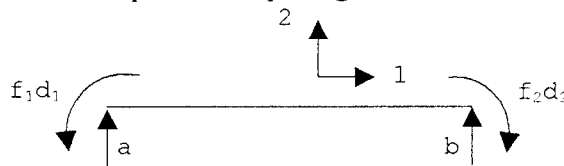
Gambar 3.4 Deformasi aksial batang

Persamaan dalam bentuk matriks sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix} = j \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \end{bmatrix} \quad ; \quad j = \frac{AE}{L} \quad (3-9)$$

3.2.2 Deformasi Lentur

Deformasi lentur dapat dilihat pada gambar 3.5 dibawah ini:



Gambar 3.5 Deformasi lentur

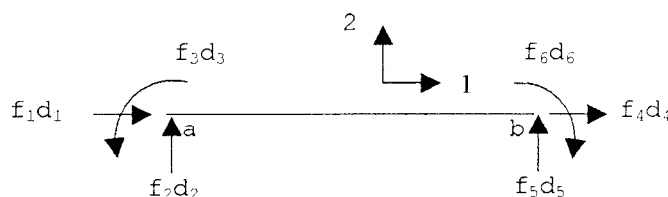
Persamaan dalam bentuk matriks adalah :

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

$$\alpha = \frac{EI}{L^3} \quad (3-10)$$

3.2.3. Deformasi Aksial dan Lentur

Batang yang mengalami deformasi aksial dan lentur, seperti tampak pada gambar 3.6 dibawah ini:



Gambar 3.6 Deformasi aksial dan lentur

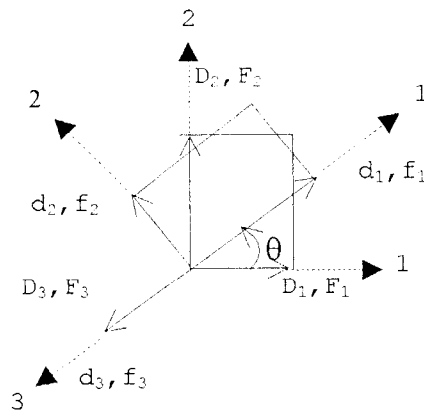
Sehingga dapat disusun suatu persamaan yang merupakan gabungan dari persamaan (3-9) dan (3-10) :

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

$$\alpha = \frac{EI}{L^3}; \quad \beta = \frac{AL^2}{I} \quad (3-11)$$

3.2.4 Transformasi Koordinat

Persamaan (3-11) disebut persamaan dasar struktur portal bidang. Persamaan tersebut diturunkan berdasar sumbu batang sejajar dengan sumbu X lokal. Dengan demikian agar dapat dilakukan penyusunan matriks kekakuan seluruh sistem struktur diperlukan matriks transformasi. Ilustrasi gambar dapat dilihat pada gambar 3.7 dibawah ini:



Gambar 3.7 Transformasi koordinat

Persamaan dalam bentuk matriks adalah:

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

atau

$$[d_a] = [\lambda] [D_a] \quad (3-12)$$

Jika $\cos \theta = c$ dan $\sin \theta = s$ maka:

$$[\lambda] = \begin{bmatrix} c & s & 0 \\ -s & c & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Analog dari persamaan (3-11) diperoleh:

$$\begin{bmatrix} d_4 \\ d_5 \\ d_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_4 \\ D_5 \\ D_6 \end{bmatrix}$$

atau

$$[d_b] = [\lambda] [D_b] \quad (3-13)$$

Dengan menggabungkan persamaan (3-12) dan (3-13) diperoleh:

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

atau

$$d = [\Lambda]D \quad (3-14)$$

3.2.5 Internal Displacement

Matriks *internal displacement* jika diketahui ujung batang terbentuk sendi plastis maka ditunjukkan dengan persamaan (3-14) dibawah ini:

$$\begin{bmatrix} d_5 \\ d_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-1}{L} & 1 & \frac{1}{L} & \frac{-1}{2} \\ \frac{-1}{L} & \frac{-1}{2} & \frac{1}{L} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} \quad (3-15)$$

Persamaan matriks *internal displacement* jika salah satu ujung terbentuk sendi plastis :

$$\begin{bmatrix} d_5 \\ d_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-3}{2L} & 0 & \frac{3}{2L} & \frac{-1}{2} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} \quad (3-16)$$

3.2.6 Matriks Kekakuan Batang

Persamaan kekakuan batang atau elemen global dari elemen portal dapat dinyatakan sebagai :

$$k = \begin{bmatrix} g_1 & g_2 & g_4 & -g_1 & -g_2 & g_4 \\ & g_3 & g_5 & -g_2 & -g_3 & g_5 \\ & & g_6 & -g_4 & -g_5 & g_7 \\ & & & g_1 & g_2 & -g_4 \\ \text{simetris} & & & & g_3 & -g_5 \\ & & & & & g_6 \end{bmatrix}$$

dengan:

$$g_1 = \alpha(\beta C^2 + 12S)$$

$$g_2 = \alpha CS(\beta - 12)$$

$$g_3 = \alpha(\beta S^2 + 12C^2)$$

$$g_4 = -\alpha 6LS$$

$$g_5 = \alpha 6LC$$

$$g_6 = \alpha 4L^2$$

$$g_7 = \alpha 2L^2$$

$$\alpha = \frac{EI}{L^3}$$

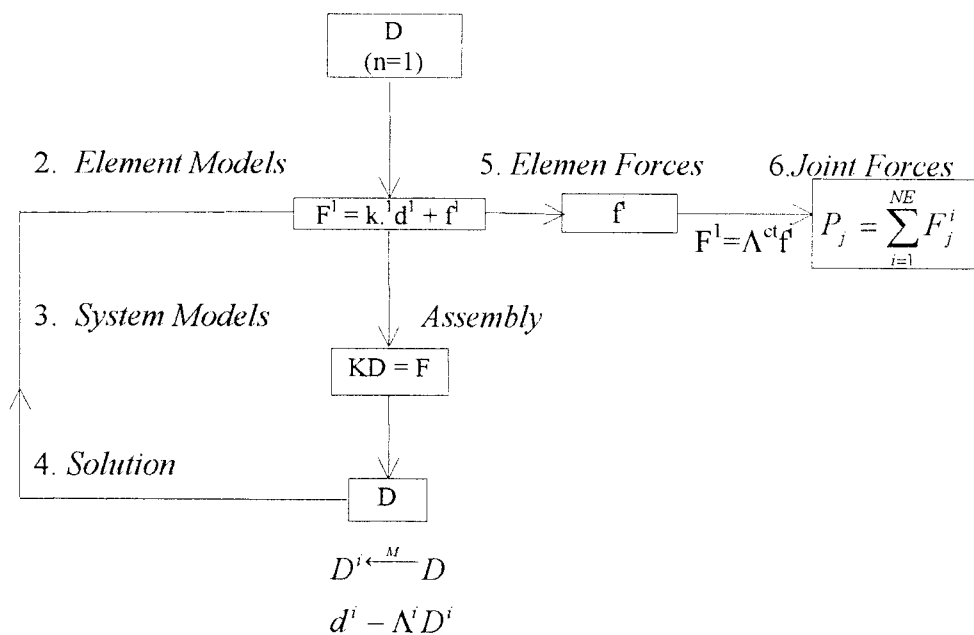
$$\beta = \frac{AL^2}{I}$$

(3-17)]

3.2.7 Prosedur Hitungan

Bagan prosedur hitungan dapat dilihat pada gambar 3.8 sebagai berikut:

1. *Un knows*



Gambar 3.8 Metode *matriks displacement* dengan beban pada batang

Tahapan dalam metode perpindahan matriks adalah sebagai berikut :

1. *Un knows*

Besaran yang tak diketahui adalah deformasi yang terjadi pada join., yaitu : $q_k, k=1,2,\dots,n$ dengan n adalah jumlah nilai derajat kebebasan sistem struktur.

2. *Element Models*

Bentuk persamaan dasar: $f^i = k^i d^i + f^i$, dengan : f^i = gaya dalam, k^i = matriks kekakuan batas pada koordinat lokal, d^i = *displasmement* ujung tiap batang pada koordinat lokal, f^i = gaya-gaya primer (*fixed and forces*).

3. *System model*

Pemodelan sistem dapat dinyatakan sebagai : $KD = F$ dengan : K = matriks kekakuan sistem struktur, D = matriks *displasement* seluruh sistem struktur, F = matriks beban luar. Sehingga diperoleh matriks *displasement* seluruh sistem struktur (D) pada sistem koordinat global.

4. *Solution*

Dari langkah di atas diperoleh matriks *displasement* seluruh join sistem struktur ($[D]$) dari persamaan simultan : $KD = F$

5. *Element Forces* (gaya dalam batang)

Matriks *displasement* masing-masing batang pada koordinat global (D^i) : $D \rightarrow D^i$, Dengan mengalikan matriks *displasement* batang pada sistem koordinat matriks transformasi (\hat{i}) diperoleh matriks *displasement* masing-masing batang pada sistem koordinat lokal (d^i) :

$d^i = \hat{i}^i D^i$. Setelah diperoleh matriks d^i , maka dalam masing-masing batang f^i dapat dihitung : $f^i = k^i d^i + f^i$.

3.2.8 Joint Forces

Gaya-gaya titik join dinyatakan pada sistem koordinat global. Gaya ini dihitung dengan cara mentransformasikan kembali gaya dalam masing-masing batang.

$$P_i = \sum_{i=1}^{NE} i^T f^i \quad (3-18)$$

3.3 Daktilitas

3.3.1 Daktilitas Simpangan

Daktilitas simpangan adalah perbandingan antara deformasi lateral pada saat runtuh akibat terbentuk sendi plastis terakhir dengan deformasi lateral pada batas elastis akibat terbentuk sendi plastis pertama. Besar daktilitas dapat dihitung dengan persamaan (3-19) dibawah ini:

$$u = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} \quad (3-19)$$

dengan : μ = daktilitas simpangan, Δ_u = deformasi ultimit pada saat akan runtuh, dan Δ_y = deformasi pertama pada batas elastis.

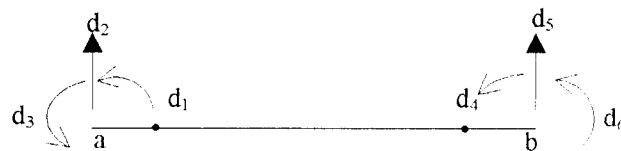
3.3.2 Daktilitas Kurvatur

Daktilitas kurvatur adalah kemampuan sendi plastis balok untuk berotasi sebelum runtuh yang merupakan perbandingan antara kurvatur

total pada sendi plastis balok dan kurvatur pada batas elastis di titik tersebut. Daktilitas kurvatur dapat dihitung dengan persamaan (3-20):

$$\phi = \frac{\varphi_u}{\varphi_y} \quad (3-20)$$

dengan : ϕ = daktilitas kurvatur, φ_u = deformasi kurvatur total, φ_y = deformasi kurvatur pada batas elastis. Nilai rotasi sendi plastis diketahui jika terjadi gaya-gaya batang pada struktur sehingga terjadi deformasi pada struktur. Selisih deformasi *eksternal* dengan deformasi *internal* akan diperoleh nilai rotasi sendi plastis. Deformasi batang pada struktur dapat dilihat pada gambar 3.9 berikut ini:

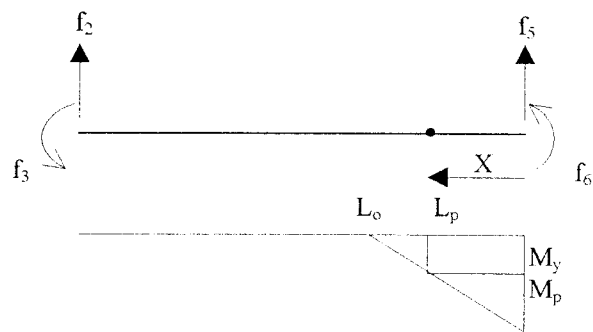


Gambar 3.9 Deformasi batang pada struktur

Nilai rotasi sendi plastis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\phi = d_3 - d_6 \quad (3-21)$$

dimana: ϕ = rotasi sendi plastis, d_3 = deformasi *internal*, dan d_6 = deformasi *eksternal*. Nilai rotasi sendi plastis maksimum terjadi pada sendi pertama, sehingga panjang sendi plastis dapat diidentifikasi. Gambar gaya-gaya batang pada struktur dapat ditunjukkan pada gambar 3.10 dibawah ini:



Gambar 3.10 Gaya-gaya yang bekerja pada struktur

Panjang sendi plastis dapat ditentukan dengan persamaan (3-22) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Delta M &= M_p - M_y \\ M_x &= f_6 \cdot L_o - \Delta M = 0 \\ L_p &= \frac{\Delta M}{M_p} \cdot L_o\end{aligned}\tag{3-22}$$

dimana: ΔM = selisih momen plastis dengan momen leleh, M_p = momen plastis, M_y = momen leleh, L_o = panjang momen plastis, dan L_p = panjang sendi plastis.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Data Struktur

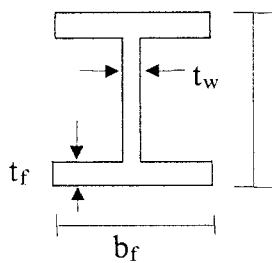
Model struktur baja yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut :

1. Data Profil: Baja 37

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

$$E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

2. Data Kolom: Baja DIN 30



$$d = 300 \text{ mm}$$

$$t_f = 20 \text{ mm}$$

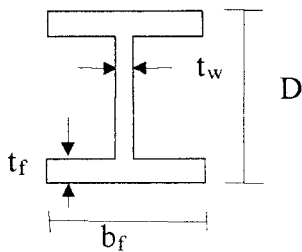
$$b_f = 300 \text{ mm}$$

$$A = 154 \text{ cm}^2$$

$$t_w = 12 \text{ mm}$$

$$I_x = 25760 \text{ cm}^4$$

3. Data Balok: Baja I 30



$$d = 300 \text{ mm}$$

$$t_f = 16,2 \text{ mm}$$

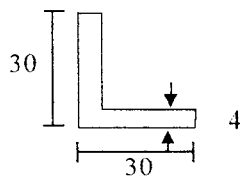
$$b_f = 125 \text{ mm}$$

$$A = 69,1 \text{ cm}^2$$

$$t_w = 10,8 \text{ mm}$$

$$I_x = 9800 \text{ cm}^4$$

4. Data bracing: Baja L30.30.4



$$A = 2,27 \text{ cm}^2$$

4.2 Analisa Penelitian

Studi penelitian numeris ini menggunakan struktur portal bidang, sedangkan untuk analisis pembahasan digunakan program bantu komputer dengan bahasa Pascal dengan metode matriks kekakuan struktur.

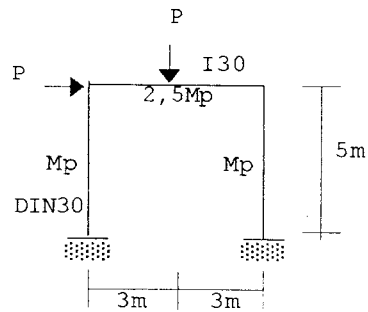
Dalam penelitian numeris ini terlebih dahulu dibuat *flow chart program*, terdapat pada lampiran 1. Kemudian dibuat program bantu komputer bahasa Pascal dengan cara simultan, yaitu terdiri dari pembuatan program dan pembuatan input data. Pada struktur ini pertama kali dibuat program kemudian membuat input data sesuai dengan kondisi struktur. Input data pada program komputer bahasa Pascal adalah dengan mengisi blok-blok data sesuai dengan model yang akan dibuat. Pengisian input data diawali dengan membuat nama file, kemudian mengisi blok-blok data. Pertama kali blok data diisi jumlah batang, jumlah join, dan sendi plastis maksimum. Blok data kedua adalah nomor batang, join kiri, dan join kanan. Blok data ketiga adalah nomor join dan arah kekangan. Blok data keempat adalah koordinat join berupa nomor join, koordinat x, dan koordinat y. Blok data kelima adalah informasi batang berupa nomor batang, luas tampang, momen inersia, modulus elastis, dan momen plastis. Terakhir adalah blok data keenam adalah berisi nomor join, arah beban dan besar beban (lihat lampiran 2). Sedangkan program bahasa komputer Pascal dapat dilihat pada lampiran 3.

4.3 Model Struktur

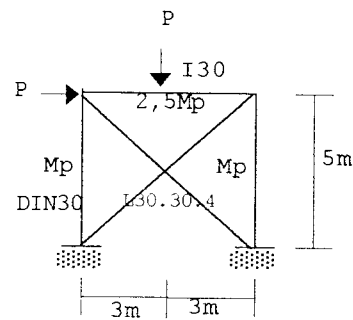
Model struktur yang dianalisis terdiri dari struktur portal bidang dengan 1 tingkat dan 2 tingkat, dengan *bracing* dan tanpa *bracing*. Ukuran

untuk model struktur adalah: lebar 6m dan tinggi kolom 5m dan 10m.

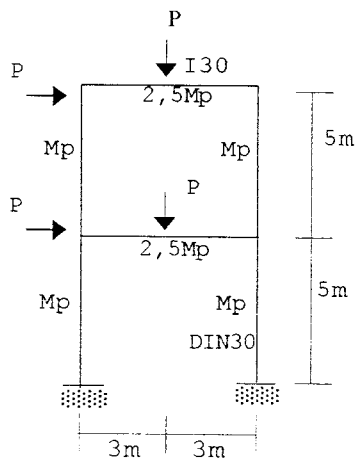
Gambar model dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini:



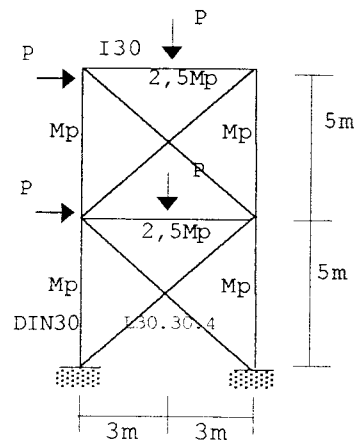
Gambar 4.1a model 1



Gambar 4.1b model 2



Gambar 4.1c model 3



Gambar 4.2d model 4

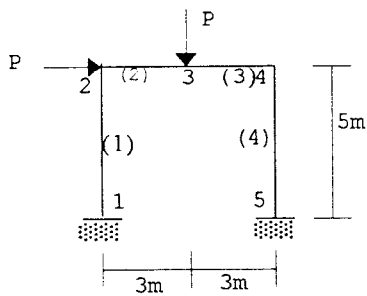
Gambar.4.1 Model Ukuran Struktur Model

BAB V

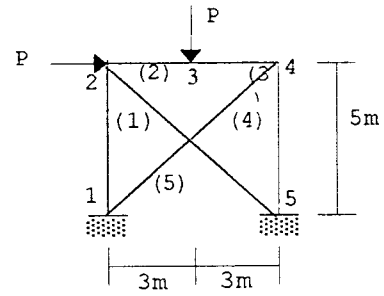
ANALISIS STRUKTUR

5.1 Pembebanan Struktur

Pada penelitian numeris ini, mengambil struktur model portal bidang baja dengan pembebanan struktur sebagai berikut (lihat gambar 5.1 dan gambar 5.2) :

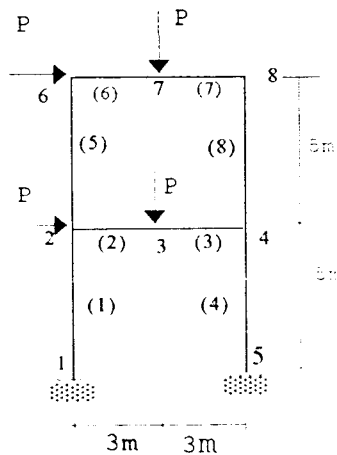


Gambar 5.1a model 1

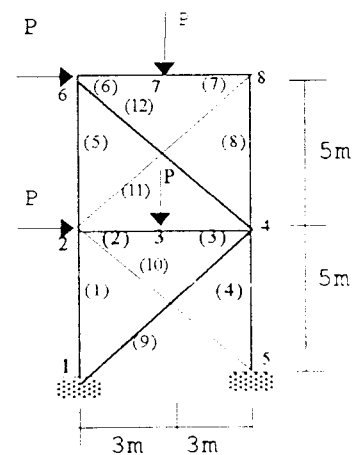


Gambar 5.1b model 2

Gambar 5.1 Model struktur 1 tingkat



Gambar 5.2a model 3



Gambar 5.2b model 4

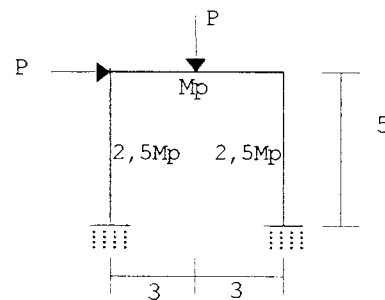
Gambar 5.2 Model struktur 2 tingkat

5.2 Analisa Pembebanan

Analisa pembebanan digunakan beban statis (vertikal dan horisontal). Penelitian numeris ini menggunakan metode statis dan metode mekanisme, dengan demikian besar beban yang terjadi pada struktur dapat dihitung. Perhitungan pembebanan adalah sebagai berikut :

5.2.1 Metode Statis

1. Struktur dan pembebanan 1 tingkat



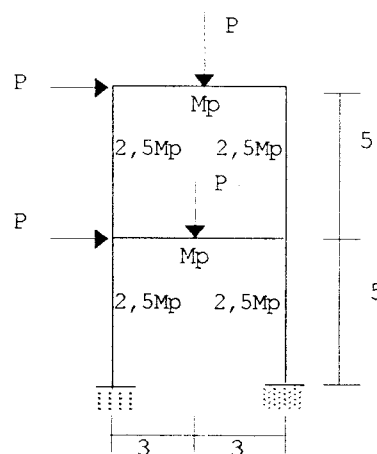
$$M_c = 2,76M_p$$

$$\frac{8}{6}P \cdot 3 = 2,76M_p$$

$$\frac{24}{6}P = 2,76M_p$$

$$P = 0,69M_p$$

2. Struktur dan pembebanan 2 tingkat



$$M_c = 7,675M_p$$

$$\frac{21}{6}P \cdot 3 = 7,675M_p$$

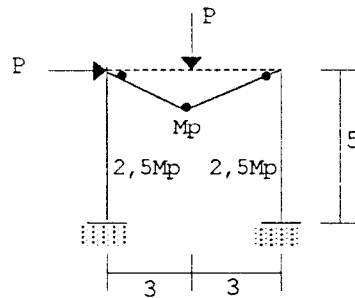
$$\frac{63}{6}P = 7,675M_p$$

$$P = 0,731M_p$$

5.2.2 Metode Mekanisme

1. Struktur dan pembebanan 1tingkat

1) Mekanisme 1 (balok)

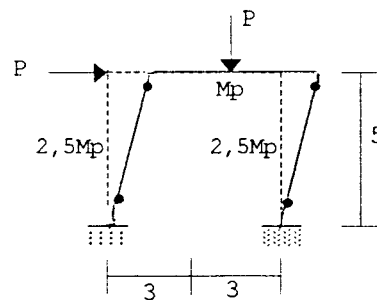


$$P \cdot \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot \theta = M_{p_b} \cdot 4\theta$$

$$3P\theta = 4M_p\theta$$

$$P_1 = \frac{4M_p}{3}$$

2) Mekanisme 2 (panel)

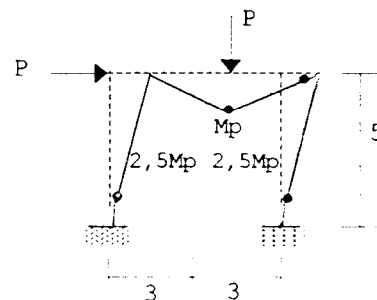


$$P \cdot 5 \cdot \theta = M_{p_c} \cdot 4\theta$$

$$5P\theta = 4 \cdot 2,5M_p\theta$$

$$P_2 = \frac{10M_p}{5}$$

3) Mekanisme 3 (balok + panel)



$$P \cdot \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot \theta + P \cdot 5 \cdot \theta = M_{p_b} \cdot 4\theta + M_{p_c} \cdot 2\theta$$

$$3P\theta + 5P\theta = 4M_p\theta + 2 \cdot 2,5M_p\theta$$

$$8P\theta = 9M_p\theta$$

$$P_3 = \frac{9M_p}{8}$$

4) Mekanisme 3, direduksi gaya dalam sebesar $2Mp\theta$

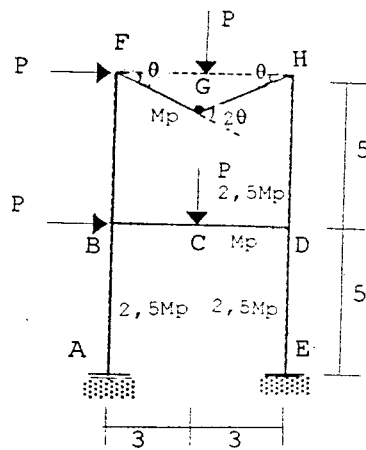
$$P \cdot \frac{1}{2} \cdot 6\theta + 5P\theta = (4Mp_b\theta + 2Mp_c\theta) - (Mp_b\theta + Mp_c\theta)$$

$$8P\theta = (4Mp\theta + 5Mp\theta) - (Mp\theta + 2,5Mp\theta)$$

$$P_4 = \frac{5,5Mp}{8} = 0,6875Mp$$

2. Struktur dan pembebanan 2 tingkat

1) Mekanisme balok FH

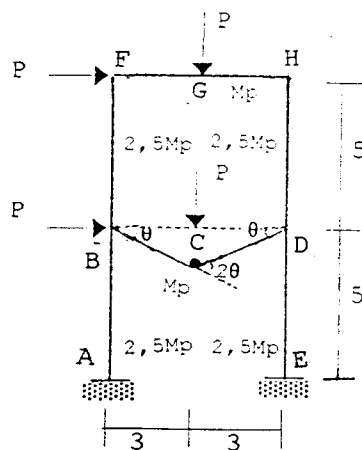


$$P \cdot \frac{1}{2} \cdot 6\theta = Mp_a (\theta + 2\theta + \theta)$$

$$3P\theta = 4Mp\theta$$

$$P_1 = \frac{4Mp}{3}$$

2) Mekanisme balok BD

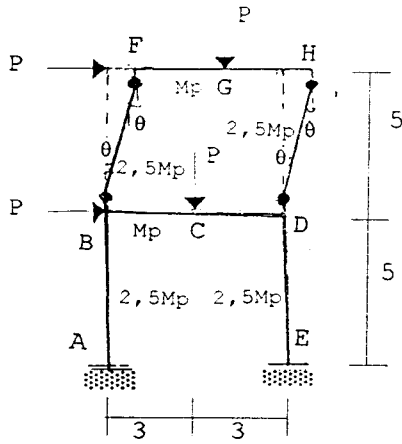


$$P \cdot \frac{1}{2} \cdot 6\theta = Mp_b (\theta + 2\theta + \theta)$$

$$3P\theta = 4Mp\theta$$

$$P_2 = \frac{4Mp}{3}$$

3) Mekanisme BFHD

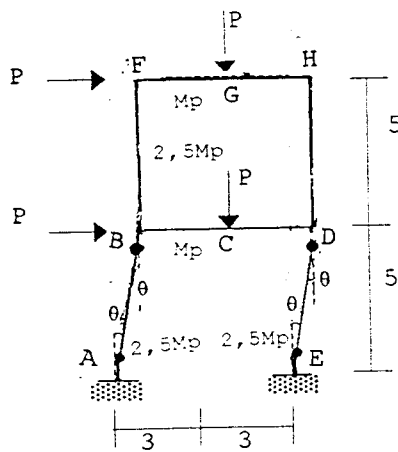


$$(P \cdot 5) \cdot 2 = M_p \cdot (\theta + \theta + \theta + \theta)$$

$$10P = 4.2,5M_p\theta$$

$$P_3 = \frac{10M_p}{10} = M_p$$

4) Mekanisme ABDE

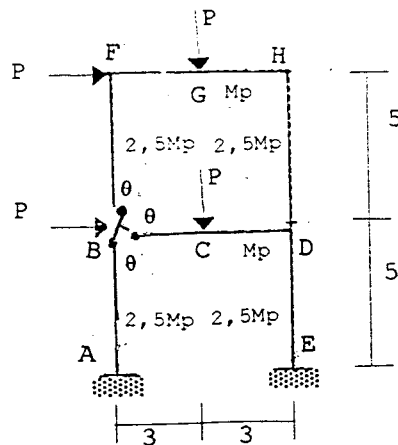


$$P \cdot 5\theta + P \cdot 5\theta = M_p \cdot (\theta + \theta + \theta + \theta)$$

$$10P\theta = 4.2,5M_p\theta$$

$$P_4 = \frac{10M_p}{10} = M_p$$

5) Mekanisme rotasi di B

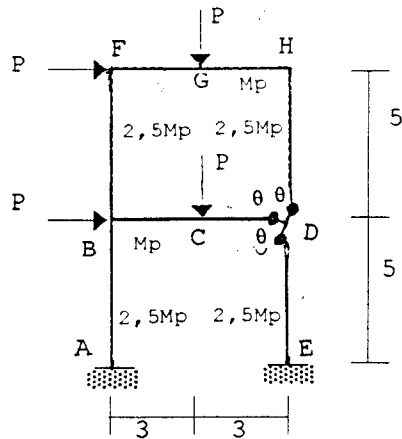


$$0 = 2M_p \cdot \theta + M_p \cdot \theta$$

$$0 = 2.2,5M_p\theta + M_p\theta$$

$$0 = 5M_p\theta + M_p\theta$$

6) Mekanisme rotasi di D

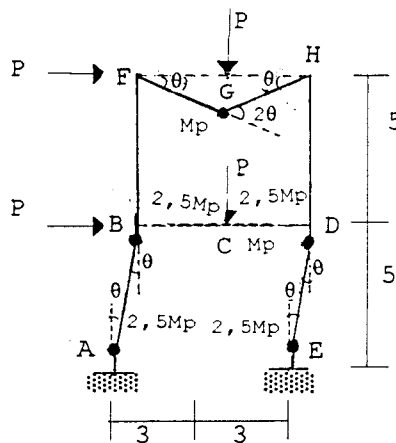


$$0 = 2M_{p_c}\theta + M_{p_b}\theta$$

$$0 = 2.2.5M_p\theta + M_p\theta$$

$$0 = 5M_p\theta + M_p\theta$$

7) Mekanisme balok FH dan panel ABDE



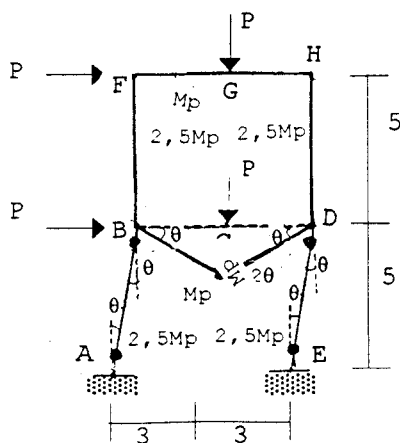
$$P \cdot \frac{1}{2} 6\theta + (5P\theta) \cdot 2 = M_{p_a} \cdot 4\theta + M_{p_c} \cdot 4\theta$$

$$3P\theta + 10P\theta = 4M_p\theta + 4.2.5M_p\theta$$

$$13P\theta = 14M_p\theta$$

$$P_7 = \frac{14M_p}{13}$$

8) Mekanisme balok BD dan panel ABDE



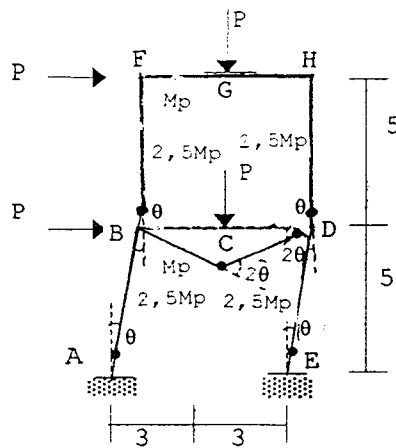
$$P \cdot \frac{1}{2} 6\theta + P \cdot 5\theta + P \cdot 5\theta = 4M_{p_b}\theta + 4M_{p_c}\theta$$

$$3P\theta + 10P\theta = 4M_p\theta + 4.2.5M_p\theta$$

$$13P\theta = 14M_p\theta$$

$$P_8 = \frac{14M_p}{13}$$

9) Mekanisme balok BD, panel ABDE, rotasi di C dan rotasi di D



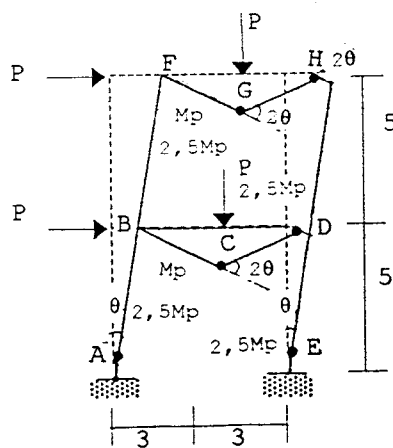
$$P \cdot \frac{1}{2} 6\theta + P \cdot 5\theta + P \cdot 5\theta + 0 + 0 = 4M_p\theta + 4M_p\theta - 2M_p\theta + 2M_p\theta$$

$$13P\theta = 2M_p\theta + 6 \cdot 2,5M_p\theta$$

$$13P\theta = 17M_p\theta$$

$$P_0 = \frac{17M_p}{13}$$

10) Mekanisme gabungan balok FH, balok BD, panel BFHD, panel ABDE, rotasi di B dan rotasi di D.



$$\begin{aligned}
P \cdot \frac{1}{2} 60 + P \cdot \frac{1}{2} 60 + (P \cdot 50) \cdot 2 + P \cdot 50 + P \cdot 50 + 0 + 0 \\
&= 4M_p \theta + 4M_p \theta + 4M_p \theta - 2M_p \theta - 2M_p \theta + 2M_p \theta \\
26P\theta &= 2M_p \theta + 2M_p \theta + 6 \cdot 2,5M_p \theta \\
26P\theta &= 19M_p \theta \\
P_{10} &= \frac{19M_p}{26} = 0,731M_p
\end{aligned}$$

5.3 Analisa Perhitungan Momen Plastis

1. Pada balok

$$M_p = \sigma_y \cdot z_p$$

dimana:

$$\begin{aligned}
Z_p &= b_f \cdot t_f (D - t_f) + \frac{t_w (D - 2t_f)^2}{4} \\
Z_p &= 12,5 \cdot 1,62 \cdot (30 - 1,62) + \frac{1,08(30 - 2 \cdot 1,62)^2}{4} \\
Z_p &= 768,041352 \text{ cm}^3 \\
M_p &= 2400 \text{ kg/cm}^2 \cdot 768,041352 \text{ cm}^3 \\
&= 1843299,245 \text{ kgcm}
\end{aligned}$$

2. Pada kolom

$$M_p = \sigma_y \cdot z_p$$

dimana:

$$\begin{aligned}
Z_p &= b_f \cdot t_f (D - t_f) + \frac{t_w (D - 2t_f)^2}{4} \\
Z_p &= 30 \cdot 2,0 \cdot (30 - 2,0) + \frac{1,2(30 - 2 \cdot 2,0)^2}{4} \\
Z_p &= 1882,8 \text{ cm}^3 \\
M_p &= 2400 \text{ kg/cm}^2 \cdot 1882,8 \text{ cm}^3 \\
&= 4518720 \text{ kg/cm}
\end{aligned}$$

5.4 Pehitungan Momen Leleh

Pada balok

$$M_y = Z_e \cdot \sigma_0$$

dimana :

$$Z_e = b_f \cdot t_f \cdot C(D - t_f) + \frac{1}{2}(1-c) b_f \cdot t_f \cdot (D - \frac{2}{3}t_f) + \frac{1}{2} C \cdot t_w (\frac{1}{2}D - t_f) \frac{2}{3}(D - 2t_f)$$

$$\text{dengan : } C = \frac{(\frac{1}{2}D - t_f)}{\frac{1}{2}D}$$

$$= \frac{(\frac{1}{2}30,0 - 1,62)}{\frac{1}{2}30,0}$$

$$= 0,892 \text{ cm}$$

$$Z_e = 12,5 \cdot 1,62 \cdot 0,892 (30,0 - 1,62) + \frac{1}{2} (1 - 0,892) \cdot 12,5 \cdot 1,62$$

$$(30,0 - \frac{2}{3} \cdot 1,62) + \frac{1}{2} \cdot 0,892 \cdot 1,08 (\frac{1}{2} \cdot 30,0 - 1,62) \cdot \frac{2}{3} \cdot (30,0 - 2 \cdot 1,62)$$

$$= 659,2285907 \text{ cm}^3$$

$$M_y = 659,2285907 \text{ cm}^3 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 1582148,618 \text{ kg cm}$$

BAB VI

HASIL DAN PEMBAHASAN

6.1 Umum

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan terhadap model struktur portal baja bertingkat 1 (satu) dan bertingkat 2 (dua), pembahasan dilakukan menurut 3 (tiga) segi, sebagai berikut:

1. Perbandingan daktilitas simpangan,
2. Perbandingan daktilitas kurvatur,
3. Pengaruh struktur portal baja dengan *bracing* dan tanpa *bracing*.

Hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran 5.

6.2 Perbandingan Deformasi dan Faktor Beban

Besar deformasi dan faktor beban diperoleh dari hasil perhitungan program komputer seperti yang tertera pada tabel 6.1 dan tabel 6.2 sebagai berikut:

Tabel 6.1 Faktor beban dan deformasi model 1 dan model 2

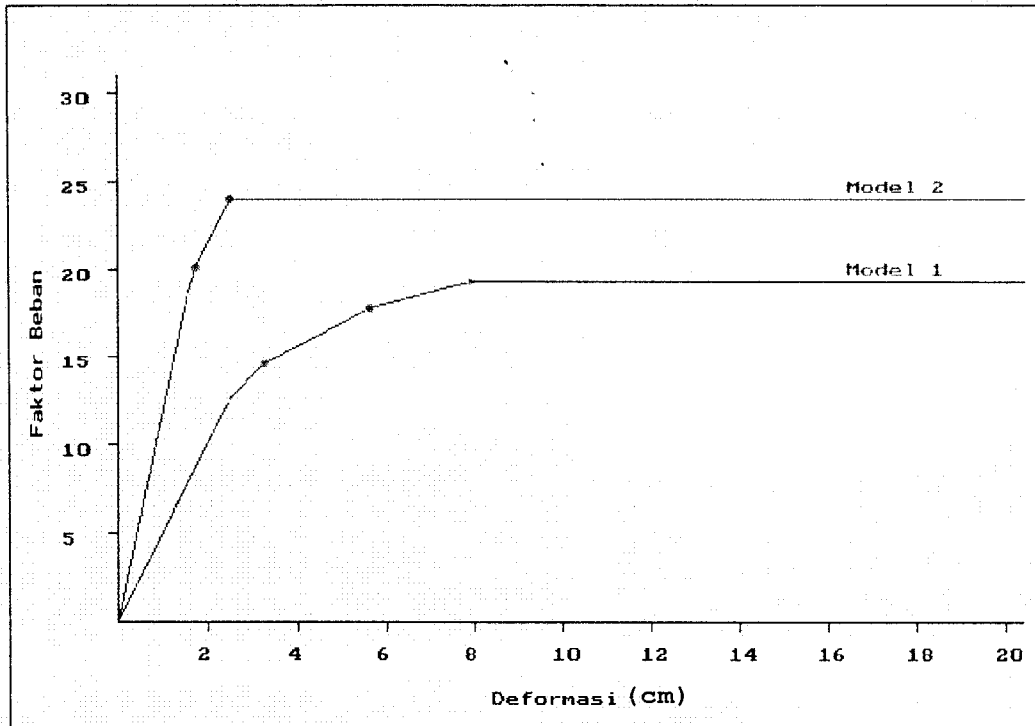
Sendi	Model 1		Model 2	
	faktor beban	deformasi (cm)	faktor beban	deformasi (cm)
I	12,60	2,4877	18,74	1,5557
II	14,57	3,2422	20,09	1,0210
III	17,76	5,5940	24,05	2,4979
IV	19,31	7,8826	-	-

Tabel 6.2 Faktor beban dan deformasi model 3 dan model 4

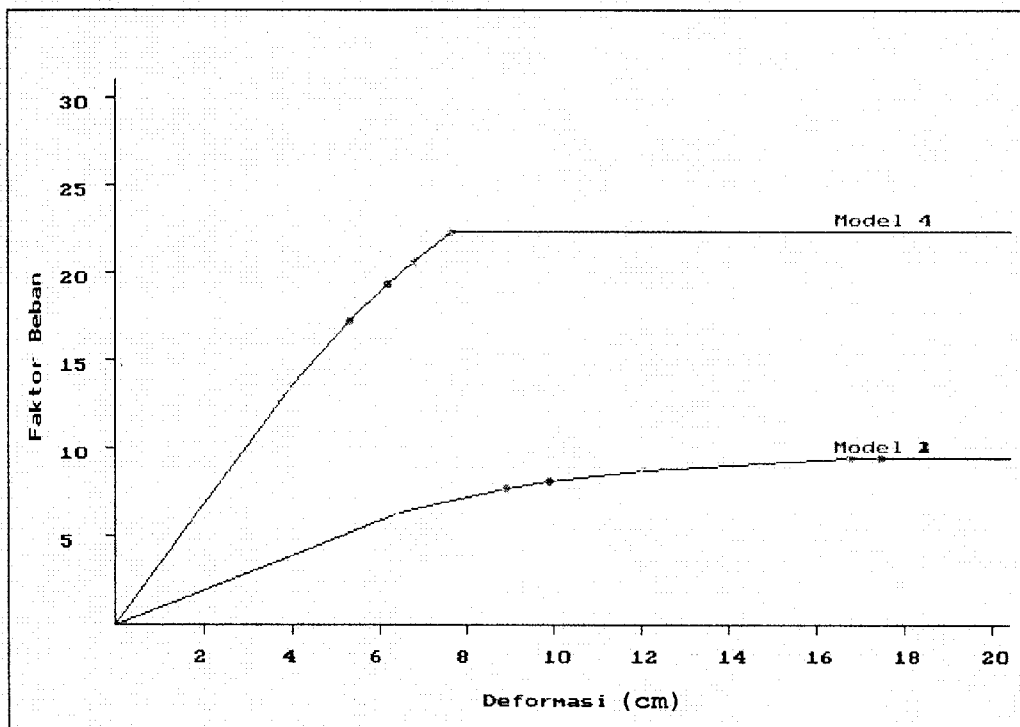
Sendi	Model 3		Model 4	
	faktor beban	deformasi (cm)	faktor beban	deformasi (cm)
I	6,256	6,4503	13,52	3,9679
II	7,739	8,8794	17,21	5,2653
III	8,122	9,8718	19,30	6,1527
IV	8,682	12,0278	20,60	6,7454
V	9,381	16,7458	22,32	7,6472
VI	9,449	17,4287	-	-

Dari tabel 6.1 dan tabel 6.2 terlihat bahwa jumlah sendi yang terbentuk pada struktur portal tanpa *bracing* lebih banyak dibandingkan dengan struktur yang menggunakan *bracing*. Faktor beban pada struktur tanpa *bracing* lebih kecil dibandingkan dengan struktur yang menggunakan *bracing*. Dikarenakan besar faktor beban yang terjadi pada struktur tanpa *bracing* lebih kecil maka deformasi yang terjadi pada struktur adalah besar. Sebaliknya faktor beban yang terjadi pada struktur dengan *bracing* besar maka deformasi yang terjadi adalah kecil. Jadi dengan demikian deformasi yang terjadi pada struktur tanpa *bracing* lebih besar dibandingkan dengan struktur yang menggunakan *bracing*. Hal ini menunjukkan bahwa dengan pemakaian *bracing*, maka akan memperkecil deformasi yang terjadi pada struktur. Untuk lebih jelas dapat ditunjukkan pada gambar grafik 6.1 dan gambar grafik 6.2.





Gambar 6.1 Grafik Hubungan Deformasi-Faktor beban pada model 1 dan model 2



Gambar 6.2 Grafik Hubungan Deformasi-Faktor beban pada model 3 dan model 4

6.3 Perhitungan Daktilitas

6.3.1 Daktilitas simpangan

Dari besar deformasi yang terjadi pada struktur maka dapat diperoleh nilai daktilitas simpangan untuk masing-masing model. Perhitungan nilai daktilitas simpangan dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Model 1: } \mu = \frac{\Delta\mu_4}{\Delta y} = \frac{7,8826}{2,4877} = 3,1686$$

$$\text{Model 2: } \mu = \frac{\Delta\mu_3}{\Delta y} = \frac{2,4979}{1,5557} = 1,6056$$

$$\text{Model 3: } \mu = \frac{\Delta\mu_6}{\Delta y} = \frac{17,4287}{6,4503} = 2,7019$$

$$\text{Model 4: } \mu = \frac{\Delta\mu_5}{\Delta y} = \frac{7,6472}{3,9679} = 1,9273$$

Untuk memperjelas dapat dibuat tabel sebagai berikut ini:

Tabel 6.3 Daktilitas Simpangan

	Deformasi lateral (cm)	Daktilitas simpangan	
		tanpa <i>bracing</i>	dengan <i>bracing</i>
Model 1	7,8826	3,1686	-
Model 2	2,4979	-	1,6056
Model 3	17,4287	2,7019	-
Model 4	7,6472	-	1,9273

Dari tabel 6.3 dan tabel 6.4 terlihat bahwa struktur portal dengan *bracing* mempunyai deformasi yang kecil dibanding dengan struktur portal tanpa *bracing*, sehingga diperoleh daktilitas simpangan yang lebih besar.

6.3.2 Daktilitas Kurvatur

Untuk mengidentifikasi nilai daktilitas kurvatur harus diketahui nilai rotasi sendi plastis dan letak sendi plastis atau panjang sendi plastis.

1. Perhitungan nilai rotasi sendi plastis dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 6.4 Nilai rotasi sendi plastis model 1

Sendi	Pada batang/dekat titik	Faktor beban	d ₁ (m)	d ₂ (m)	d ₃ (rad)	d ₄ (m)	d ₅ (m)	d ₆ (rad)	$\varphi = d_3 - d_6$ (rad)
I	3/4	12,60	0,024697	-0,00988	0,002487	0,024517	-0,000150	-0,003096	0,00061
II	3/3	14,57	0,032222	-0,01431	0,002498	0,032022	-0,000166	-0,005347	0,00285
III	4/5	17,76	0,055410	-0,00017	-0,01237	0,0	0,0	0,0	0,01237
IV	1/1	19,31	0,0	0,0	0,0	0,078826	-0,000133	-0,026413	0,02641

Tabel 6.5 Nilai rotasi sendi plastis model 2

Sendi	Pada batang/dekat titik	Faktor beban	d ₁ (m)	d ₂ (m)	d ₃ (rad)	d ₄ (m)	d ₅ (m)	d ₆ (rad)	$\varphi = d_3 - d_6$ (rad)
I	3/4	18,74	0,01529	-0,01469	0,00151	0,01503	-0,00025	-0,000249	0,00126
II	3/3	20,09	0,01693	-0,01676	0,00141	0,01665	-0,000262	0,000735	0,000675
III	2/2	24,05	0,02911	-0,00401	0,00335	0,02907	-0,00022	-0,006499	0,00315

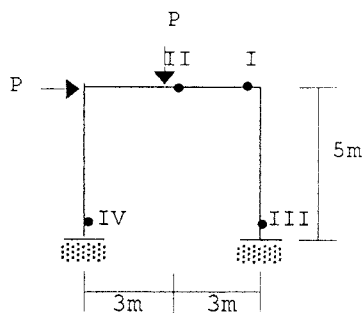
Tabel 6.6 Nilai rotasi sendi plastis model 3

Sendi	Pada batang/dekat titik	Faktor beban	d ₁ (m)	d ₂ (m)	d ₃ (rad)	d ₄ (m)	d ₅ (m)	d ₆ (rad)	$\varphi = d_3 - d_6$ (rad)
I	3/4	6,256	0,02911	-0,00401	0,00335	0,02907	-0,00022	-0,00649	0,00314
II	7/8	7,739	0,08868	-0,00605	0,00318	0,08857	0,00039	-0,00548	0,0023
III	3/3	8,122	0,04345	-0,01043	0,00360	0,04339	-0,00027	0,01094	0,00734
IV	7/7	8,682	0,12016	-0,01086	0,00348	0,01200	-0,000425	-0,00966	0,00618
V	4/5	9,381	0,06610	-0,000283	-0,01878	0,0	0,0	0,0	0,01878
VI	1/1	9,449	0,0	0,0	0,0	0,06879	-0,00001	-0,02039	0,02039

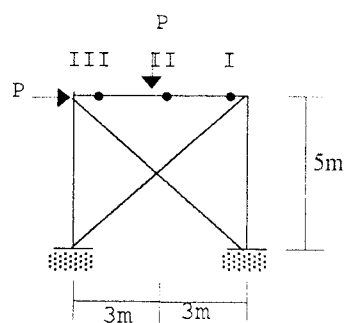
Tabel 6.7 Nilai rotasi sendi plastis model 4

Sendi	Pada batang/dekat titik	Faktor beban	d_1 (m)	d_2 (m)	d_3 (rad)	d_4 (m)	d_5 (m)	d_6 (rad)	$\varphi = d_3 - d_6$ (rad)
I	3/4	13,52	0,02194	-0,00866	0,00205	0,02185	0,00053	-0,00367	0,00162
II	3/3	17,21	0,02903	-0,01438	0,00172	0,02892	-0,00067	-0,00560	0,00388
III	7/8	19,30	0,06124	-0,01472	0,00117	0,06095	-0,00105	-0,00047	0,00007
IV	7/7	20,60	0,06715	-0,01654	0,00104	0,06684	-0,00112	-0,00098	0,00006
V	2/2	22,32	0,0	0,0	0,0	0,04078	0,00018	-0,01161	0,01161

Dari tabel 6.4 dan tabel 6.6 terlihat bahwa rotasi sendi plastis yang terbentuk pada struktur tanpa *bracing* lebih kecil dibandingkan dengan struktur dengan *bracing* seperti tertera pada tabel 6.5 dan tabel 6.7. Juga terlihat bahwa pada struktur dengan *bracing* terbentuk sendi plastis dengan jumlah yang lebih banyak dibandingkan dengan jumlah sendi plastis yang terbentuk pada struktur tanpa *bracing*. (lihat gambar 6.1 dan gambar 6.2)

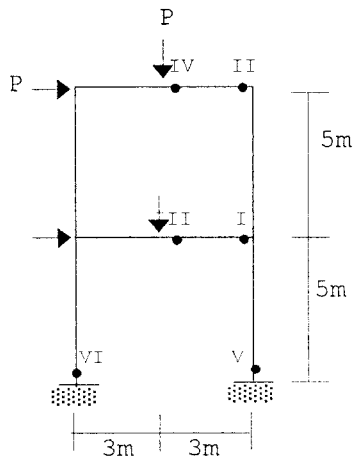


Gambar 6.1a model 1

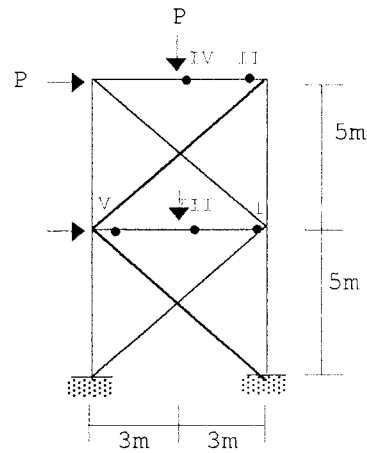


Gambar 6.1b model 2

Gambar 6.1 Jumlah dan letak sendi plastis model 1 dan model 2



Gambar 6.2a model 3



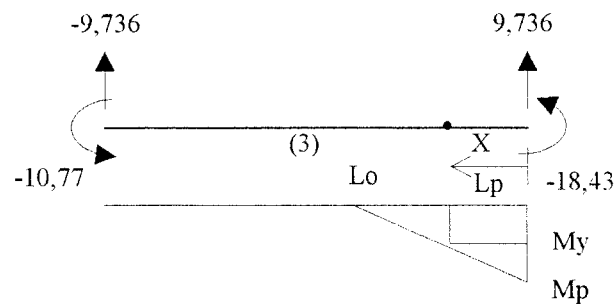
Gambar 6.2b model 4

Gambar 6.2 Jumlah dan letak sendi plastis model 3 dan model 4

2. Letak dan panjang sendi plastis

Pada analisis ini dari hasil perhitungan, sendi plastis terbentuk pertama kali pada batang 3 (tiga) maka dapat diidentifikasi letak dan panjang sendi plastis yang terbentuk. Perhitungan panjang sendi plastis adalah sebagai berikut:

Model 1:

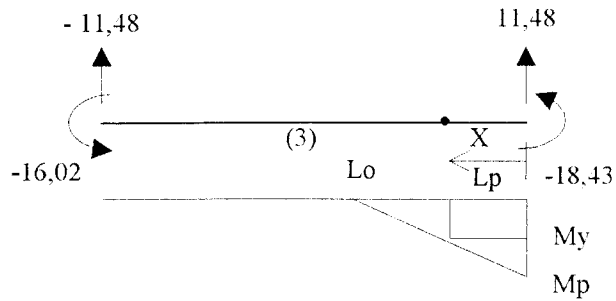


$$\Delta M = M_p - M_y = 18,43 - 15,82 = 2,61 \text{ ton m}$$

$$M_x = 9,736x - 18,43 \rightarrow M_x = 0 \rightarrow x = \frac{18,43}{9,736} = 1,893 \text{ m}$$

$$L_p = \frac{\Delta M}{M_p} \cdot L_o = \frac{2,61}{18,43} \cdot 1,893 = 0,2681 \text{ m}$$

Model 2:

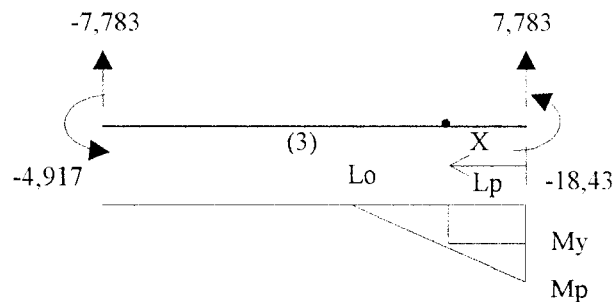


$$\Delta M = M_p - M_y = 18,43 - 15,82 = 2,61 \text{ ton m}$$

$$M_x = 11,48x - 18,43 \rightarrow M_x = 0 \rightarrow x = \frac{18,43}{11,48} = 1,605 \text{ m}$$

$$L_p = \frac{\Delta M}{M_p} \cdot L_o = \frac{2,61}{18,43} \cdot 1,605 = 0,2273 \text{ m}$$

Model 3:

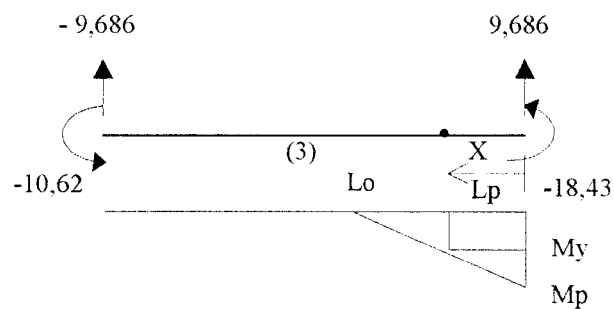


$$\Delta M = M_p - M_y = 18,43 - 15,82 = 2,61 \text{ ton m}$$

$$M_x = 7,783x - 18,43 \rightarrow M_x = 0 \rightarrow x = L_o = \frac{18,43}{7,783} = 2,3680 \text{ m}$$

$$L_p = \frac{\Delta M}{M_p} \cdot L_o = \frac{2,61}{18,43} \cdot 2,3680 = 0,3353 \text{ m}$$

Model 4:



$$\Delta M = M_p - M_y = 18,43 - 15,82 = 2,61 \text{ ton m}$$

$$M_x = 9,686x - 18,43 \rightarrow M_x = 0 \rightarrow x = L_o = \frac{18,43}{9,686} = 1,903 \text{ m}$$

$$L_p = \frac{\Delta M}{M_p} \cdot L_o = \frac{2,61}{18,43} \cdot 1,903 = 0,2695 \text{ m}$$

Hasil perhitungan panjang sendi plastis dapat ditabelkan sebagai berikut ini:

Tabel 6.8. Panjang Sendi Plastis

	Panjang Sendi Plastis (m)	
	tanpa <i>bracing</i>	dengan <i>bracing</i>
Model 1	0,2681	-
Model 2	-	0,2273
Model 3	0,3353	-
Model 4	-	0,2695

Dari tabel 6.8 terlihat bahwa panjang sendi plastis yang terjadi pada struktur tanpa *bracing* lebih besar sehingga mengakibatkan letak sendi plastis semakin jauh dari join dibandingkan dengan struktur dengan *bracing* yang letak sendi plastis semakin dekat dengan join.

3. Nilai daktilitas kurvatur

Dari perhitungan rotasi sendi plastis dan panjang sendi plastis maka nilai daktilitas kurvatur dapat teridentifikasi. Perhitungan nilai daktilitas kurvatur adalah sebagai berikut :

Model 1:

$$\phi_1 = \frac{\varphi_1}{I_p} = \frac{0,00061}{0,2681} = 0,00227 \text{ rad/m}$$

$$\phi_2 = \phi_1 + \frac{\varphi_2}{I_p} = 0,00227 + \frac{0,00285}{0,1416} = 0,0224 \text{ rad/m}$$

$$\phi_3 = \phi_2 + \frac{\varphi_3}{I_p} = 0,0224 + \frac{0,01237}{0,2681} = 0,0685 \text{ rad/m}$$

$$\phi_4 = \phi_3 + \frac{\varphi_4}{I_p} = 0,0685 + \frac{0,02641}{0,2681} = 0,1671 \text{ rad/m}$$

$$\phi = \frac{\phi_4}{\phi_1} = \frac{0,1671}{0,00227} = 73,5952$$

Model 2:

$$\phi_1 = \frac{\varphi_1}{I_p} = \frac{0,00126}{0,2273} = 0,00554 \text{ rad/m}$$

$$\phi_2 = \phi_1 + \frac{\varphi_2}{I_p} = 0,00554 + \frac{0,000675}{0,2273} = 0,008513 \text{ rad/m}$$

$$\phi_3 = \phi_2 + \frac{\varphi_3}{I_p} = 0,008513 + \frac{0,00315}{0,2273} = 0,02237 \text{ rad/m}$$

$$\phi = \frac{\phi_3}{\phi_1} = \frac{0,02237}{0,00554} = 4,03791$$

Model 3:

$$\phi_1 = \frac{\varphi_1}{I_p} = \frac{0,00314}{0,3353} = 0,009365 \text{ rad/m}$$

$$\phi_2 = \phi_1 + \frac{\varphi_2}{I_p} = 0,00936 + \frac{0,0023}{0,3353} = 0,01622 \text{ rad/m}$$

$$\phi_3 = \phi_2 + \frac{\varphi_3}{I_p} = 0,01622 + \frac{0,00734}{0,3353} = 0,03811 \text{ rad/m}$$

$$\phi_4 = \phi_3 + \frac{\varphi_4}{I_p} = 0,03811 + \frac{0,00618}{0,3353} = 0,05655 \text{ rad/m}$$

$$\phi_5 = \phi_4 + \frac{\varphi_5}{I_p} = 0,05655 + \frac{0,01878}{0,3318} = 0,11315 \text{ rad/m}$$

$$\phi_6 = \phi_5 + \frac{\varphi_6}{I_p} = 0,11315 + \frac{0,02039}{0,3318} = 0,17459 \text{ rad/m}$$

$$\phi = \frac{\phi_6}{\phi_1} = \frac{0,17459}{0,009365} = 18,6438$$

Model 4:

$$\phi_1 = \frac{\varphi_1}{I_p} = \frac{0,00162}{0,2695} = 0,00601$$

$$\phi_2 = \phi_1 + \frac{\varphi_2}{I_p} = 0,00601 + \frac{0,00388}{0,2695} = 0,02041 \text{ rad/m}$$

$$\phi_3 = \phi_2 + \frac{\varphi_3}{I_p} = 0,02041 + \frac{0,0007}{0,2695} = 0,0230 \text{ rad/m}$$

$$\phi_4 = \phi_3 + \frac{\varphi_4}{I_p} = 0,0230 + \frac{0,00006}{0,2695} = 0,0232 \text{ rad/m}$$

$$\phi_5 = \phi_4 + \frac{\varphi_5}{I_p} = 0,0232 + \frac{0,01161}{0,2695} = 0,06631 \text{ rad/m}$$

$$\phi = \frac{\phi_4}{\phi_5} = \frac{0,06631}{0,00601} = 11,0329$$

Nilai rotasi sendi plastis dan panjang sendi plastis berpengaruh terhadap nilai daktilitas kurvatur yang terjadi pada struktur. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 6.9 di bawah ini:

Tabel 6.9. Daktilitas kurvatur

	Daktilitas kurvatur	
	tanpa <i>bracing</i>	dengan <i>bracing</i>
Model 1	73,5952	-
Model 2	-	4,0379
Model 3	18,6438	-
Model 4	-	11,0329

Dari tabel 6.9 terlihat bahwa nilai daktilitas kurvatur pada struktur tanpa *bracing* lebih besar dibanding daktilitas kurvatur pada struktur dengan *bracing*, hal ini dipengaruhi oleh besar rotasi sendi dan letak sendi plastis. Apabila rotasi sendi plastis besar dan letak sendi plastis kecil atau dekat dengan join akan mengakibatkan daktilitas kurvatur besar.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian numeris tentang daktilitas struktur portal diperoleh beberapa kesimpulan antara lain:

1. Dari tabel 6.1 terlihat bahwa jumlah sendi plastis yang terbentuk pada struktur portal dengan *bracing* lebih sedikit dibandingkan dengan struktur portal tanpa *bracing*. Hal ini dikarenakan pada struktur portal tanpa *bracing* selalu terjadi *beam mechanism*,
2. Sendi plastis pertama kali terbentuk pada penampang balok dengan momen elastis maksimum,
3. Pada struktur portal dengan *bracing* mempunyai faktor beban yang lebih besar dibandingkan dengan struktur portal tanpa *bracing* sehingga pada struktur portal dengan *bracing* mampu menerima beban yang lebih besar dibanding struktur portal tanpa *bracing* (lihat tabel 6.1),
4. Pada beban lateral yang sama struktur portal dengan *bracing* mengalami deformasi yang lebih kecil dibandingkan struktur portal tanpa *bracing* (lihat tabel 6.1),
5. Mengacu kepada deformasi lateral yang terjadi pada struktur portal maka struktur portal tanpa *bracing* mempunyai daktilitas

simpangan yang lebih besar dibandingkan dengan struktur portal dengan *bracing* (lihat tabel 6.3),

6. Semakin kecil nilai rotasi sendi plastis dan semakin jauh jarak sendi plastis terhadap join maka akan diperoleh daktilitas kurvatur yang besar. Hal ini terjadi pada struktur portal tanpa *bracing* yang menghasilkan nilai daktilitas kurvatur yang lebih besar dibanding dengan struktur portal dengan *bracing* (lihat tabel 6.9),
7. Nilai daktilitas kurvatur lebih besar dari pada nilai daktilitas simpangan yang terjadi pada kedua struktur portal tersebut. Hal ini disebabkan pada daktilitas kurvatur terjadi penambahan momen atau rotasi sehingga mengakibatkan daktilitas kurvatur yang terjadi lebih besar dibandingkan dengan daktilitas simpangan. Sedangkan daktilitas simpangan dipengaruhi oleh gaya lateral saja sehingga mengakibatkan daktilitas simpangan yang terjadi pada struktur akan lebih kecil dibandingkan dengan daktilitas kurvatur yang terjadi pada struktur.

7.2 Saran

Saran yang dapat penyusun sampaikan adalah perlu diadakan penelitian yang sama tetapi menggunakan dimensi ukuran struktur yang berbeda sehingga berpengaruh terhadap pembebanan dan pemilihan profil baja WF.

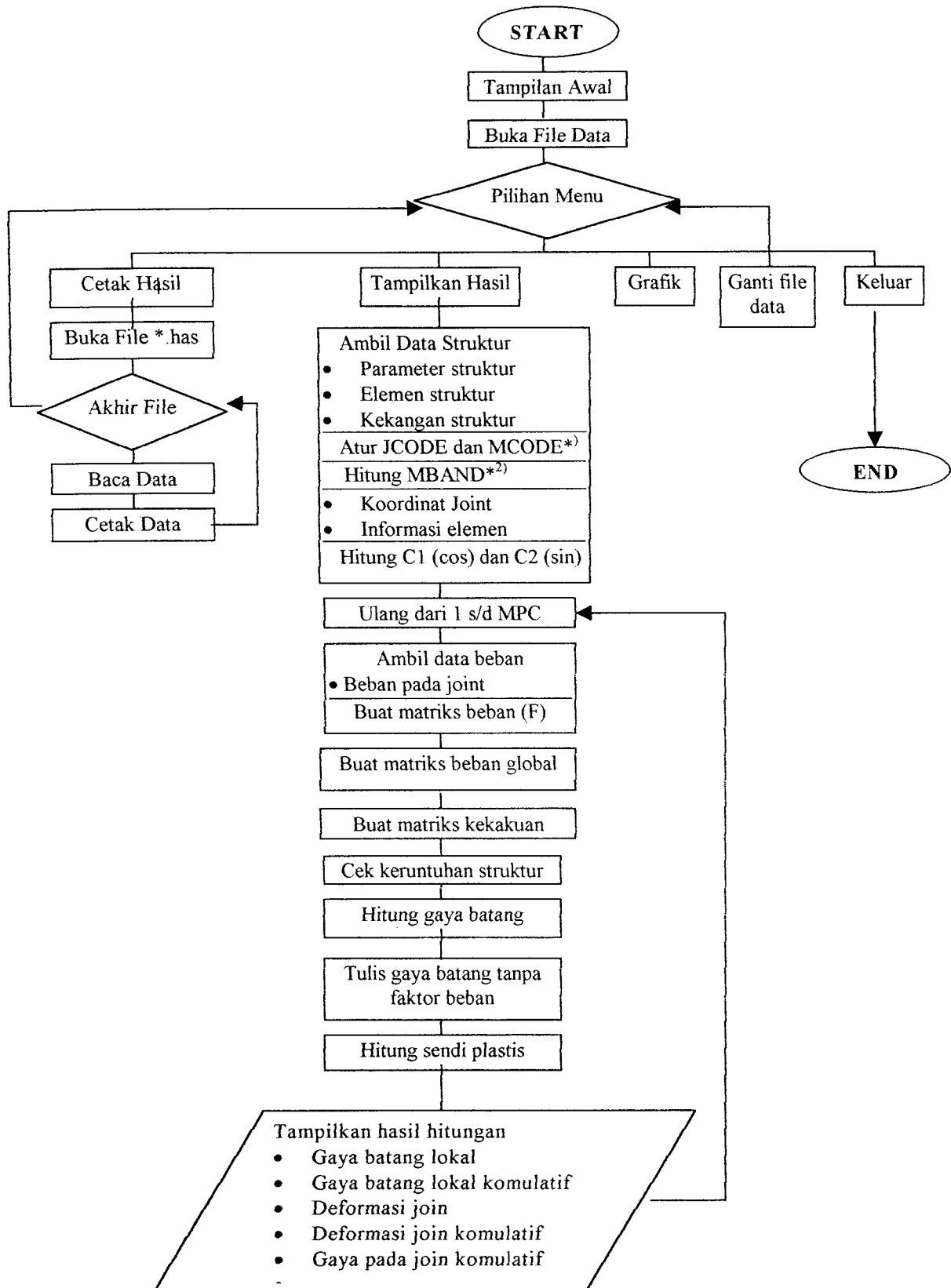
DAFTAR PUSTAKA

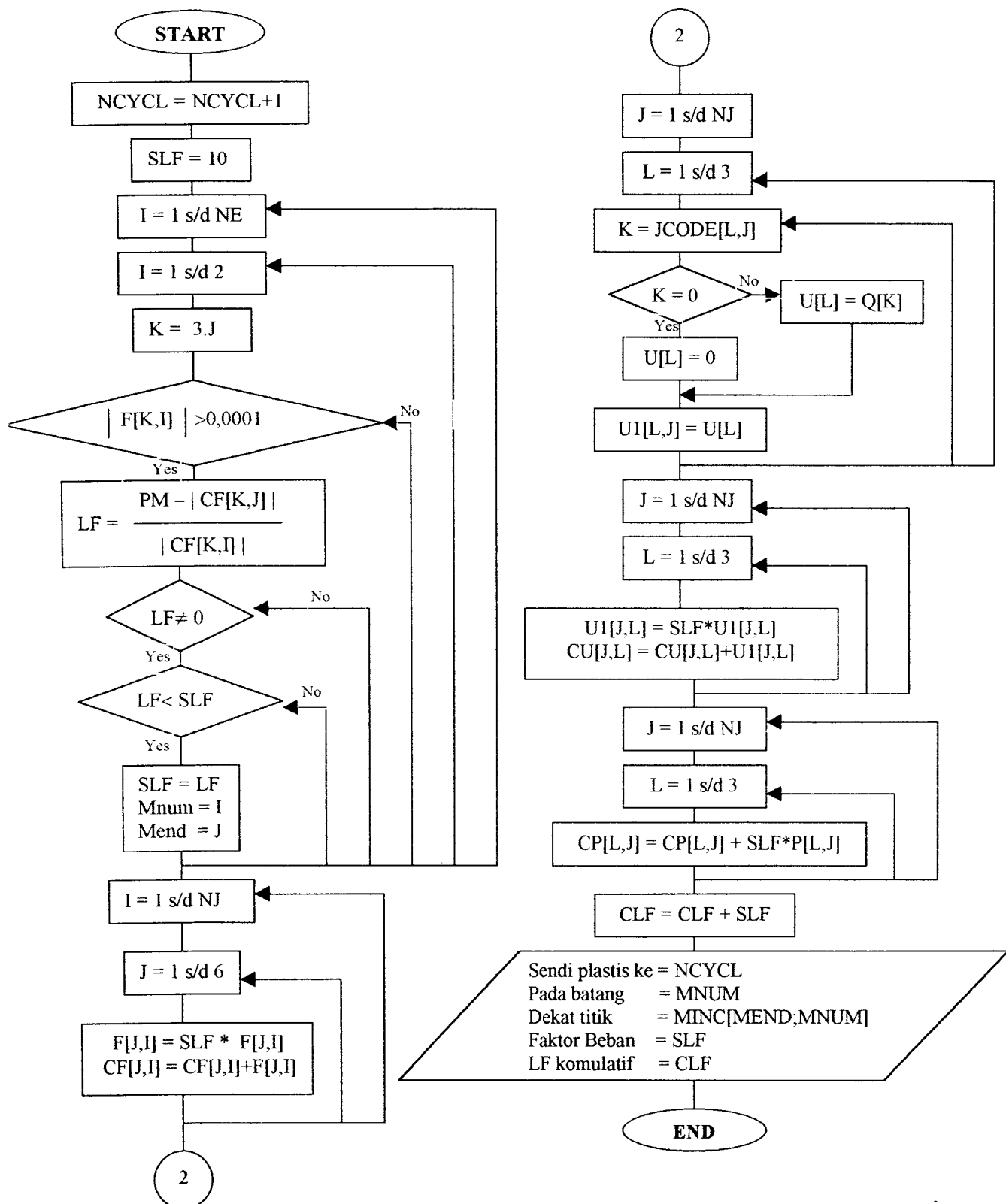
- Balfour., D.A. James, 1986, *Computer Analysis of Stuctural Frame Work*, Great Britain.
- Beedle, L.S., 1958, *Plastic Design of Steel Frames*, New York.
- Bruneau. M., U. Chia-Ming., & Whittaker. A,1998, *Ductile Design of Steel Structures*, McGraw-Hill, New York.
- Fatkhurrohman, 1997, *Diktat Kuliah Analisa Plastis*, Yogyakarta.
- Hardi Santoso , *Tabel Profif Konstruksi Baja*.
- Horne, M. R., & Morris,L.J., 1981, *Plastic Design of Low-Rise Frames*, Granada, London.
- Gideon Kusuma, 1986, *Makalah Seminar Perencanaan Struktur Baja*, Universitas Petra Surabaya.
- Neal.B.G., 1977, *The Plastic Methodes of Structural Analysis*, London.
- Reksoatmodjo, 1991, *Proses Perancangan dan Analisis Struktur*, Kursus Singkat Mekanika Bahan Lanjut, PAU, UGM, Yogyakarta.
- Susastrawan,1991, *Analisis Struktur dengan Cara Matriks*, Andi-Offset, Yogyakarta.
- Wahyudi, L., dan Rahim, S. A.,1992, *Metode Plastis Analisis dan Desain*, Gramedia, Jakarta.
- Wangsadinata W dan Tumilar S, 1989, *Daktilitas Struktur Beton Sehubungan dengan Pemberian Prategangan dalam kaitannya dengan Redaman Beton*, Bandung.
- Wangsadinata,1968, *Teori Kekuatan Batas*, DPU, Bandung, 1968.
- Widodo,1996, *Diktat Kuliah Teknik Gempa*, Yogyakarta.
- Wira,1990, *Analisa Struktur*, Universitas Kristen Indonesia, Erlangga.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1
(Flow Chart Program)

FLOW CHART PROGRAM



FLOWCHART ELASTISPLASTIS

LAMPIRAN 2
(Input data model 1, 2, 3, dan 4)

Input Data Model 2

6	5	5		
1	1	2		
2	2	3		
3	3	4		
4	4	5		
5	1	4		
6	2	5		
1	1			
1	2			
1	3			
5	1			
5	2			
5	3			
0	0			
1	0	0		
2	0	5		
3	3	5		
4	6	5		
5	6	0		
1	0.0154	25760E-8	2.1E7	4518720E-5
2	0.00691	9800E-8	2.1E7	1843299.245E-5
3	0.00691	9800E-8	2.1E7	1843299.245E-5
4	0.0154	25760E-8	2.1E7	4518720E-5
5	0.000227	0	2.1E7	0
6	0.000227	0	2.1E7	0
2	1	1		
3	2	-1		
0	0	0		
2	1	1		
3	2	-1		
0	0	0		
2	1	1		
3	2	-1		
0	0	0		
2	1	1		
3	2	-1		
0	0	0		

6	1	1
7	2	-1
0	0	0
2	1	1
3	2	-1
6	1	1
7	2	-1
0	0	0
2	1	1
3	2	-1
6	1	1
7	2	-1
0	0	0
2	1	1
3	2	-1
6	1	1
7	2	-1
0	0	0

Input Data Model 3

8	8	6		
1	1	2		
2	2	3		
3	3	4		
4	4	5		
5	2	6		
6	6	7		
7	7	8		
8	4	8		
1	1			
1	2			
1	3			
5	1			
5	2			
5	3			
0	0			
1	0	0		
2	0	5		
3	3	5		
4	6	5		
5	6	0		
6	0	10		
7	3	10		
8	6	10		
1	0.0154	25760E-8	2.1E7	4518720E-5
2	0.00691	9800E-8	2.1E7	1843299.254E-5
3	0.00691	9800E-8	2.1E7	1843299.254E-5
4	0.0154	25760E-8	2.1E7	4518720E-5
5	0.0154	25760E-8	2.1E7	4518720E-5
6	0.00691	9800E-8	2.1E7	1843299.254E-5
7	0.00691	9800E-8	2.1E7	1843299.254E-5
8	0.0154	25760E-8	2.1E7	4518720E-5
2	1	1		
3	2	-1		
6	1	1		
7	2	-1		
0	0	0		
2	1	1		
3	2	-1		
6	1	1		
7	2	-1		
0	0	0		
2	1	1		
3	2	-1		
6	1	1		
7	2	-1		
0	0	0		
2	1	1		
3	2	-1		
6	1	1		
7	2	-1		
0	0	0		
2	1	1		
3	2	-1		

6	1	1
7	2	-1
0	0	0
2	1	1
3	2	-1
6	1	1
7	2	-1
0	0	0
2	1	1
3	2	-1
6	1	1
7	2	-1
0	0	0
2	1	1
3	2	-1
6	1	1
7	2	-1
0	0	0

Input Data model 4

12	8	8		
1	1	2		
2	2	3		
3	3	4		
4	4	5		
5	2	6		
6	6	7		
7	7	8		
8	4	8		
9	1	4		
10	2	5		
11	2	8		
12	4	6		
1	1			
1	2			
1	3			
5	1			
5	2			
5	3			
0	0			
1	0	0		
2	0	5		
3	3	5		
4	6	5		
5	6	0		
6	0	10		
7	3	10		
8	6	10		
1	0.0154	25760E-8	2.1E7	4518720E-5
2	0.00691	9800E-8	2.1E7	1843299.245E-5
3	0.00691	9800E-8	2.1E7	1843299.245E-5
4	0.0154	25760E-8	2.1E7	4518720E-5
5	0.0154	25760E-8	2.1E7	4518720E-5
6	0.00691	9800E-8	2.1E7	1843299.245E-5
7	0.00691	9800E-8	2.1E7	1843299.245E-5
8	0.0154	25760E-8	2.1E7	4518720E-5
9	0.000227	0	2.1E7	0
10	0.000227	0	2.1E7	0
11	0.000227	0	2.1E7	0
12	0.000227	0	2.1E7	0
2	1	1		
3	2	-1		
6	1	1		
7	2	-1		
0	0	0		
2	1	1		
3	2	-1		
6	1	1		
7	2	-1		
0	0	0		
2	1	1		
3	2	-1		
6	1	1		
7	2	-1		

LAMPIRAN 3
(Program komputer bahasa Pascal)

```

uses Crt, Graph, Printer;

const
  MX=25;
  MXNEQ=3*MX;

Indeks1:array[1..6,1..6] of integer=((1,2,0,-1,-2,0), (2,3,0,-2,-3,0), (0,0,0,0,0,0),
                                     (-1,-2,0,1,2,0), (-2,-3,0,2,3,0), (0,0,0,0,0,0));
Indeks2:array[1..6,1..6] of integer=((1,2,0,-1,-2,4), (2,3,0,-2,-3,5), (0,0,0,0,0,0),
                                     (-1,-2,0,1,2,-4), (-2,-3,0,2,3,-5), (4,5,0,-4,-5,6));
Indeks3:array[1..6,1..6] of integer=((1,2,4,-1,-2,0), (2,3,5,-2,-3,0), (4,5,6,-4,-5,0),
                                     (-1,-2,-4,1,2,0), (-2,-3,-5,2,3,0), (0,0,0,0,0,0));
Indeks4:array[1..6,1..6] of integer=((1,2,4,-1,-2,4), (2,3,5,-2,-3,5), (4,5,6,-4,-5,7),
                                     (-1,-2,-4,1,2,-4), (-2,-3,-5,2,3,-5), (4,5,7,-4,-
5,6));

var
  F, CF : array[1..6,1..MX] of real;
  P, CP, X : array[1..3,1..MX] of real;
  CU, U1 : array[1..MX,1..3] of real;
  U : array[1..3] of real;
  SS : array[1..MXNEQ,1..MXNEQ] of real;
  Q, QD, D : array[1..MXNEQ] of real;
  DFM, FB : array[1..10,1..MXNEQ] of real;
  AREA, ZI, EMOD, ELENG, C1, C2, PM : array[1..MX] of real;
  MCODE : array[1..6,1..MX] of integer;
  JCODE : array[1..3,1..MX] of integer;
  MINC : array[1..2,1..MX] of integer;
  NA : array[1..MX] of integer;
  G : array[1..7] of real;
  Siklus : array[1..10] of integer;
  Indeks:array[1..6,1..6] of integer;

  Pil, Driver, Mode, JumDat :integer;
  NE, NJ, MPC, MC, I, J, K, L, II, IJ, IK, JNUM, JDIR, JE : integer;
  NEQ, MBD, MBAND, MT, MN, MAT, N, M, MM, IS, IL, IDIF, IE, NCYCL, MNUM, MEND : integer;
  EL1, EL2, ACT, DIST, A, B, EL, KP, FORCE, ACE, CLN, C2N, C1I, C2I, DEF : real;
  ALFA, GAMA, D14, D25, D36, SLF, LF, CLF : real;

  CekHitung, RuntuH : boolean;
  NamaFile, Baca : string;
  Jawab, TCetak : string[1];
  V : string[3];
  FD, FH :text;

label
  balik;

function FG(C1,C2,FX,FY:real):real;
begin
  FG:=C1*FX+C2*FY;
end;

{===== Membuat Tampilan Awal dan Buka File Data =====}
procedure Mulai;
begin
  clrscr;
  textcolor(14);
  gotoxy(15,3);write('-----');
  gotoxy(15,4);write('          Analisis Struktur Portal Bidang          ');
  gotoxy(15,5);write('          oleh : wiwik-ashuri          ');
  gotoxy(15,6);write('-----');
  gotoxy(15,7);write('          Universitas Islam Indonesia          ');
  gotoxy(15,8);write('-----');
end;

```

```

procedure AmbilFile;
begin
  NamaFile:='';
  textcolor(12);
  gotoxy(15,10);write('          Nama File Data (*.TXT) : '); Readln(NamaFile);
  assign(FD,Namafile+'.TXT');
  assign(FH,Namafile+'.HAS');
  JumDat:=JumDat+1;
end;

procedure HapusData;
begin
  for I:=1 to 6 do for J:=1 to MX do begin F[I,J]:=0; CF[I,J]:=0; end;
  for I:=1 to 3 do for J:=1 to MX do begin P[I,J]:=0; CP[I,J]:=0; X[I,J]:=0; end;
  for I:=1 to MX do for J:=1 to 3 do begin CU[I,J]:=0; UI[I,J]:=0; end;
  for I:=1 to 3 do U[I]:=0;
  for I:=1 to MXNEQ do for J:=1 to MXNEQ do SS[I,J]:=0;
  for I:=1 to MXNEQ do begin Q[I]:=0; QD[I]:=0; D[I]:=0; end;
  for I:=1 to MX do begin AREA[I]:=0; ZI[I]:=0; EMGD[I]:=0; ELENG[I]:=0; C1[I]:=0;
  C2[I]:=0; PM[I]:=0; end;
  for I:=1 to 6 do for J:=1 to MX do MCODE[I,J]:=0;
  for I:=1 to 3 do for J:=1 to MX do JCODE[I,J]:=0;
  for I:=1 to 2 do for J:=1 to MX do MINC[I,J]:=0;
  for I:=1 to MX do NA[I]:=0;
  for I:=1 to 7 do G[I]:=0;
  for I:=1 to 6 do for J:=1 to 6 do Indeks[I,J]:=0;

  NE:=0; NJ:=0; MPC:=0; MC:=0; I:=0; J:=0; K:=0; L:=0; II:=0; IU:=0; IK:=0;
  JNUM:=0; JDIR:=0; JE:=0;
  NEQ:=0; MBD:=0; MBAND:=0; ME:=0; MN:=0; MAT:=0; N:=0; M:=0; MM:=0; IS:=0;
  IL:=0; IDIF:=0; IB:=0;
  MNUM:=0; MEND:=0; EL1:=0; EL2:=0; ACT:=0; DIST:=0; A:=0; B:=0; EL:=0; KP:=0;
  FORCE:=0; ACE:=0;
  C1N:=0; C2N:=0; C1I:=0; C2I:=0; DEF:=0;
  ALFA:=0; GAMA:=0; D14:=0; D15:=0; D36:=0; SLF:=0; LF:=0; CLF:=0;
end;

procedure Menu;
begin
  textcolor(12);
  gotoxy(20,11);write('-----');
  gotoxy(20,12);write('          Nama File : ');
  gotoxy(20,13);write('-----');
  gotoxy(20,14);write('          (1) Tampilkan Hasil ');
  gotoxy(20,15);write('          (2) Grafik Deformasi-Faktor Beban ');
  gotoxy(20,16);write('          (3) Cetak Hasil ');
  gotoxy(20,17);write('          (4) Ganti File Data ');
  gotoxy(20,18);write('          (5) Keluar ');
  gotoxy(20,19);write('-----');
  gotoxy(20,20);write('          Pilihan : ');
  gotoxy(20,21);write('-----');
  textcolor(9);
  gotoxy(37,12);write(NamaFile+'.TXT');
  textcolor(14);

  gotoxy(40,20);Read(Pil);
  textcolor(15);
end;

(===== Pengambilan Data Struktur =====)
procedure DataStruktur;
begin
  clrscr;
  readln(FD,NE,NJ,MPC);
  textcolor(12);
  writeln('-----');
  writeln('Parameter Struktur');
  writeln('-----');
  textcolor(13);
  writeln('Jumlah Batang          : ',NE:4);
  writeln('Jumlah Joint           : ',NJ:4);

```



```

writeln('Sendi Plastis Maksimum : ',MPC:4);
writeln;

writeln(FH,'-----');
writeln(FH,'Parameter Struktur');
writeln(FH,'-----');
writeln(FH,'Jumlah Batang      : ',NE:4);
writeln(FH,'Jumlah Joint      : ',NJ:4);
writeln(FH,'Sendi Plastis Maksimum : ',MPC:4);
writeln(FH);

textcolor(12);
writeln('Data Struktur');
writeln('-----');
writeln('No.Batang   No.Joint Kiri   No.Joint Kanan');
writeln('-----');
textcolor(15);

writeln(FH,'Data Struktur');
writeln(FH,'-----');
writeln(FH,'No.Batang   No.Joint Kiri   No.Joint Kanan');
writeln(FH,'-----');

for J:=1 to NE do
begin
  readln(FD,I,MINC[1,I],MINC[2,I]);
  writeln(I:7,MINC[1,I]:14,MINC[2,I]:17);
  writeln(FH,I:7,MINC[1,I]:14,MINC[2,I]:17);
end;

textcolor(12);
writeln('-----');
writeln(FH,'-----');
writeln; writeln(FH); readln;
for J:=1 to NJ do
  for L:=1 to 3 do JCODE[L,J]:=1;

writeln('Kekangan Struktur');
writeln('-----');
writeln('No.Joint   Arah');
writeln('-----');
textcolor(15);

writeln(FH,'Kekangan Struktur');
writeln(FH,'-----');
writeln(FH,'No.Joint   Arah');
writeln(FH,'-----');
JNUM:=1;
while JNUM<>0 do
begin
  readln(FD,JNUM,JDIR);
  if JNUM<>0 then begin
    writeln(JNUM:6,JDIR:8);
    writeln(FH,JNUM:6,JDIR:8);
    JCODE[JDIR,JNUM]:=0;
  end;
end;
textcolor(12);
writeln('-----');
writeln(FH,'-----');
writeln; writeln(FH); readln;

NEQ:=0;
for J:=1 to NJ do
  for L:=1 to 3 do
    if JCODE[L,J]<0 then
      begin
        NEQ:=NEQ+1;
        JCODE[L,J]:=NEQ;
      end;
end;

```

```

for I:=1 to NE do
begin
  J:=MINC[1,I];
  K:=MINC[2,I];
  for L:=1 to 3 do
  begin
    MCODE[L,I]:=JCODE[L,J];
    MCODE[L+3,I]:=JCODE[L,K];
  end;
end;

{Hitung MBAND}
MBAND:=0;
for I:=1 to NE do
begin
  L:=1;
  while (MCODE[L,I]=0) and (L<6) do L:=L+1;
  IS:=MCODE[L,I];
  L:=6;

  while (MCODE[L,I]=0) and (L>1) do L:=L-1;
  IL:=MCODE[L,I];
  IDIF:=IL-IS;
  if IDIF>MBAND then MBAND:=IDIF;
end;
MBD:=MBAND+1;

{--- Baca Koordinat Joint ---}
writeln('Koordinat Joint');
writeln('-----');
writeln('Joint      X      Y');
writeln('-----');
textcolor(15);

writeln(FH,'Koordinat Joint');
writeln(FH,'-----');
writeln(FH,'Joint      X      Y');
writeln(FH,'-----');
for I:=1 to NJ do
begin
  readln(FD,J,X[1,J],X[2,J]);
  writeln(J:3,X[1,J]:11:2,X[2,J]:9:2);
  writeln(FH,J:3,X[1,J]:11:2,X[2,J]:9:2);
end;
textcolor(12);
writeln('-----');
writeln(FH,'-----');
writeln; writeln(FH); readln;

writeln('Informasi Batang');
writeln('-----');
writeln('Batang  Luas  M.Inersia  Mod.Elastis  Panjang  Momen Plst. ');
writeln('-----');
textcolor(15);

writeln(FH,'Informasi Batang');
writeln(FH,'-----');
writeln(FH,'Batang  Luas  M.Inersia  Mod.Elastis  Panjang  Momen Plst. ');
writeln(FH,'-----');
for N:=1 to NE do
begin
  readln(FD,I,AREA[I],ZI[I],EMOD[I],PM[I]);
  J:=MINC[1,I];
  K:=MINC[2,I];
  EL1:=X[1,K]-X[1,J];
  EL2:=X[2,K]-X[2,J];
  ELENG[I]:=sqrt(sqr(EL1)+sqr(EL2));
  C1[I]:=EL1/ELENG[I];
  C2[I]:=EL2/ELENG[I];

```

```

        writeln(I:4, AREA[I]:9:3, ZI[I]:13:7, EMOD[I]:14:0, ELENG[I]:11:3, PM[I]:12:2);
        writeln(FH, I:4, AREA[I]:9:3, ZI[I]:13:7, EMOD[I]:14:0, ELENG[I]:11:3, PM[I]:12:2);
    end;
    textcolor(12);
    writeln('-----');
    writeln(FH, '-----');
    writeln; writeln(FH); readln;
end;

{===== Pengambilan Data Beban =====}
procedure DataBeban;
begin
    textcolor(9);
    writeln('-----');
    writeln;
    textcolor(12);
    writeln('Beban pada Joint');
    writeln('-----');
    writeln('Joint      Arah      Besar beban');
    writeln('-----');
    textcolor(15);

    writeln(FH, 'Beban pada Joint');
    writeln(FH, '-----');
    writeln(FH, 'Joint      Arah      Besar beban');
    writeln(FH, '-----');
    JNUM:=1;
    while JNUM<>0 do

    begin
        readln(FD, JNUM, JDIR, FORCE);
        if JNUM<>0 then begin
            writeln(JNUM:3, JDIR:10, FORCE:16:2);
            writeln(FH, JNUM:3, JDIR:10, FORCE:16:2);
            K:=JCODE[JDIR, JNUM];
            Q[K]:=FORCE;
        end;
    end;
    textcolor(12);
    writeln('-----');
    writeln(FH, '-----');
    writeln(FH); readln;
end;

{===== Pembuatan Matriks Kekakuan =====}
procedure Kekakuan;
begin
    for J:=1 to NEQ do
        for L:=1 to MBD do SS[J, L]:=0;

    for N:=1 to NE do
    begin
        C1N:=C1[N];
        C2N:=C2[N];
        EL:=ELENG[N];
        ALFA:=EMOD[N]*ZI[N]/exp(ln(EL)*3);
        GAMA:=AREA[N]*EMOD[N]/EL;

        A:=MINC[1, N];
        B:=MINC[2, N];

        if (A<=0) and (B<=0) then      {sendi-sendii}
        begin
            G[1]:=GAMA*C1N*C1N;
            G[2]:=GAMA*C1N*C2N;
            G[3]:=GAMA*C2N*C2N;
        end;
    end;
end;

```

```

if (A<=0) and (B>0) then      {sendi-jepit}
begin
  G[1]:=GAMA*C1N*C1N+3*ALFA*C2N*C2N;
  G[2]:=GAMA*C1N*C2N-3*ALFA*C1N*C2N;
  G[3]:=GAMA*C2N*C2N+3*ALFA*C1N*C1N;
  G[4]:=-3*ALFA*EL*C2N;
  G[5]:=3*ALFA*EL*C1N;
  G[6]:=3*ALFA*EL*EL;
end;

if (A>0) and (B<=0) then     {jepit-sendit}
begin
  G[1]:=GAMA*C1N*C1N+3*ALFA*C2N*C2N;
  G[2]:=GAMA*C1N*C2N-3*ALFA*C1N*C2N;
  G[3]:=GAMA*C2N*C2N+3*ALFA*C1N*C1N;
  G[4]:=-3*ALFA*EL*C2N;
  G[5]:=3*ALFA*EL*C1N;
  G[6]:=3*ALFA*EL*EL;
end;

if (A>0) and (B>0) then      {jepit-jepit}
begin
  G[1]:=ALFA*12*C2N*C2N+GAMA*C1N*C1N;
  G[2]:=C1N*C2N*(GAMA-12*ALFA);
  G[3]:=ALFA*12*C1N*C1N+GAMA*C2N*C2N;
  G[4]:=-ALFA*6*EL*C2N;
  G[5]:=ALFA*6*EL*C1N;
  G[6]:=ALFA*4*EL*EL;
  G[7]:=ALFA*2*EL*EL;
end;

for JE:=1 to 6 do
begin
  J:=MCODE{JE,N};
  if J<>0 then
    for IE:=JE to 6 do
    begin
      I:=MCODE{IE,N};
      if I<>0 then
        begin
          K:=I-J+1;

          if (A<=0) and (B<=0) then L:=Indeks1{JE,IE};
          if (A<=0) and (B>0) then L:=Indeks2{JE,IE};
          if (A>0) and (B<=0) then L:=Indeks3{JE,IE};
          if (A>0) and (B>0) then L:=Indeks4{JE,IE};

          if L>0 then SS{J,K}:=SS{J,K}+G{L};
          if L=0 then SS{J,K}:=SS{J,K};
          if L<0 then SS{J,K}:=SS{J,K}-G{-L};
        end;
      end;
    end;
  end;
  writeln;
end;

(===== Penghitungan Struktur =====)
procedure Hitung;
begin
  Runtuh:=false;
  for N:=1 to NEQ do
  begin
    if SS{N,1}=0 then Runtuh:=true
    else
      for L:=2 to MBD do
      begin
        if (SS{N,L}<>0) and (runtuh=false) then
          begin
            ACE:=SS{N,L}/SS{N,1};

```

```

I:=N+L-1;
J:=0;
for K:=L to MBD do
begin
  J:=J+1;
  SS[I,J]:=SS[I,J]-ACE*SS[N,K];
end;
if SS[I,1]=0 then Runtuh:=true;
SS[N,L]:=ACE;
end;
end;
end;

if runtuh=false then
for N:=1 to NEQ do
begin
for L:=2 to MBD do
if SS[N,L]<>0 then
begin
I:=N+L-1;
Q[I]:=Q[I]-SS[N,L]*Q[N];
end;
Q[N]:=Q[N]/SS[N,1];
end;

if runtuh=false then
for MM:=2 to NEQ do
begin
N:=NEQ+1-MM;
for L:=2 to MBD do
if (SS[N,L]<>0) and (Runtuh=false) then
begin
K:=N+L-1;
Q[N]:=Q[N]-SS[N,L]*Q[K];
if Q[N]>100 then Runtuh:=true;
end;
end;
end;

textcolor(13);
if Runtuh=true then begin
writeln; writeln(FH);
writeln('==== Struktur sudah runtuh 3333');
writeln(FH,'==== Struktur sudah runtuh 3333');
end;
writeln; writeln(FH);
end;

(===== Penghitungan Gaya =====)
procedure GayaBatang;
begin
for J:=1 to NJ do
for L:=1 to 3 do P[L,J]:=0;

for I:=1 to NE do
for L:=1 to 6 do F[L,I]:=0;

for I:=1 to NE do
begin
C1I:=C1[I];
C2I:=C2[I];
EL:=ELENG[I];
ALFA:=EMOD[I]*ZI[I]/exp(ln(EL)*3);
GAMA:=AREA[I]*EMOD[I]/EL;

for L:=1 to 6 do
begin
K:=MCODE[L,I];
if K=0 then D[L]:=0 else D[L]:=Q[K];
end;

```

```

A:=MINC[1,I];
B:=MINC[2,I];

if (A<=0) and (B<=0) then (sendi-sendit)
begin
  F[1,I]:=GAMA*(C1I*D[1]+C2I*D[2]-C1I*D[4]-C2I*D[5]);
  F[2,I]:=0;
  F[3,I]:=0;
  F[4,I]:=-F[1,I];
  F[5,I]:=0;
  F[6,I]:=0;
end;

if (A>0) and (B<=0) then (jepit-sendit)
begin
  F[1,I]:=GAMA*(C1I*D[1]+C2I*D[2]-C1I*D[4]-C2I*D[5]);
  F[2,I]:=3*ALFA*(-C2I*D[1]+C1I*D[2]+C2I*D[4]-C1I*D[5]+EL*D[6]);
  F[3,I]:=EL*F[2,I];
  F[4,I]:=-F[1,I];
  F[5,I]:=-F[2,I];
  F[6,I]:=0;
end;

if (A<=0) and (B>0) then (sendi-jepit)
begin
  F[1,I]:=GAMA*(C1I*D[1]+C2I*D[2]-C1I*D[4]-C2I*D[5]);
  F[2,I]:=3*ALFA*(-C2I*D[1]+C1I*D[2]+C2I*D[4]-C1I*D[5]+EL*D[6]);
  F[3,I]:=0;
  F[4,I]:=-F[1,I];
  F[5,I]:=-F[2,I];
  F[6,I]:=EL*F[2,I];
end;

if (A>0) and (B>0) then (jepit-jepit)
begin
  D14:=D[1]-D[4];
  D25:=D[2]-D[5];
  D36:=D[3]+D[6];
  F[1,I]:=GAMA*(C1I*D14+C2I*D25);
  F[2,I]:=6*ALFA*(2*C1I*D25-2*C2I*D14+EL*D36);
  F[3,I]:=2*ALFA*EL*(3*C1I*D25-3*C2I*D14+EL*(D[3]+D36));
  F[4,I]:=-F[1,I];
  F[5,I]:=-F[2,I];
  F[6,I]:=EL*F[2,I]-F[3,I];
end;

J:=abs(MINC[1,I]);
K:=abs(MINC[2,I]);
P[1,J]:=P[1,J]+FG(C1[I],-C2[I],F[1,I],F[2,I]);
P[2,J]:=P[2,J]+FG(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]+FG(C1[I],-C2[I],F[4,I],F[5,I]);
P[2,K]:=P[2,K]+FG(C2[I],C1[I],F[4,I],F[5,I]);
P[3,K]:=P[3,K]+F[6,I];
end;

textcolor(12);
writeln('Gaya satuan tanpa faktor beban');
writeln('-----');
writeln('Batang   Arah1   Arah2   Arah3   Arah4   Arah5   Arah6');
writeln('-----');
textcolor(15);

writeln(FH,'Gaya satuan tanpa faktor beban');
writeln(FH,'-----');
writeln(FH,'Batang   Arah1   Arah2   Arah3   Arah4   Arah5   Arah6');
writeln(FH,'-----');
for I:=1 to NE do begin
  writeln(I:4,' ',F[1,I]:10,' ',F[2,I]:10,' ',F[3,I]:10,' ',F[4,I]:10,' ',
    F[5,I]:10,' ',F[6,I]:10);
end;

```

```

writeln(FH,I:4,' ',F[1,I]:10,' ',F[2,I]:10,' ',F[3,I]:10,' ',F[4,I]:10,
        ' ',F[5,I]:10,' ',F[6,I]:10);
end;
textcolor(12);
writeln('-----');
writeln(EH,'-----');
writeln; writeln(FH); readln;
end;

(===== Penghitungan Elastisplastis =====)
procedure Elastisplastis;
begin
  NCYCL:=NCYCL+1;
  SLF:=1E30;
  for I:=1 to NE do
    for J:=1 to 2 do
      begin
        K:=3*J;
        if abs(F[K,I])>0.0001 then
          begin
            LF:=(PM[I]-abs(CF[K,I]))/abs(F[K,I]);
            if LF<>0 then
              if LF<SLF then
                begin
                  SLF:=LF;
                  MNUM:=I;
                  MEND:=J;
                end;
              end;
            end;
          end;
        for I:=1 to NE do
          for J:=1 to 6 do
            begin
              F[J,I]:=SLF*F[J,I];
              CF[J,I]:=CF[J,I]+F[J,I];
            end;
          for J:=1 to NJ do
            for L:=1 to 3 do
              begin
                K:=JCODE[L,J];
                if K=0 then U[L]:=0 else U[L]:=Q[K];
                U1[J,L]:=U[L];
              end;
            for J:=1 to NJ do
              for L:=1 to 3 do
                begin
                  U1[J,L]:=SLF*U1[J,L];
                  CU[J,L]:=CU[J,L]+U1[J,L];
                end;
              for J:=1 to NJ do
                for L:=1 to 3 do
                  begin
                    CP[L,J]:=CP[L,J]+SLF*P[L,J];
                  end;
                CLF:=CLF+SLF;
              textcolor(14);
              writeln;
              writeln('Sendi plastis ke      : ',NCYCL:5);
              writeln('pada batang          : ',MNUM:5);
              writeln('dekat titik           : ',MEND[MEND,MNUM]:5);
              writeln('Faktor beban          : ',SLF:10);
              writeln('Faktor beban kumulatif : ',CLF:10);
            end;
          end;
        end;
      end;
    end;
  end;
end;

```

```

writeln(FH);
writeln(FH,'Sendi plastis ke      : ',NCYCL:5);
writeln(FH,'pada batang          : ',MNUM:5);
writeln(FH,'dekat titik           : ',MINC[MEND,MNUM]:5);
writeln(FH,'Faktor beban           : ',SLF:10);
writeln(FH,'Faktor beban kumulatif : ',CLF:10);
MINC[MEND,MNUM]:=-MINC[MEND,MNUM];
FB[JumDat,NCYCL]:=CLF;
readln;
end;

(===== Menampilkan Hasil Perhitungan =====)
Procedure Hasil;
begin
  {----- Tulis -----}
  writeln;
  textcolor(12);
  writeln('Gaya Batang Lokal');
  writeln('-----');
  writeln('Batang   Arah1   Arah2   Arah3   Arah4   Arah5   Arah6');
  writeln('-----');
  textcolor(15);

  writeln(FH,'Gaya Batang Lokal');
  writeln(FH,'-----');
  writeln(FH,'Batang   Arah1   Arah2   Arah3   Arah4   Arah5');
  Arah6');
  writeln(FH,'-----');
  for I:=1 to NE do begin
    writeln(I:4,' ',F[1,I]:10,' ',F[2,I]:10,' ',F[3,I]:10,' ',F[4,I]:10,
            ' ',F[5,I]:10,' ',F[6,I]:10);
    writeln(FH,I:4,' ',F[1,I]:10,' ',F[2,I]:10,' ',F[3,I]:10,' ',F[4,I]:10,
            ' ',F[5,I]:10,' ',F[6,I]:10);
  end;
  textcolor(12);
  writeln('-----');
  writeln(FH,'-----');
  writeln; writeln(FH); readln;

  writeln('Gaya Batang Lokal Kumulatif');
  writeln('-----');
  writeln('Batang   Arah1   Arah2   Arah3   Arah4   Arah5   Arah6');
  writeln('-----');
  textcolor(15);

  writeln(FH,'Gaya Batang Lokal Kumulatif');
  writeln(FH,'-----');
  writeln(FH,'Batang   Arah1   Arah2   Arah3   Arah4   Arah5');
  Arah6');
  writeln(FH,'-----');
  for I:=1 to NE do begin
    writeln(I:4,' ',CF[1,I]:10,' ',CF[2,I]:10,' ',CF[3,I]:10,' ',CF[4,I]:10,
            ' ',CF[5,I]:10,' ',CF[6,I]:10);
    writeln(FH,I:4,' ',CF[1,I]:10,' ',CF[2,I]:10,' ',CF[3,I]:10,' ',CF[4,I]:10,
            ' ',CF[5,I]:10,' ',CF[6,I]:10);
  end;
  textcolor(12);
  writeln('-----');
  writeln(FH,'-----');
  writeln; writeln(FH); readln;

  writeln('Deformasi Joint');
  writeln('-----');
  writeln('Joint   Arah1   Arah2   Arah3');
  writeln('-----');
  textcolor(15);

```



```

writeln(FH,'Deformasi Joint');
writeln(FH,'-----');
writeln(FH,'Joint      Arahl      Arah2      Arah3');
writeln(FH,'-----');
for J:=1 to NJ do begin
  writeln(J:4,'      ',U1[J,1]:12,'      ',U1[J,2]:12,'      ',U1[J,3]:12);
  writeln(FH,J:4,'      ',U1[J,1]:12,'      ',U1[J,2]:12,'      ',U1[J,3]:12);
end;
textcolor(12);
writeln('-----');
writeln(FH,'-----');
writeln; writeln(FH); readln;

writeln('Deformasi Joint Kumulatif');
writeln('-----');
writeln('Joint      Arahl      Arah2      Arah3');
writeln('-----');
textcolor(15);

writeln(FH,'Deformasi Joint Kumulatif');
writeln(FH,'-----');
writeln(FH,'Joint      Arahl      Arah2      Arah3');
writeln(FH,'-----');
for J:=1 to NJ do begin
  writeln(J:4,'      ',CU[J,1]:12,'      ',CU[J,2]:12,'      ',CU[J,3]:12);
  writeln(FH,J:4,'      ',CU[J,1]:12,'      ',CU[J,2]:12,'      ',CU[J,3]:12);

  (Cari deformasi terbesar)
  if (CU[J,1]>=CU[J,2]) and (CU[J,1]>=CU[J,3]) then DEF:=CU[J,1] else
  if (CU[J,2]>=CU[J,1]) and (CU[J,2]>=CU[J,3]) then DEF:=CU[J,2] else
  DEF:=CU[J,3];

  if DEF>=DFM[JumDat,NCYCL] then DFM[JumDat,NCYCL]:=DEF;
end;
textcolor(12);
writeln('-----');
writeln(FH,'-----');
writeln; writeln(FH);
textcolor(14);
DFM[JumDat,NCYCL]:=DFM[JumDat,NCYCL]*100;
writeln('Deformasi lateral tingkat : ',DFM[JumDat,NCYCL], ' cm');
writeln(FH,'Deformasi lateral tingkat : ',DFM[JumDat,NCYCL], ' cm');
Siklus[JumDat]:=NCYCL;
readln;

textcolor(12);
writeln('Gaya pada joint kumulatif');
writeln('-----');
writeln('Joint      Arahl      Arah2      Arah3');
writeln('-----');
textcolor(15);

writeln(FH,'Gaya pada joint kumulatif');
writeln(FH,'-----');
writeln(FH,'Joint      Arahl      Arah2      Arah3');
writeln(FH,'-----');
for J:=1 to NJ do begin
  writeln(J:4,'      ',CP[1,J]:12,'      ',CP[2,J]:12,'      ',CP[3,J]:12);
  writeln(FH,J:4,'      ',CP[1,J]:12,'      ',CP[2,J]:12,'      ',CP[3,J]:12);
end;
textcolor(12);
writeln('-----');
writeln(FH,'-----');
writeln; writeln(FH); readln;
end;

```

```

(===== Proses Penghitungan =====)
procedure ProsesHitung;
begin
  reset(FD); rewrite(FH);
  NCYCL:=0; MNUM:=0; SLF:=0; CLF:=0;

  DataStruktur;
  for MC:=1 to MPC do
    begin
      DataBeban;
      Kekakuan;
      Hitung;
      if Runtuh=false then
        begin
          GayaBatang;
          Elastisplastis;
          Hasil;
        end;
      end;
    textcolor(14);
    writeln('>>>> SELESAI <<<<');
    writeln; textcolor(11);
    writeln('File hasil tersimpan dalam : ',Namafile+'.HAS');
    readln;
    CekHitung:=true;
    Close(FD); close(FH);
    HapusData;
  end;

(===== Grafik =====)
procedure Grafik;
begin
  if CekHitung=true then
    begin
      Mode:=detect;
      Driver:=detect;
      InitGraph(Mode,Driver,'');

      {buat sumbu koordinat}
      SetTextStyle(1,0,2);
      outtextxy(110,10,'Grafik Hubungan Deformasi-Faktor Beban');
      setcolor(15);
      rectangle(30,50,610,460);
      line(90,90,90,400);
      line(90,400,600,400);
      settextstyle(0,0,1);
      outtextxy(300,440,'Deformasi');
      settextstyle(0,1,1);
      outtextxy(50,200,'Faktor Beban');

      {tuliskan angka sumbu koordinat}
      settextstyle(0,0,1);
      setcolor(15);
      for i:=1 to 10 do begin
        line(90+i*50,400,90+i*50,405); str(i*2,v);
        outtextxy(85+i*50,415,v); end;
      for i:=1 to 6 do begin
        line(85,400-i*50,90,400-i*50); str(i*5,v);
        outtextxy(60,400-i*50,v); end;

      {buat kurva grafik}
      for K:=1 to JumDat do
        begin
          moveto(90,400);
          for i:=1 to Siklus[k] do

```

```

begin
  setcolor(14);
  lineto(90+round(DFM[k,i]*50/2),400-round(FB[k,i]*10));
  setcolor(i);
  circle(90+round(DFM[k,i]*50/2),400-round(FB[k,i]*10),2);
  setfillstyle(1,i);
  floodfill(90+round(DFM[k,i]*50/2),400-round(FB[k,i]*10),i);
end;
setcolor(14);
lineto(600,400-round(FB[k,i]*10));
str(k,v);
setcolor(12);
outtextxy(500,390-round(FB[k,i]*10),'Model '+v);
end;

readln; readln;
CloseGraph;
end;
end;

{===== Cetak Hasil =====}
procedure Cetak;
begin
  readln;
  if CekHitung=true then
  begin
    reset(FH);
    gotoxy(17,22);writeln('Hidupkan printer, tekan P untuk mencetak...');
    read(TCetak);
    if (TCetak='P') or (TCetak='p') then
    begin
      writeln(lst);writeln(lst);writeln(lst);
      writeln(lst,'-----');
      writeln(lst,'          Analisis Struktur Portal Bidang          ');
      writeln(lst,'          oleh : W.WIK-asmara          ');
      writeln(lst,'-----');
      writeln(lst,'          Universitas Islam Indonesia          ');
      writeln(lst,'-----');
      writeln(lst);
      while not eof(FH) do
      begin
        readln(Baca);
        writeln(lst,Baca);
      end;
    end;
    close(FH);
    readln;
  end;
end;

{===== Program Utama =====}
begin
  JumDat:=0;
  balik:
  Mulai;
  AmbilFile;

  while (Pil<>4) and (Pil<>5) do
  begin
    Mulai;
    Menu;
    if Pil=1 then ProsesHitung;
    if Pil=2 then Grafik;
    if Pil=3 then Cetak;
  end;
  if Pil=4 then begin Pil:=0; NamaFile:=''; readln; goto balik; end;

end.

```

LAMPIRAN 4
(Out put program komputer bahasa Pascal)

Model 1

Parameter Struktur : 4
 Jumlah Batang : 5
 Jumlah Joint : 8
 Sendi Plastis Maksimum : 8

Data Struktur
 No.Batang No.Joint Kiri No.Joint Kanan
 1 1 2
 2 2 3
 3 3 4
 4 4 5

Kekangan Struktur
 No.Joint Arah
 1 1
 1 2
 1 3
 5 1
 5 2
 5 3

Koordinat Joint
 Joint X Y
 1 0.00 0.00
 2 0.00 5.00
 3 3.00 5.00
 4 6.00 5.00
 5 6.00 0.00

Informasi Batang
 Batang Luas M.Inersia Mod.Elastis Panjang Momen Plst.
 1 0.015 0.0002576 21000000 5.000 45.19
 2 0.007 0.0000980 21000000 3.000 18.43
 3 0.007 0.0000980 21000000 3.000 18.43
 4 0.015 0.0002576 21000000 5.000 45.19

Beban pada Joint
 Joint Arah Besar beban
 2 1 1.00
 3 2 -1.00

Gaya satuan tanpa faktor beban

Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	2.272E-01	3.084E-01	1.369E+00	-2.272E-01	-3.084E-01	1.735E-01
2	6.916E-01	2.272E-01	-1.735E-01	-6.916E-01	-2.272E-01	8.552E-01
3	6.916E-01	-7.728E-01	-8.552E-01	-6.916E-01	7.728E-01	-1.463E+00
4	7.728E-01	6.916E-01	1.463E+00	-7.728E-01	-6.916E-01	1.995E+00

Sendi plastis ke : 1
 pada batang : 3
 dekat titik : 4
 Faktor beban : 1.260E+01
 Faktor beban kumulatif : 1.260E+01

Gaya Batang Lokal	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
Batang 1	2.863E+00	3.885E+00	1.724E+01	-2.863E+00	-3.885E+00	2.185E+00
2	8.713E+00	2.863E+00	-2.185E+00	-8.713E+00	-2.863E+00	1.077E+01
3	8.713E+00	-9.736E+00	-1.077E+01	-8.713E+00	9.736E+00	-1.843E+01
4	9.736E+00	8.713E+00	1.843E+01	-9.736E+00	-8.713E+00	2.513E+01

Gaya Batang Lokal Kumulatif	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
Batang 1	2.863E+00	3.885E+00	1.724E+01	-2.863E+00	-3.885E+00	2.185E+00
2	8.713E+00	2.863E+00	-2.185E+00	-8.713E+00	-2.863E+00	1.077E+01
3	8.713E+00	-9.736E+00	-1.077E+01	-8.713E+00	9.736E+00	-1.843E+01
4	9.736E+00	8.713E+00	1.843E+01	-9.736E+00	-8.713E+00	2.513E+01

Deformasi Joint	Arah1	Arah2	Arah3
Joint 1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	2.48772E-02	-4.42608E-05	-6.95822E-03
3	2.46970E-02	-9.88107E-03	2.48693E-03
4	2.45169E-02	-1.50518E-04	-3.09575E-03
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

Deformasi Joint Kumulatif	Arah1	Arah2	Arah3
Joint 1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	2.48772E-02	-4.42608E-05	-6.95822E-03
3	2.46970E-02	-9.88107E-03	2.48693E-03
4	2.45169E-02	-1.50518E-04	-3.09575E-03
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

Gaya Batang Lokal																
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6	Gaya satuan tanpa faktor beban			Arah6						
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6	Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6			
1	3.192E+00	1.798E-01	1.048E+01	-3.192E+00	-1.798E-01	-9.578E+00	1	1.000E+00	1.015E+00	8.094E+00	-1.000E+00	-1.015E+00	-3.008E+00			
2	3.012E+00	3.192E+00	9.575E+00	-3.012E+00	-3.192E+00	1.753E-05	2	-1.512E-02	1.000E+00	3.005E+00	1.512E-02	-1.000E+00	-5.091E-03			
3	3.024E+00	0.000E+00	0.000E+00	-3.024E+00	0.000E+00	0.000E+00	3	-7.769E-03	0.000E+00	0.000E+00	7.769E-03	0.000E+00	0.000E+00			
4	2.504E-05	3.036E+00	-3.643E-03	-2.504E-05	-3.036E+00	1.518E+01	4	1.213E-10	1.918E+00	9.588E+00	-1.213E-10	-1.918E+00	0.000E+00			
Gaya Batang Lokal Kumulatif																
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6	Sendi plastis ke			Arah6						
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6	pada batang	:	4							
1	7.026E+00	5.071E+00	3.266E+01	-7.026E+00	-5.071E+00	-7.305E+00	dekat titik	:	1							
2	1.269E+01	7.026E+00	7.300E+00	-1.269E+01	-7.026E+00	1.378E+01	Faktor beban	:	1.550E+00							
3	1.271E+01	-1.229E+01	-1.843E+01	-1.271E+01	1.229E+01	-1.843E+01	Faktor beban kumulatif :	1.931E+01								
4	1.074E+01	1.272E+01	1.843E+01	-1.074E+01	-1.272E+01	4.519E+01	Gaya Batang Lokal									
Deformasi Joint																
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6	Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6			
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	1	1.550E+00	1.573E+00	1.253E+01	-1.550E+00	-1.573E+00	-4.661E+00			
2	2.35176E-02	-4.93438E-05	-9.26854E-03	-2.35176E-02	4.93438E-05	9.26854E-03	2	-2.343E-02	1.550E+00	4.657E+00	2.343E-02	-1.550E+00	-7.888E-03			
3	2.34554E-02	-4.18121E-02	-1.62471E-02	2.34554E-02	4.18121E-02	1.62471E-02	3	-1.204E-02	0.000E+00	0.000E+00	1.204E-02	0.000E+00	0.000E+00			
4	2.33929E-02	-3.87168E-10	-7.01870E-03	2.33929E-02	3.87168E-10	7.01870E-03	4	1.880E-10	2.971E+00	1.486E+01	-1.880E-10	-2.971E+00	0.000E+00			
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	Gaya Batang Lokal Kumulatif									
Deformasi Joint Kumulatif																
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6	Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6			
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	1	8.575E+00	6.644E+00	4.519E+01	-8.575E+00	-6.644E+00	-1.197E+01			
2	5.59401E-02	-1.08625E-04	-1.84700E-02	5.59401E-02	1.08625E-04	1.84700E-02	2	1.267E+01	8.575E+00	1.196E+01	-1.267E+01	-8.575E+00	1.377E+01			
3	5.56777E-02	-5.61189E-02	-1.37493E-02	5.56777E-02	5.61189E-02	1.37493E-02	3	1.270E+01	-1.229E+01	-1.843E+01	-1.270E+01	1.229E+01	-1.843E+01			
4	5.54150E-02	-1.65996E-04	-1.23661E-02	5.54150E-02	1.65996E-04	1.23661E-02	4	1.074E+01	1.569E+01	3.329E+01	-1.074E+01	-1.569E+01	4.519E+01			
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	Deformasi Joint									
Deformasi lateral tingkat : 5.5940101030E+00 cm																
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6	Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6			
1	-5.07121E+00	7.02586E+00	3.26611E+01	-5.07121E+00	-7.02586E+00	-3.26611E+01	1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00			
2	1.77624E+01	-3.12323E-05	-4.71899E-03	1.77624E+01	3.12323E-05	4.71899E-03	2	2.28862E-02	-2.39579E-05	-7.94292E-03	-2.28862E-02	2.39579E-05	7.94292E-03			
3	1.60426E-02	-1.93145E+01	-4.65586E+00	1.60426E-02	1.93145E+01	4.65586E+00	3	2.28867E-02	-3.06465E-02	-1.13427E-02	-2.28867E-02	3.06465E-02	1.13427E-02			
4	1.59819E-02	1.55204E+00	-4.12787E-03	1.59819E-02	-1.55204E+00	4.12787E-03	4	2.28870E-02	-2.90630E-15	-4.57845E-03	-2.28870E-02	2.90630E-15	4.57845E-03			
5	-1.27232E+01	1.07366E+01	4.51872E+01	-1.27232E+01	-1.07366E+01	-4.51872E+01	5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00			
Beban pada Joint																
Joint	Arah	Besar beban	Deformasi lateral tingkat : 7.8826346952E+00 cm													
2	1	1.00														
3	2	-1.00														

Deformasi lateral tingkat : 2.4877175652E+00 cm						
Gaya pada joint kumulatif						
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah1	Arah2	Arah3
1	-3.88537E+00	2.86279E+00	1.72417E+01	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	1.25983E+01	2.86452E-12	-6.87486E-11	7.54528E-03	-1.50202E-05	-2.24326E-03
3	1.07706E-09	-1.25983E+01	-3.43743E-11	7.52530E-03	-4.42578E-03	1.08372E-05
4	-1.97079E-09	-1.14581E-11	-2.29162E-11	7.50524E-03	-1.54774E-05	-2.25168E-03
5	-8.71294E+00	9.73552E+00	2.51317E+01	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

Deformasi lateral tingkat : 3.2422457255E+00 cm						
Gaya pada joint kumulatif						
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah1	Arah2	Arah3
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	3.24225E-02	-5.92810E-05	-9.20148E-03	3.24225E-02	-5.92810E-05	-9.20148E-03
3	3.22223E-02	-1.43069E-02	2.49777E-03	3.22223E-02	-1.43069E-02	2.49777E-03
4	3.20222E-02	-1.65996E-04	-5.34743E-03	3.20222E-02	-1.65996E-04	-5.34743E-03
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

Deformasi lateral tingkat : 3.2422457255E+00 cm						
Gaya pada joint kumulatif						
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah1	Arah2	Arah3
1	-4.89137E+00	3.83430E+00	2.21837E+01	-4.89137E+00	3.83430E+00	2.21837E+01
2	1.45709E+01	-6.93005E-06	-1.08947E-03	1.45709E+01	-6.93005E-06	-1.08947E-03
3	3.86689E-03	-1.61230E+01	-4.65588E+00	3.86689E-03	-1.61230E+01	-4.65588E+00
4	3.83868E-03	1.55207E+00	-4.84711E-04	3.83868E-03	1.55207E+00	-4.84711E-04
5	-9.68720E+00	1.07366E+01	3.00035E+01	-9.68720E+00	1.07366E+01	3.00035E+01

Beban pada joint						
Joint	Arah	Besar	bahan	Arah	Besar	bahan
2	1	1.00		1	1.00	
3	2	-1.00		2	-1.00	

Gaya satuan tanpa faktor beban						
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	1.000E+00	5.635E-02	3.283E+00	-1.000E+00	-5.635E-02	-3.001E+00
2	9.437E-01	1.000E+00	3.000E+00	-9.437E-01	-1.000E+00	5.494E-06
3	9.475E-01	0.000E+00	0.000E+00	-9.475E-01	0.000E+00	0.000E+00
4	7.846E-06	9.513E-01	-1.142E-03	-7.846E-06	-9.513E-01	4.757E+00

Beban pada joint						
Joint	Arah	Besar	bahan	Arah	Besar	bahan
2	1	1.00		1	1.00	
3	2	-1.00		2	-1.00	

Gaya satuan tanpa faktor beban						
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	1.000E+00	5.635E-02	3.283E+00	-1.000E+00	-5.635E-02	-3.001E+00
2	9.437E-01	1.000E+00	3.000E+00	-9.437E-01	-1.000E+00	5.494E-06
3	9.475E-01	0.000E+00	0.000E+00	-9.475E-01	0.000E+00	0.000E+00
4	7.846E-06	9.513E-01	-1.142E-03	-7.846E-06	-9.513E-01	4.757E+00

Deformasi lateral tingkat : 2.4877175652E+00 cm

Gaya pada joint kumulatif						
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah1	Arah2	Arah3
1	-3.88537E+00	2.86279E+00	1.72417E+01	-3.88537E+00	2.86279E+00	1.72417E+01
2	1.25983E+01	2.86452E-12	-6.87486E-11	1.25983E+01	2.86452E-12	-6.87486E-11
3	1.07706E-09	-1.25983E+01	-3.43743E-11	1.07706E-09	-1.25983E+01	-3.43743E-11
4	-1.97079E-09	-1.14581E-11	-2.29162E-11	-1.97079E-09	-1.14581E-11	-2.29162E-11
5	-8.71294E+00	9.73552E+00	2.51317E+01	-8.71294E+00	9.73552E+00	2.51317E+01

Beban pada joint						
Joint	Arah	Besar	bahan	Arah	Besar	bahan
2	1	1.00		1	1.00	
3	2	-1.00		2	-1.00	

Gaya satuan tanpa faktor beban						
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	4.925E-01	5.100E-01	2.505E+00	-4.925E-01	-5.100E-01	4.460E-02
2	4.900E-01	4.925E-01	-4.515E-02	-4.900E-01	-4.925E-01	1.523E+00
3	4.920E-01	-1.294E+00	-3.883E+00	-4.920E-01	1.294E+00	0.000E+00
4	5.075E-01	4.939E-01	-2.457E-04	-5.075E-01	-4.939E-01	2.470E+00

Sendi plastis ke						
pada batang	Arah	Besar	bahan	Arah	Besar	bahan
dekat titik	3	1.973E+00		3	1.973E+00	
Faktor beban	1	1.457E+01		1	1.457E+01	
Faktor beban kumulatif	1	1.457E+01		1	1.457E+01	

Gaya Batang Lokal						
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	9.715E-01	1.006E+00	4.942E+00	-9.715E-01	-1.006E+00	8.797E-02
2	9.666E-01	9.715E-01	-8.906E-02	-9.666E-01	-9.715E-01	3.004E+00
3	9.704E-01	-2.553E+00	-7.659E+00	-9.704E-01	2.553E+00	0.000E+00
4	1.001E+00	9.743E-01	-4.847E-04	-1.001E+00	-9.743E-01	4.872E+00

Gaya Batang Lokal Kumulatif						
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	3.834E+00	4.891E+00	2.218E+01	-3.834E+00	-4.891E+00	2.273E+00
2	9.679E+00	3.834E+00	-2.274E+00	-9.679E+00	-3.834E+00	1.378E+01
3	9.683E+00	-1.229E+01	-1.843E+01	-9.683E+00	1.229E+01	-1.843E+01
4	1.074E+01	9.687E+00	1.843E+01	-1.074E+01	-9.687E+00	3.000E+01

Gaya pada joint kumulatif

Joint	Arah1	Arah2	Arah3
1	-6.64421E+00	8.57545E+00	4.51872E+01
2	1.93120E+01	-5.51900E-05	-9.21910E-03
3	2.74308E-02	-2.08641E+01	-4.66375E+00
4	2.99945E+00	1.55204E+00	1.48530E+01
5	-1.56946E+01	1.07366E+01	4.51872E+01

Beban pada Joint

Joint	Arah	Besar beban
2	1	1.00
3	2	-1.00
---	Struktur sudah runtuh	@@@

Beban pada Joint

Joint	Arah	Besar beban
2	1	1.00
3	2	-1.00
---	Struktur sudah runtuh	@@@

Beban pada Joint

Joint	Arah	Besar beban
2	1	1.00
3	2	-1.00
---	Struktur sudah runtuh	@@@

Beban pada Joint

Joint	Arah	Besar beban
2	1	1.00
3	2	-1.00
---	Struktur sudah runtuh	@@@

Model 2

Parameter Struktur : 6
 Jumlah Batang : 5
 Jumlah Joint : 5
 Sendi Plastis Maksimum : 5

Data Struktur	No. Batang	No. Joint Kiri	No. Joint Kanan
1	1	1	2
2	2	2	3
3	3	3	4
4	4	4	5
5	1	1	4
6	2	2	5

Kekangan Struktur

No. Joint	Arah
1	1
1	2
1	3
5	1
5	2
5	3

Koordinat Joint

Joint	X	Y
1	0.00	0.00
2	0.00	5.00
3	3.00	5.00
4	6.00	5.00
5	6.00	0.00

Informasi Batang

Batang	Luas	M. Inersia	Mod. Elastis	Panjang	Momen Plst.
1	0.015	0.0002576	21000000	5.000	45.19
2	0.007	0.0000980	21000000	3.000	18.43
3	0.007	0.0000980	21000000	3.000	18.43
4	0.015	0.0002576	21000000	5.000	45.19
5	0.000	0.0000000	21000000	7.810	0.00
6	0.000	0.0000000	21000000	7.810	0.00

Beban pada Joint
 Joint Arah Besar beban
 2 1 1.00
 3 2 -1.00

Gaya satuan tanpa faktor beban

Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	1.372E-01	1.603E-02	3.861E-01	-1.372E-01	-1.603E-02	-3.861E-01
2	6.842E-01	3.870E-01	3.059E-01	-6.842E-01	-3.870E-01	3.059E-01
3	6.842E-01	-6.130E-01	-8.551E-01	-6.842E-01	6.130E-01	-8.551E-01
4	8.505E-01	3.993E-01	9.838E-01	-8.505E-01	-3.993E-01	-9.838E-01
5	-3.709E-01	0.000E+00	0.000E+00	3.709E-01	0.000E+00	0.000E+00
6	3.902E-01	0.000E+00	0.000E+00	-3.902E-01	0.000E+00	0.000E+00

Sendi plastis ke

pada batang : 1
 dekat titik : 3
 Faktor beban : 4
 Faktor beban kumulatif : 1.874E+01

Gaya Batang Lokal

Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	2.571E+00	3.003E-01	7.233E+00	-2.571E+00	-3.003E-01	-7.233E+00
2	1.282E+01	7.251E+00	5.732E+00	-1.282E+01	-7.251E+00	-5.732E+00
3	1.282E+01	-1.148E+01	-1.602E+01	-1.282E+01	1.148E+01	1.602E+01
4	1.593E+01	7.481E+00	1.843E+01	-1.593E+01	-7.481E+00	-1.843E+01
5	-6.950E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.950E+00	0.000E+00	0.000E+00
6	7.310E+00	0.000E+00	0.000E+00	-7.310E+00	0.000E+00	0.000E+00

Gaya Batang Lokal Kumulatif

Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	2.571E+00	3.003E-01	7.233E+00	-2.571E+00	-3.003E-01	-7.233E+00
2	1.282E+01	7.251E+00	5.732E+00	-1.282E+01	-7.251E+00	-5.732E+00
3	1.282E+01	-1.148E+01	-1.602E+01	-1.282E+01	1.148E+01	1.602E+01
4	1.593E+01	7.481E+00	1.843E+01	-1.593E+01	-7.481E+00	-1.843E+01
5	-6.950E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.950E+00	0.000E+00	0.000E+00
6	7.310E+00	0.000E+00	0.000E+00	-7.310E+00	0.000E+00	0.000E+00

Sendi plastis ke : 2
 pada batang : 3
 dekat titik : 3
 Faktor beban : 1.352E+00
 Faktor beban kumulatif : 2.009E+01

Gaya Batang Lokal

Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	3.154E-01	-3.115E-02	6.632E-01	-3.154E-01	3.115E-02	-8.190E-01
2	7.869E-01	8.126E-01	8.185E-01	-7.869E-01	-8.126E-01	1.619E+00
3	7.880E-01	-8.037E-01	-2.411E+00	-7.880E-01	8.037E-01	0.000E+00
4	1.022E+00	2.103E-01	-1.797E-05	-1.022E+00	-2.103E-01	1.052E+00
5	-7.534E-01	0.000E+00	0.000E+00	7.534E-01	0.000E+00	0.000E+00
6	7.767E-01	0.000E+00	0.000E+00	-7.767E-01	0.000E+00	0.000E+00

Gaya Batang Lokal Kumulatif

Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	2.887E+00	2.692E-01	7.897E+00	-2.887E+00	-2.692E-01	-6.551E+00
2	1.361E+01	8.064E+00	6.550E+00	-1.361E+01	-8.064E+00	1.764E+01
3	1.361E+01	-1.229E+01	-1.843E+01	-1.361E+01	1.229E+01	-1.843E+01
4	1.696E+01	7.691E+00	1.843E+01	-1.696E+01	-7.691E+00	2.002E+01
5	-7.703E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.703E+00	0.000E+00	0.000E+00
6	8.087E+00	0.000E+00	0.000E+00	-8.087E+00	0.000E+00	0.000E+00

Deformasi Joint

Joint	Arah1	Arah2	Arah3
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	1.65246E-03	-4.87644E-06	-6.84974E-04
3	1.63619E-03	-2.07264E-03	-1.01226E-04
4	1.61990E-03	-1.58022E-05	-4.85974E-04
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

Deformasi Joint Kumulatif

Joint	Arah1	Arah2	Arah3
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	1.72099E-02	-4.46306E-05	-6.67663E-03
3	1.69286E-02	-1.67648E-02	1.40726E-03
4	1.66473E-02	-2.62156E-04	-7.34867E-04
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

Deformasi lateral tingkat : 1.7209928631E+00 cm

Deformasi Joint

Joint	Arah1	Arah2	Arah3
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	1.55575E-02	-3.97542E-05	-5.99166E-03
3	1.52924E-02	-1.46922E-02	1.50849E-03
4	1.50274E-02	-2.46354E-04	-2.48893E-04
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

Deformasi Joint Kumulatif

Joint	Arah1	Arah2	Arah3
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	1.55575E-02	-3.97542E-05	-5.99166E-03
3	1.52924E-02	-1.46922E-02	1.50849E-03
4	1.50274E-02	-2.46354E-04	-2.48893E-04
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

Deformasi lateral tingkat : 1.5557469298E+00 cm

Gaya pada joint kumulatif

Joint	Arah1	Arah2	Arah3
1	-5.63937E+00	-1.87789E+00	7.23333E+00
2	1.87361E+01	-1.27803E-11	-9.37223E-11
3	8.00899E-10	-1.87361E+01	-1.70404E-11
4	-1.05651E-09	-3.83409E-11	1.70404E-11
5	-1.30968E+01	2.06140E+01	1.89716E+01

Beban pada Joint

Joint	Arah	Besar	beban
2	1	1.00	
3	2	-1.00	

Gaya satuan tanpa faktor beban

Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	2.332E-01	-2.303E-02	4.904E-01	-2.332E-01	2.303E-02	-6.055E-01
2	5.818E-01	6.009E-01	6.052E-01	-5.818E-01	-6.009E-01	1.197E+00
3	5.826E-01	-5.943E-01	-1.783E+00	-5.826E-01	5.943E-01	0.000E+00
4	7.557E-01	1.555E-01	-1.328E-05	-7.557E-01	-1.555E-01	7.775E-01
5	-5.571E-01	0.000E+00	0.000E+00	5.571E-01	0.000E+00	0.000E+00
6	5.743E-01	0.000E+00	0.000E+00	-5.743E-01	0.000E+00	0.000E+00

Gaya Batang Lokal Kumulatif						
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	4.509E+00	-2.288E+00	6.998E+00	-4.509E+00	2.288E+00	-1.844E+01
2	1.732E+01	1.202E+01	1.843E+01	-1.732E+01	-1.202E+01	1.764E+01
3	1.732E+01	-1.229E+01	-1.843E+01	-1.732E+01	1.229E+01	-1.843E+01
4	1.923E+01	8.680E+00	1.843E+01	-1.923E+01	-8.680E+00	2.497E+01
5	-1.126E+01	0.000E+00	0.000E+00	1.126E+01	0.000E+00	0.000E+00
6	1.174E+01	0.000E+00	0.000E+00	-1.174E+01	0.000E+00	0.000E+00

Deformasi Joint						
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	7.76933E-03	-2.50840E-05	-5.07703E-03	-1.37382E-02	-2.28506E-03	0.00000E+00
3	7.69260E-03	-3.25783E-02	-1.37382E-02	-2.28506E-03	0.00000E+00	0.00000E+00
4	7.61577E-03	-3.52085E-05	-2.28506E-03	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

Deformasi Joint Kumulatif						
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	2.49793E-02	-6.97146E-05	-1.17537E-02	-1.23309E-02	-3.01993E-03	0.00000E+00
3	2.46212E-02	-4.93431E-02	-1.23309E-02	-3.01993E-03	0.00000E+00	0.00000E+00
4	2.42631E-02	-2.97364E-04	-3.01993E-03	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

Deformasi lateral tingkat : 2.4979259106E+00 cm						
Gaya pada joint kumulatif	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	-6.36292E+00	-2.69959E+00	6.99762E+00	-2.43858E-03	-7.91999E-01	-1.44124E-03
2	2.40494E+01	-1.71512E-05	-2.43133E+01	-1.44124E-03	2.49662E+01	2.49662E+01
3	5.89576E-03	-2.43133E+01	-7.91999E-01	-1.44124E-03	2.49662E+01	2.49662E+01
4	5.82892E-03	2.63873E-01	-1.44124E-03	2.49662E+01	2.49662E+01	2.49662E+01
5	-1.76982E+01	2.67491E+01	2.49662E+01	2.49662E+01	2.49662E+01	2.49662E+01

Gaya pada joint kumulatif						
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	-6.18698E+00	-2.04478E+00	7.89655E+00	-4.32493E-04	-7.91703E-01	-1.79657E-05
2	2.00885E+01	-2.86957E-06	-4.32493E-04	-7.91703E-01	-1.79657E-05	2.00231E+01
3	1.10385E-03	-2.03525E+01	-7.91703E-01	-1.79657E-05	2.00231E+01	2.00231E+01
4	1.08471E-03	2.63919E-01	-1.79657E-05	2.00231E+01	2.00231E+01	2.00231E+01
5	-1.39038E+01	2.21334E+01	2.00231E+01	2.00231E+01	2.00231E+01	2.00231E+01

Beban pada Joint Besar beban						
Joint	Arah	Besar	beban	Arah1	Arah2	Arah3
2	1	1.00				
3	2	-1.00				

Gaya satuan tanpa faktor beban						
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	4.096E-01	-6.455E-01	-2.270E-01	-4.096E-01	6.455E-01	-3.001E+00
2	9.370E-01	1.000E+00	3.000E+00	-9.370E-01	-1.000E+00	-7.485E-05
3	9.383E-01	0.000E+00	0.000E+00	-9.383E-01	0.000E+00	0.000E+00
4	5.750E-01	2.495E-01	-3.593E-04	-5.750E-01	-2.495E-01	1.248E+00
5	-8.981E-01	0.000E+00	0.000E+00	8.981E-01	0.000E+00	0.000E+00
6	9.222E-01	0.000E+00	0.000E+00	-9.222E-01	0.000E+00	0.000E+00

Sendi plastis ke : 3						
pada batang : 2						
dekat titik : 2						
Faktor beban : 3.961E+00						
Faktor beban kumulatif : 2.405E+01						

Gaya Batang Lokal						
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	1.622E+00	-2.557E+00	-8.989E-01	-1.622E+00	2.557E+00	-1.188E+01
2	3.711E+00	3.961E+00	1.188E+01	-3.711E+00	-3.961E+00	-2.965E-04
3	3.716E+00	0.000E+00	0.000E+00	-3.716E+00	0.000E+00	0.000E+00
4	2.277E+00	9.883E-01	-1.423E-03	-2.277E+00	-9.883E-01	4.943E+00
5	-3.557E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.557E+00	0.000E+00	0.000E+00
6	3.653E+00	0.000E+00	0.000E+00	-3.653E+00	0.000E+00	0.000E+00

Beban pada Joint Besar beban						
Joint	Arah	Besar	beban	Arah1	Arah2	Arah3
2	1	1.00				
3	2	-1.00				

Model 3

Parameter Struktur : 8
 Jumlah Batang : 8
 Jumlah Joint : 8
 Sendi Plastik Maksimum : 6

Data Struktur			
No. Batang	No. Joint Kiri	No. Joint Kanan	
1	1	2	
2	2	3	
3	3	4	
4	4	5	
5	2	6	
6	6	7	
7	7	8	
8	4	8	

Kekangan Struktur		
No. Joint	Arah	
1	1	
1	2	
1	3	
5	1	
5	2	
5	3	

Koordinat Joint		
Joint	X	Y
1	0.00	0.00
2	0.00	5.00
3	3.00	5.00
4	6.00	5.00
5	6.00	0.00
6	0.00	10.00
7	3.00	10.00
8	6.00	10.00

Informasi Batang					
Batang	Luas	M. Inersia	Mod. Elastis	Panjang	Momen Plast.
1	0.015	0.0002576	21000000	5.000	45.19
2	0.007	0.0000980	21000000	3.000	18.43
3	0.007	0.0000980	21000000	3.000	18.43
4	0.015	0.0002576	21000000	5.000	45.19
5	0.015	0.0002576	21000000	5.000	45.19
6	0.007	0.0000980	21000000	3.000	18.43
7	0.007	0.0000980	21000000	3.000	18.43
8	0.015	0.0002576	21000000	5.000	45.19

Beban pada Joint		
Joint	Arah	Besar beban
2	1	1.00
3	2	-1.00
6	1	1.00
7	2	-1.00

Gaya satuan tanpa faktor beban						
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	-2.731E-01	9.354E-01	3.576E+00	2.731E-01	-9.354E-01	1.101E+00
2	3.331E-01	-2.442E-01	-1.519E+00	-3.331E-01	2.442E-01	7.860E-01
3	3.331E-01	-1.244E+00	-7.860E-01	-3.331E-01	1.244E+00	-2.947E+00
4	2.273E+00	1.065E+00	1.537E+00	-2.273E+00	-1.065E+00	3.785E+00
5	-2.888E-02	2.686E-01	4.176E-01	2.888E-02	-2.686E-01	9.252E-01
6	7.314E-01	-2.888E-02	-9.252E-01	-7.314E-01	2.888E-02	8.385E-01
7	7.314E-01	-1.029E+00	-8.385E-01	-7.314E-01	1.029E+00	-2.248E+00
8	1.029E+00	7.314E-01	1.409E+00	-1.029E+00	-7.314E-01	2.248E+00

Sendi plastis ke : 1
 pada batang : 3
 dekat titik : 4
 Faktor beban : 6.256E+00
 Faktor beban kumulatif : 6.256E+00

Gaya Batang Lokal						
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	-1.708E+00	5.852E+00	2.237E+01	1.708E+00	-5.852E+00	6.887E+00
2	2.084E+00	-1.528E+00	-9.500E+00	-2.084E+00	1.528E+00	4.917E+00
3	2.084E+00	-7.783E+00	-4.917E+00	-2.084E+00	7.783E+00	-1.843E+01
4	1.422E+01	6.660E+00	9.618E+00	-1.422E+01	-6.660E+00	2.368E+01
5	-1.806E-01	1.680E+00	2.612E+00	1.806E-01	-1.680E+00	5.788E+00
6	4.576E+00	-1.806E-01	-5.788E+00	-4.576E+00	1.806E-01	5.246E+00
7	4.576E+00	-6.436E+00	-5.246E+00	-4.576E+00	6.436E+00	-1.406E+01
8	6.436E+00	4.576E+00	8.815E+00	-6.436E+00	-4.576E+00	1.406E+01

Gaya Batang Lokal Kumulatif		Beban pada Joint		Besar beban							
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6					
1	-1.708E+00	5.852E+00	2.237E+01	1.708E+00	6.887E+00	1.00					
2	2.084E+00	-1.528E+00	-9.500E+00	-2.084E+00	4.917E+00	-1.00					
3	2.084E+00	-7.783E+00	-4.917E+00	-2.084E+00	7.783E+00	1.00					
4	1.422E+01	6.660E+00	9.618E+00	-1.422E+01	2.368E+01	-1.00					
5	-1.806E-01	1.680E+00	2.612E+00	1.806E-01	5.788E+00						
6	4.576E+00	-1.806E-01	-5.788E+00	-4.576E+00	5.246E+00						
7	4.576E+00	-6.436E+00	-5.246E+00	4.576E+00	6.436E+00						
8	6.436E+00	4.576E+00	8.815E+00	-6.436E+00	-4.576E+00						
Deformasi Joint		Arah2		Arah3		Arah4		Arah5		Arah6	
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6	Arah4	Arah5	Arah6	Arah4	Arah5
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	-6.620E-02	5.052E+00	-1.149E+00	-6.620E-02	-1.149E+00
2	2.91577E-02	2.64108E-05	-7.15584E-03	-2.91577E-02	2.64108E-05	-7.15584E-03	-2.431E-01	-9.425E-01	-3.430E-01	-2.431E-01	-3.430E-01
3	2.91147E-02	-4.00898E-03	3.35216E-03	-2.91147E-02	4.00898E-03	-3.35216E-03	-2.477E-01	-6.759E+00	2.253E+00	-2.477E-01	2.253E+00
4	2.90716E-02	-2.19848E-04	-6.49908E-03	2.90716E-02	-2.19848E-04	6.49908E-03	1.934E+00	-1.968E-01	-8.807E-01	1.934E+00	-8.807E-01
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	-2.768E-01	2.476E-01	-3.922E-01	-2.768E-01	3.922E-01
6	6.45035E-02	2.92038E-05	-5.68844E-03	6.45035E-02	2.92038E-05	-5.68844E-03	6.078E-01	-1.715E+00	-2.768E-01	6.078E-01	2.768E-01
7	6.44089E-02	-4.77590E-03	2.35337E-03	6.44089E-02	-4.77590E-03	2.35337E-03	6.181E-01	-8.838E-01	-1.277E+00	6.181E-01	1.277E+00
8	6.43143E-02	-3.19360E-04	-4.07360E-03	6.43143E-02	-3.19360E-04	4.07360E-03	1.277E+00	6.283E-01	-1.277E+00	1.277E+00	-6.283E-01
Sendi plastis ke : 2											
pada batang : 7											
dekat titik : 8											
Faktor beban : 1.483E+00											
Faktor beban kumulatif : 7.739E+00											
Gaya Batang Lokal		Arah2		Arah3		Arah4		Arah5		Arah6	
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6	Arah4	Arah5	Arah6	Arah4	Arah5
1	9.817E-02	1.704E+00	7.492E+00	-9.817E-02	-1.704E+00	-7.492E+00	-9.817E-02	-1.704E+00	-7.492E+00	-9.817E-02	-1.704E+00
2	3.604E-01	5.086E-01	-1.398E+00	3.604E-01	5.086E-01	-1.398E+00	-3.604E-01	-5.086E-01	1.398E+00	-3.604E-01	-5.086E-01
3	3.673E-01	-3.341E+00	-1.002E+01	-3.673E-01	3.341E+00	1.002E+01	-3.673E-01	3.341E+00	1.002E+01	-3.673E-01	3.341E+00
4	2.868E+00	1.306E+00	-2.918E-01	2.868E+00	1.306E+00	-2.918E-01	-2.868E+00	-1.306E+00	2.918E-01	-2.868E+00	-1.306E+00
5	-4.105E-01	5.817E-01	3.671E-01	-4.105E-01	5.817E-01	3.671E-01	4.105E-01	-5.817E-01	-3.671E-01	4.105E-01	-5.817E-01
6	9.012E-01	-4.105E-01	-2.543E+00	9.012E-01	-4.105E-01	-2.543E+00	-9.012E-01	4.105E-01	2.543E+00	-9.012E-01	4.105E-01
7	9.165E-01	-1.893E+00	-1.311E+00	9.165E-01	-1.893E+00	-1.311E+00	-9.165E-01	1.893E+00	1.311E+00	-9.165E-01	1.893E+00
8	1.893E+00	9.318E-01	2.903E-01	1.893E+00	9.318E-01	2.903E-01	-1.893E+00	-9.318E-01	-2.903E-01	1.893E+00	9.318E-01
Gaya Batang Lokal Kumulatif		Arah2		Arah3		Arah4		Arah5		Arah6	
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6	Arah4	Arah5	Arah6	Arah4	Arah5
1	-1.610E+00	7.556E+00	2.986E+01	-1.610E+00	-7.556E+00	-2.986E+01	1.610E+00	-7.556E+00	-2.986E+01	1.610E+00	-7.556E+00
2	2.444E+00	-1.019E+00	-1.090E+01	2.444E+00	-1.019E+00	-1.090E+01	-2.444E+00	1.019E+00	1.090E+01	-2.444E+00	1.019E+00
3	2.451E+00	-1.112E+01	-1.494E+01	-2.451E+00	1.112E+01	1.494E+01	-2.451E+00	1.112E+01	1.494E+01	-2.451E+00	1.112E+01
4	1.709E+01	7.966E+00	9.326E+00	1.709E+01	7.966E+00	9.326E+00	-1.709E+01	-7.966E+00	-9.326E+00	1.709E+01	7.966E+00
5	-5.911E-01	2.262E+00	2.980E+00	-5.911E-01	2.262E+00	2.980E+00	5.911E-01	-2.262E+00	-2.980E+00	-5.911E-01	2.262E+00
6	5.477E+00	-5.911E-01	-8.330E+00	5.477E+00	-5.911E-01	-8.330E+00	-5.477E+00	5.911E-01	8.330E+00	-5.477E+00	5.911E-01
7	5.492E+00	-8.330E+00	-6.556E+00	5.492E+00	-8.330E+00	-6.556E+00	-5.492E+00	8.330E+00	6.556E+00	-5.492E+00	8.330E+00
8	8.330E+00	5.508E+00	9.105E+00	8.330E+00	5.508E+00	9.105E+00	-8.330E+00	-5.508E+00	-9.105E+00	8.330E+00	-5.508E+00
Gaya Batang lateral tingkat :		6.4503474529E+00 cm									

Caya satuan tanpa faktor beban							
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6	
1	3.563E-01	1.104E+00	5.913E+00	-3.563E-01	-1.104E+00	-3.910E-01	
2	7.458E-01	1.885E-01	-1.869E+00	-7.458E-01	-1.885E-01	2.435E+00	
3	7.530E-01	-3.040E+00	-9.121E+00	-7.530E-01	3.040E+00	0.000E+00	
4	1.644E+00	9.428E-01	-9.160E-01	-1.644E+00	-9.428E-01	5.630E+00	
5	1.678E-01	8.502E-01	2.258E+00	-1.678E-01	-8.502E-01	1.993E+00	
6	1.498E-01	1.678E-01	-1.994E+00	-1.498E-01	-1.678E-01	2.497E+00	
7	1.662E-01	-3.360E+00	-1.008E+01	-1.662E-01	3.360E+00	0.000E+00	
8	8.323E-01	1.826E-01	9.138E-01	-8.323E-01	-1.826E-01	-9.460E-04	

Deformasi Joint							
Joint	Arah1	Arah2	Arah3				
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00				
2	1.07485E-02	-1.51781E-06	-2.98682E-03				
3	1.07411E-02	-4.79357E-03	1.62847E-04				
4	1.07335E-02	-4.43378E-05	-3.28749E-03				
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00				
6	2.42999E-02	4.82817E-06	-1.98211E-03				
7	2.42723E-02	-1.27952E-03	8.26713E-04				
8	2.42533E-02	-7.36118E-05	-1.40278E-03				

Sendi plastis ke : 3
pada batang : 3
dekat titik : 3
Faktor beban : 3.829E-01
Faktor beban kumulatif : 8.122E+00

Deformasi Joint Kumulatif							
Joint	Arah1	Arah2	Arah3				
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00				
2	3.99063E-02	2.48930E-05	-1.01427E-02				
3	3.98558E-02	-8.80255E-03	3.51501E-03				
4	3.98051E-02	-2.64186E-04	-9.78657E-03				
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00				
6	8.87944E-02	3.40320E-05	-7.67055E-03				
7	8.86812E-02	-6.05542E-03	3.18008E-03				
8	8.85676E-02	-3.92971E-04	-5.47638E-03				

Deformasi lateral tingkat : 8.8794404035E+00 cm

Gaya Batang Lokal							
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6	
1	1.364E-01	4.228E-01	2.264E+00	-1.364E-01	-4.228E-01	-1.497E-01	
2	2.855E-01	7.216E-02	-7.157E-01	-2.855E-01	-7.216E-02	9.322E-01	
3	2.883E-01	-1.164E+00	-3.492E+00	-2.883E-01	1.164E+00	0.000E+00	
4	6.294E-01	3.610E-01	-3.507E-01	-6.294E-01	-3.610E-01	2.156E+00	
5	6.424E-02	3.255E-01	8.646E-01	-6.424E-02	-3.255E-01	7.629E-01	
6	5.737E-02	6.424E-02	-7.634E-01	-5.737E-02	-6.424E-02	9.561E-01	
7	6.364E-02	-1.287E+00	-3.860E+00	-6.364E-02	1.287E+00	0.000E+00	
8	3.187E-01	6.990E-02	3.499E-01	-3.187E-01	-6.990E-02	-3.622E-04	

Gaya Batang Lokal Kumulatif							
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6	
1	-1.474E+00	7.979E+00	3.213E+01	1.474E+00	-7.979E+00	7.767E+00	
2	2.730E+00	-9.468E-01	-1.161E+01	-2.730E+00	9.468E-01	8.773E+00	
3	2.740E+00	-1.229E+01	-1.843E+01	-2.740E+00	1.229E+01	-1.843E+01	
4	1.772E+01	8.327E+00	8.975E+00	-1.772E+01	-8.327E+00	3.266E+01	
5	-5.269E-01	2.587E+00	3.844E+00	5.269E-01	-2.587E+00	9.092E+00	
6	5.534E+00	-5.269E-01	-9.094E+00	-5.534E+00	5.269E-01	7.513E+00	
7	5.556E+00	-9.616E+00	-1.042E+01	-5.556E+00	9.616E+00	-1.843E+01	
8	8.649E+00	5.577E+00	9.455E+00	-8.649E+00	-5.577E+00	1.843E+01	

Beban pada Joint			
Joint	Arah	Besar	beban
2	1	1.00	
3	2	-1.00	
6	1	1.00	
7	2	-1.00	

Gaya satuan tanpa faktor beban							
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6	
1	9.880E-01	6.556E-01	7.153E+00	-9.890E-01	-6.556E-01	-3.875E+00	
2	1.133E+00	1.000E+00	3.000E+00	-1.133E+00	-1.000E+00	2.238E-04	
3	1.142E+00	0.000E+00	0.000E+00	-1.142E+00	0.000E+00	0.000E+00	
4	1.012E+00	1.415E+00	-1.324E+00	-1.012E+00	-1.415E+00	8.399E+00	
5	-1.200E-02	7.884E-01	8.728E-01	1.200E-02	-7.884E-01	3.069E+00	
6	2.116E-01	-1.201E-02	-3.072E+00	-2.116E-01	1.201E-02	3.036E+00	
7	2.375E-01	-4.768E+00	-1.430E+01	-2.375E-01	4.768E+00	0.000E+00	
8	1.012E+00	2.634E-01	1.321E+00	-1.012E+00	-2.634E-01	-3.448E-03	

Deformasi Joint							
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6	
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	
2	3.60275E-03	-2.10885E-06	-1.11542E-03	-3.60275E-03	2.10885E-06	1.11542E-03	
3	3.59685E-03	-1.62560E-03	8.56827E-05	3.59685E-03	1.62560E-03	-8.56827E-05	
4	3.59089E-03	-9.73075E-06	-1.15831E-03	3.59089E-03	9.73075E-06	1.15831E-03	
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	
6	9.92418E-03	-3.10204E-06	-1.16244E-03	9.92418E-03	3.10204E-06	1.16244E-03	
7	9.92299E-03	-1.68070E-03	9.08619E-05	9.92299E-03	1.68070E-03	-9.08619E-05	
8	9.92168E-03	-1.46574E-05	-1.32017E-03	9.92168E-03	1.46574E-05	1.32017E-03	

Sendi plastis ke : 4
pada batang : 7
dekat titik : 7
Faktor beban : 5.604E-01
Faktor beban kumulatif : 8.682E+00

Deformasi Joint Kumulatif

Joint	Arah1	Arah2	Arah3
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	4.35091E-02	2.27841E-05	-1.12581E-02
3	4.34526E-02	-1.04282E-02	3.60069E-03
4	4.33960E-02	-2.73917E-04	-1.09449E-02
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
6	9.87186E-02	3.09299E-05	-8.83299E-03
7	9.86042E-02	-7.73612E-03	3.27095E-03
8	9.84893E-02	-4.07629E-04	-6.79654E-03

Deformasi lateral tingkat : 9.8718581469E+00 cm

Gaya Batang Lokal							
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6	
1	5.537E-01	3.674E-01	4.009E+00	-5.537E-01	-3.674E-01	-2.172E+00	
2	6.349E-01	5.604E-01	1.681E+00	-6.349E-01	-5.604E-01	1.254E-04	
3	6.401E-01	0.000E+00	0.000E+00	6.401E-01	0.000E+00	0.000E+00	
4	5.672E-01	7.930E-01	-7.418E-01	-5.672E-01	-7.930E-01	4.707E+00	
5	-6.728E-03	4.418E-01	4.891E-01	6.728E-03	-4.418E-01	1.720E+00	
6	1.186E-01	-6.732E-03	-1.722E+00	-1.186E-01	6.732E-03	1.702E+00	
7	1.331E-01	-2.672E+00	-8.017E+00	-1.331E-01	2.672E+00	0.000E+00	
8	5.672E-01	1.476E-01	7.401E-01	-5.672E-01	-1.476E-01	-1.932E-03	

Gaya pada joint kumulatif							
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6	
1	-7.97879E+00	-1.47368E+00	3.21273E+01	-7.97879E+00	-1.47368E+00	3.21273E+01	
2	8.12155E+00	5.86874E-06	-2.46745E-03	8.12155E+00	5.86874E-06	-2.46745E-03	
3	9.67485E-03	-1.13419E+01	-9.66008E+00	9.67485E-03	1.13419E+01	9.66008E+00	
4	9.66267E-03	3.22024E+00	-2.38940E-03	9.66267E-03	-3.22024E+00	2.38940E-03	
5	-8.32669E+00	1.77169E+01	3.26582E+01	-8.32669E+00	-1.77169E+01	-3.26582E+01	
6	8.12155E+00	8.16929E-06	-1.86020E-03	8.12155E+00	8.16929E-06	-1.86020E-03	
7	2.15349E-02	-9.08951E+00	-2.90312E+00	2.15349E-02	9.08951E+00	2.90312E+00	
8	2.15076E-02	9.67870E-01	-1.32783E-03	2.15076E-02	-9.67870E-01	1.32783E-03	

Gaya Batang Lokal Kumulatif							
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6	
1	-9.200E-01	8.346E+00	3.614E+01	9.200E-01	-8.346E+00	5.595E+00	
2	3.365E+00	-3.864E-01	-9.932E+00	-3.365E+00	3.864E-01	8.773E+00	
3	3.380E+00	-1.229E+01	-1.843E+01	-3.380E+00	1.229E+01	-1.843E+01	
4	1.828E+01	9.120E+00	8.233E+00	-1.828E+01	-9.120E+00	3.737E+01	
5	-5.336E-01	3.029E+00	4.333E+00	5.336E-01	-3.029E+00	-4.333E+00	
6	5.653E+00	-5.336E-01	-1.082E+01	-5.653E+00	5.336E-01	1.081E+01	
7	5.689E+00	-1.229E+01	-1.843E+01	-5.689E+00	1.229E+01	1.843E+01	
8	9.216E+00	5.725E+00	1.020E+01	-9.216E+00	-5.725E+00	-1.843E+01	

Beban pada Joint							
Joint	Arah	Besar	beban	Arah	Besar	beban	
2	1	1.00		1	1.00		
3	2	-1.00		2	-1.00		
6	1	1.00		1	1.00		
7	2	-1.00		2	-1.00		

Gaya satuan tanpa faktor beban						
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	2.000E+00	9.218E-01	1.075E+01	-2.000E+00	-9.218E-01	-6.142E+00
2	1.034E-01	1.000E+00	3.007E+00	-1.034E-01	-1.000E+00	-7.283E-03
3	1.173E-01	0.000E+00	0.000E+00	-1.173E-01	0.000E+00	0.000E+00
4	4.694E-05	1.183E+00	-5.269E+00	-4.694E-05	-1.183E+00	1.118E+01
5	1.000E+00	2.512E-02	3.129E+00	-1.000E+00	-2.512E-02	-3.004E+00
6	9.749E-01	1.000E+00	3.000E+00	-9.749E-01	-1.000E+00	3.706E-04
7	1.013E+00	0.000E+00	0.000E+00	-1.013E+00	0.000E+00	0.000E+00
8	3.129E-05	1.052E+00	5.264E+00	-3.129E-05	-1.052E+00	-5.105E-03

Gaya Batang Lokal						
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	1.399E+00	6.447E-01	7.519E+00	-1.399E+00	-6.447E-01	-4.295E+00
2	7.228E-02	6.994E-01	2.103E+00	-7.228E-02	-6.994E-01	-5.094E-03
3	8.206E-02	0.000E+00	0.000E+00	-8.206E-02	0.000E+00	0.000E+00
4	3.283E-05	8.274E-01	-3.685E+00	-3.283E-05	-8.274E-01	7.822E+00
5	6.994E-01	1.757E-02	2.189E+00	-6.994E-01	-1.757E-02	-2.101E+00
6	6.818E-01	6.994E-01	2.098E+00	-6.818E-01	-6.994E-01	2.592E-04
7	7.087E-01	0.000E+00	0.000E+00	-7.087E-01	0.000E+00	0.000E+00
8	2.189E-05	7.356E-01	3.682E+00	-2.189E-05	-7.356E-01	-3.570E-03

Gaya Batang Lokal Kumulatif						
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	4.788E-01	8.991E+00	4.366E+00	-4.788E-01	-8.991E+00	1.299E+00
2	3.437E+00	3.130E-01	-7.829E+00	-3.437E+00	-3.130E-01	8.768E+00
3	3.462E+00	-1.229E+01	-1.843E+01	-3.462E+00	1.229E+01	-1.843E+01
4	1.828E+01	9.947E+00	4.549E+00	-1.828E+01	-9.947E+00	4.519E+01
5	1.658E-01	3.047E+00	6.522E+00	-1.658E-01	-3.047E+00	8.711E+00
6	6.335E+00	1.658E-01	-8.718E+00	-6.335E+00	-1.658E-01	9.215E+00
7	6.398E+00	-1.229E+01	-1.843E+01	-6.398E+00	1.229E+01	-1.843E+01
8	9.216E+00	6.461E+00	1.388E+01	-9.216E+00	-6.461E+00	1.843E+01

Beban pada Joint						
Joint	Arah	Besar	beban			
2	1	1.00				
3	2	-1.00				
6	1	1.00				
7	2	-1.0				

Deformasi Joint Kumulatif						
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	7.84862E-03	-8.56077E-06	-2.85646E-03	-1.41145E-02	-4.81020E-04	-1.34630E-02
3	7.83549E-03	-1.10285E-02	-4.09171E-03	-1.34630E-02	0.00000E+00	-1.11205E-02
4	7.82226E-03	-8.76937E-06	-2.51808E-03	-1.11205E-02	3.47863E-03	-9.65755E-03
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
6	2.15595E-02	-8.45676E-06	-2.29756E-03	-2.07682E-04	-2.86101E-03	
7	2.15570E-02	-3.12091E-03	2.07682E-04			
8	2.15543E-02	-1.75385E-05	-2.86101E-03			

Deformasi lateral tingkat :		1.2027804802E+01 cm	
1	-8.34620E+00	-9.19968E-01	3.61363E+01
2	8.68199E+00	2.78191E-06	-4.10014E-03
3	1.49397E-02	-1.19023E+01	-9.65996E+00
4	1.49188E-02	3.22023E+00	-4.08486E-03
5	-9.11972E+00	1.82841E+01	3.73652E+01
6	8.68199E+00	3.62869E-06	-3.56171E-03
7	3.60596E-02	-1.17551E+01	-9.21835E+00
8	3.60304E-02	3.07297E+00	-3.26021E-03

Deformasi lateral tingkat : 1.2027804802E+01 cm						
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	5.13577E-02	1.42234E-05	-1.41145E-02	-4.81020E-04	-1.34630E-02	0.00000E+00
3	5.12881E-02	-2.14567E-02	-4.81020E-04	-1.34630E-02	0.00000E+00	-1.11205E-02
4	5.12182E-02	-2.82686E-04	-1.34630E-02	0.00000E+00	-1.11205E-02	3.47863E-03
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
6	1.20278E-01	2.24731E-05	-1.11205E-02	-1.11205E-02	3.47863E-03	-9.65755E-03
7	1.20161E-01	-1.08570E-02	3.47863E-03			
8	1.20044E-01	-4.25167E-04	-9.65755E-03			

Gaya satuan tanpa faktor beban						
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	2.000E+00	3.830E+00	2.262E+01	-2.000E+00	-3.830E+00	-3.470E+00
2	-3.344E+00	1.000E+00	3.010E+00	3.344E+00	-1.000E+00	-1.000E-02
3	-3.323E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.323E+00	0.000E+00	0.000E+00
4	1.935E-09	4.889E+00	2.444E+01	-1.935E-09	-4.889E+00	0.000E+00
5	1.000E+00	-5.142E-01	4.522E-01	-1.000E+00	5.142E-01	-3.023E+00
6	1.514E+00	1.000E+00	3.013E+00	-1.514E+00	-1.000E+00	-1.283E-02
7	1.582E+00	0.000E+00	0.000E+00	-1.582E+00	0.000E+00	0.000E+00
8	1.210E-09	1.649E+00	8.256E+00	-1.210E-09	-1.649E+00	-1.004E-02

Sendi plastis ke : 6
pada batang : 1
dekat titik : 1
Faktor beban : 6.773E-02
Faktor beban kumulatif : 9.449E+00

Gaya Batang Lokal						
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	1.355E-01	2.594E-01	1.532E+00	-1.355E-01	-2.594E-01	-2.350E-01
2	-2.265E-01	6.773E-02	2.039E-01	2.265E-01	-6.773E-02	-6.776E-04
3	-2.251E-01	0.000E+00	0.000E+00	2.251E-01	0.000E+00	0.000E+00
4	1.311E-10	3.311E-01	1.656E+00	-1.311E-10	-3.311E-01	0.000E+00
5	6.773E-02	-3.483E-02	3.063E-02	-6.773E-02	3.483E-02	-2.048E-01
6	1.026E-01	6.773E-02	2.041E-01	-1.026E-01	-6.773E-02	-8.688E-04
7	1.071E-01	0.000E+00	0.000E+00	-1.071E-01	0.000E+00	0.000E+00
8	8.193E-11	1.117E-01	5.592E-01	-8.193E-11	-1.117E-01	-6.799E-04

Gaya Batang Lokal Kumulatif						
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	6.143E-01	9.250E+00	4.519E+00	-6.143E-01	-9.250E+00	1.064E+00
2	3.211E+00	3.808E-01	-7.625E+00	-3.211E+00	-3.808E-01	8.767E+00
3	3.237E+00	-1.229E+01	-1.843E+01	-3.237E+00	1.229E+01	-1.843E+01
4	1.828E+01	1.028E+01	6.204E+00	-1.828E+01	-1.028E+01	4.519E+01
5	2.335E-01	3.012E+00	6.553E+00	-2.335E-01	-3.012E+00	8.506E+00
6	6.437E+00	2.335E-01	-8.513E+00	-6.437E+00	-2.335E-01	9.214E+00
7	6.505E+00	-1.229E+01	-1.843E+01	-6.505E+00	1.229E+01	-1.843E+01
8	9.216E+00	6.572E+00	1.444E+01	-9.216E+00	-6.572E+00	1.843E+01

Deformasi Joint						
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	1.48910E-02	-2.16265E-05	-5.45985E-03	1.48910E-02	-2.16265E-05	-5.45985E-03
3	1.48895E-02	-1.94709E-02	-6.99656E-03	1.48895E-02	-1.94709E-02	-6.99656E-03
4	1.48878E-02	-5.07587E-10	-5.31780E-03	1.48878E-02	-5.07587E-10	-5.31780E-03
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
6	4.71798E-02	-3.24397E-05	-7.44215E-03	4.71798E-02	-3.24397E-05	-7.44215E-03
7	4.71658E-02	-2.54169E-02	-8.97105E-03	4.71658E-02	-2.54169E-02	-8.97105E-03
8	4.71511E-02	-8.45976E-10	-7.02091E-03	4.71511E-02	-8.45976E-10	-7.02091E-03

Deformasi Joint Kumulatif

Joint	Arah1	Arah2	Arah3
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	6.62487E-02	-7.40312E-06	-1.95744E-02
3	6.61776E-02	-4.09276E-02	-7.47758E-03
4	6.61061E-02	-2.82686E-04	-1.87808E-02
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
6	1.67458E-01	-9.96658E-06	-1.85627E-02
7	1.67327E-01	-3.62739E-02	-5.49242E-03
8	1.67195E-01	-4.25168E-04	-1.66785E-02

Deformasi lateral tingkat : 1.6745789563E+01 cm

Gaya pada joint kumulatif						
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	-8.99087E+00	4.78834E-01	4.36551E+01	-8.99087E+00	4.78834E-01	4.36551E+01
2	9.38138E+00	-7.90143E-06	-7.66482E-03	9.38138E+00	-7.90143E-06	-7.66482E-03
3	2.47179E-02	-1.26017E+01	-9.66505E+00	2.47179E-02	-1.26017E+01	-9.66505E+00
4	2.46805E-02	3.22022E+00	-7.22728E-03	2.46805E-02	3.22022E+00	-7.22728E-03
5	-9.94717E+00	1.82842E+01	4.51872E+01	-9.94717E+00	1.82842E+01	4.51872E+01
6	9.38138E+00	-6.92486E-06	-6.41644E-03	9.38138E+00	-6.92486E-06	-6.41644E-03
7	6.29615E-02	-1.24545E+01	-9.21809E+00	6.29615E-02	-1.24545E+01	-9.21809E+00
8	6.29288E-02	3.07295E+00	-6.83058E-03	6.29288E-02	3.07295E+00	-6.83058E-03

Beban pada Joint						
Joint	Arah	Besar	beban	Arah	Besar	beban
2	1	1.00		1	1.00	
3	2	-1.00		2	-1.00	
6	1	1.00		1	1.00	
7	2	-1.00		2	-1.00	

Deformasi Joint	Arah1	Arah2	Arah3
Joint			
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	2.54119E-03	-2.09443E-06	-8.16667E-04
3	2.54588E-03	-2.74978E-03	-9.65755E-04
4	2.55053E-03	-2.02665E-15	-6.82538E-04
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
6	6.82944E-03	-3.14165E-06	-9.25461E-04
7	6.82732E-03	-3.07763E-03	-1.07483E-03
8	6.82511E-03	-3.29330E-15	-9.41262E-04

Deformasi Joint Kumulatif	Arah1	Arah2	Arah3
Joint			
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	6.87899E-02	-9.49755E-06	-2.03911E-02
3	6.87235E-02	-4.36773E-02	-8.44333E-03
4	6.86566E-02	-2.82686E-04	-1.94633E-02
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
6	1.74287E-01	-1.31082E-05	-1.94882E-02
7	1.74154E-01	-3.93515E-02	-6.56725E-03
8	1.74020E-01	-4.25168E-04	-1.76197E-02

Deformasi lateral tingkat : 1.7428733878E+01 cm

Gaya pada joint kumulatif	Arah1	Arah2	Arah3
Joint			
1	-9.25029E+00	6.14301E-01	4.51872E+01
2	9.44911E+00	-9.99582E-06	-8.19357E-03
3	2.61599E-02	-1.26694E+01	-9.66573E+00
4	4.69193E-01	3.22022E+00	2.20761E+00
5	-1.02783E+01	1.82842E+01	4.51872E+01
6	9.44911E+00	-1.00664E-05	-7.13717E-03
7	6.75292E-02	-1.25222E+01	-9.21896E+00
8	6.74951E-02	3.07295E+00	-7.51050E-03

Beban pada Joint	Arah	Besar beban
Joint		
2	1	1.00
3	2	-1.00
6	1	1.00
7	2	-1.00

----- Struktur sudah runtuh @@@

Beban pada Joint	Arah	Besar beban
Joint		
2	1	1.00
3	2	-1.00
6	1	1.00
7	2	-1.00

----- Struktur sudah runtuh @@@

Beban pada Joint	Arah	Besar beban
Joint		
2	1	1.00
3	2	-1.00
6	1	1.00
7	2	-1.00

----- Struktur sudah runtuh @@@

Model 4

Parameter Struktur : 12
 Jumlah Batang : 8
 Jumlah Joint : 8
 Sendi Plastis Maksimum : 8

Data Struktur	No. Joint Kiri	No. Joint Kanan
1	1	2
2	2	3
3	3	4
4	4	5
5	2	6
6	6	7
7	7	8
8	4	8
9	1	4
10	2	5
11	2	8
12	4	6

Informasi Batang	M. Inersia	Mod. Elastis	Panjang	Momen Plst.
Batang 1	0.015	21000000	5.000	45.19
2	0.007	21000000	3.000	18.43
3	0.007	21000000	3.000	18.43
4	0.015	21000000	5.000	45.19
5	0.015	21000000	5.000	45.19
6	0.007	21000000	3.000	18.43
7	0.007	21000000	3.000	18.43
8	0.015	21000000	5.000	45.19
9	0.000	21000000	7.810	0.00
10	0.000	21000000	7.810	0.00
11	0.000	21000000	7.810	0.00
12	0.000	21000000	7.810	0.00

Beban pada Joint	Arah	Besar	beban
2	1	1.00	
3	2	-1.00	
6	1	1.00	
7	2	-1.00	

Kekangan Struktur

No. Joint	Arah
1	1
1	2
1	3
5	1
5	2
5	3

Koordinat Joint

Joint	X	Y
1	0.00	0.00
2	0.00	5.00
3	3.00	5.00
4	6.00	5.00
5	6.00	0.00
6	0.00	10.00
7	3.00	10.00
8	6.00	10.00

Gaya satuan tanpa faktor beban

Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	-5.558E-01	3.579E-01	1.302E+00	5.558E-01	-3.579E-01	4.879E-01
2	3.163E-01	2.835E-01	6.440E-02	-3.163E-01	-2.835E-01	7.860E-01
3	3.163E-01	-7.165E-01	-7.860E-01	3.163E-01	7.165E-01	-1.364E+00
4	2.544E+00	4.873E-01	9.249E-01	-2.544E+00	-4.873E-01	1.512E+00
5	1.508E-02	-1.822E-01	-5.523E-01	-1.508E-02	1.822E-01	-3.587E-01
6	7.214E-01	3.991E-01	3.587E-01	-7.214E-01	-3.991E-01	8.386E-01
7	7.214E-01	-6.009E-01	-8.386E-01	-7.214E-01	6.009E-01	-9.641E-01
8	9.682E-01	2.806E-01	4.388E-01	-9.682E-01	-2.806E-01	9.641E-01
9	-7.425E-01	0.000E+00	0.000E+00	7.425E-01	0.000E+00	0.000E+00
10	7.607E-01	0.000E+00	0.000E+00	-7.607E-01	0.000E+00	0.000E+00
11	-5.738E-01	0.000E+00	0.000E+00	5.738E-01	0.000E+00	0.000E+00
12	5.999E-01	0.000E+00	0.000E+00	-5.999E-01	0.000E+00	0.000E+00

Sendi plastis ke : 1
 pada batang : 3
 dekat titik : 4
 Faktor beban : 1.352E+01
 Faktor beban kumulatif : 1.352E+01

Gaya Batang Lokal												
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6	Deformasi Joint Kumulatif					Arah3
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	-7.512E+00	4.838E+00	1.760E+01	7.512E+00	-4.838E+00	6.595E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	4.276E+00	3.832E+00	8.705E-01	-4.276E+00	-3.832E+00	1.062E+01	1.16148E-04	1.16148E-04	-5.08385E-03	-5.08385E-03	-5.08385E-03	-5.08385E-03
3	4.276E+00	-9.686E+00	-1.062E+01	-4.276E+00	9.686E+00	-1.843E+01	-8.66061E-03	-8.66061E-03	2.02546E-03	2.02546E-03	2.02546E-03	2.02546E-03
4	3.439E+01	6.587E+00	1.250E+01	-3.439E+01	-6.587E+00	2.043E+01	-5.31702E-04	-5.31702E-04	-3.66584E-03	-3.66584E-03	-3.66584E-03	-3.66584E-03
5	2.039E-01	-2.463E+00	-7.466E+00	-2.039E-01	2.463E+00	-4.849E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
6	9.751E+00	5.395E+00	4.849E+00	-9.751E+00	-5.395E+00	1.134E+01	1.12996E-04	1.12996E-04	-3.87473E-03	-3.87473E-03	-3.87473E-03	-3.87473E-03
7	9.751E+00	-8.123E+00	-1.134E+01	9.751E+00	8.123E+00	-1.303E+01	-1.03180E-02	-1.03180E-02	8.52899E-04	8.52899E-04	8.52899E-04	8.52899E-04
8	1.309E+01	3.793E+00	5.931E+00	-1.309E+01	-3.793E+00	1.303E+01	-7.34054E-04	-7.34054E-04	-3.83912E-04	-3.83912E-04	-3.83912E-04	-3.83912E-04
9	-1.004E+01	0.000E+00	0.000E+00	1.004E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
10	1.028E+01	0.000E+00	0.000E+00	-1.028E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
11	-7.756E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.756E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
12	8.109E+00	0.000E+00	0.000E+00	-8.109E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Deformasi lateral tingkat : 3.9679725250E+00 cm												
Gaya pada joint kumulatif												
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6	Deformasi lateral tingkat : 3.9679725250E+00 cm					Arah3
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	-1.25487E+01	-1.39380E+01	-1.39380E+01	1.75956E+01	1.75956E+01	1.75956E+01	1.75956E+01	1.75956E+01	1.75956E+01	1.75956E+01	1.75956E+01	1.75956E+01
2	1.35175E+01	1.22941E-11	1.22941E-11	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	1.22941E-11	1.22941E-11	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
3	-2.32359E-09	-1.35175E+01	-1.35175E+01	-3.68824E-11	-3.68824E-11	-3.68824E-11	-1.04500E-10	-1.04500E-10	3.68824E-11	3.68824E-11	3.68824E-11	3.68824E-11
4	-1.08188E-09	-1.44863E+01	-1.44863E+01	4.09730E+01	4.09730E+01	4.09730E+01	2.04344E+01	2.04344E+01	2.04344E+01	2.04344E+01	2.04344E+01	2.04344E+01
5	-1.44863E+01	4.09730E+01	4.09730E+01	-1.84412E-11	-1.84412E-11	-1.84412E-11	-1.47529E-10	-1.47529E-10	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
6	1.35175E+01	-1.35175E+01	-1.35175E+01	1.35175E+01	1.35175E+01	1.35175E+01	8.60589E-11	8.60589E-11	-2.45882E-11	-2.45882E-11	-2.45882E-11	-2.45882E-11
7	-2.32359E-09	-1.35175E+01	-1.35175E+01	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
8	-2.55103E-09	8.60589E-11	8.60589E-11	-2.45882E-11	-2.45882E-11	-2.45882E-11	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
Beban pada Joint												
Joint	Arah	Besar	Beban									Arah6
2	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3	2	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
6	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
7	2	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
Gaya satuan tanpa faktor beban												
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6	Deformasi Joint Kumulatif					Arah3
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	-4.925E-01	3.242E-01	1.375E+00	4.925E-01	-3.242E-01	1.375E+00	1.375E+00	1.375E+00	4.925E-01	4.925E-01	4.925E-01	4.925E-01
2	2.855E-01	5.994E-01	5.994E-01	-2.855E-01	-5.994E-01	-5.994E-01	5.994E-01	5.994E-01	-2.855E-01	-2.855E-01	-2.855E-01	-2.855E-01
3	2.871E-01	-7.054E-01	-7.054E-01	2.871E-01	7.054E-01	7.054E-01	-2.1116E+00	-2.1116E+00	2.871E-01	2.871E-01	2.871E-01	2.871E-01
4	2.481E+00	3.141E-01	3.141E-01	-2.481E+00	-3.141E-01	-3.141E-01	2.179E-01	2.179E-01	-2.481E+00	-2.481E+00	-2.481E+00	-2.481E+00
5	-6.245E-02	-2.414E-01	-2.414E-01	6.245E-02	2.414E-01	2.414E-01	-8.433E-01	-8.433E-01	6.245E-02	6.245E-02	6.245E-02	6.245E-02
6	6.792E-01	4.061E-01	4.061E-01	-6.792E-01	-4.061E-01	-4.061E-01	3.637E-01	3.637E-01	-6.792E-01	-6.792E-01	-6.792E-01	-6.792E-01
7	6.822E-01	-5.939E-01	-5.939E-01	6.822E-01	5.939E-01	5.939E-01	-8.545E-01	-8.545E-01	6.822E-01	6.822E-01	6.822E-01	6.822E-01
8	1.047E+00	1.418E-01	1.418E-01	-1.047E+00	-1.418E-01	-1.418E-01	0.000E+00	0.000E+00	-1.047E+00	-1.047E+00	-1.047E+00	-1.047E+00
9	-8.834E-01	0.000E+00	0.000E+00	8.834E-01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.834E-01	8.834E-01	8.834E-01	8.834E-01
10	9.009E-01	0.000E+00	0.000E+00	-9.009E-01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-9.009E-01	-9.009E-01	-9.009E-01	-9.009E-01
11	-7.072E-01	0.000E+00	0.000E+00	7.072E-01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	7.072E-01	7.072E-01	7.072E-01	7.072E-01
12	7.318E-01	0.000E+00	0.000E+00	-7.318E-01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-7.318E-01	-7.318E-01	-7.318E-01	-7.318E-01

Sendi plastis ke		:		2							
pada batang		:		3							
dekat titik		:		3							
Faktor beban		:		3.690E+00							
Gaya beban kumulatif :		:		1.721E+01							
Gaya Batang Lokal											
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6					
1	-1.817E+00	1.196E+00	5.072E+00	1.817E+00	-1.196E+00	9.095E-01					
2	1.053E+00	2.212E+00	2.201E+00	-1.053E+00	-2.212E+00	4.435E+00					
3	1.059E+00	-2.603E+00	-7.808E+00	-1.059E+00	2.603E+00	0.000E+00					
4	9.156E+00	1.159E+00	8.041E-01	-9.156E+00	-1.159E+00	4.991E+00					
5	-2.304E-01	-8.909E-01	-3.112E+00	2.304E-01	8.909E-01	-1.343E+00					
6	2.506E+00	1.498E+00	1.342E+00	-2.506E+00	-1.498E+00	3.153E+00					
7	2.517E+00	-2.192E+00	-3.153E+00	2.517E+00	2.192E+00	-3.422E+00					
8	3.862E+00	5.233E-01	-8.051E-01	-3.862E+00	-5.233E-01	3.421E+00					
9	-3.259E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.259E+00	0.000E+00	0.000E+00					
10	3.324E+00	0.000E+00	0.000E+00	-3.324E+00	0.000E+00	0.000E+00					
11	-2.609E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.609E+00	0.000E+00	0.000E+00					
12	2.700E+00	0.000E+00	0.000E+00	-2.700E+00	0.000E+00	0.000E+00					
Gaya Batang Lokal Kumulatif											
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6					
1	-9.330E+00	6.034E+00	2.267E+01	9.330E+00	-6.034E+00	7.505E+00					
2	5.329E+00	6.044E+00	3.071E+00	-5.329E+00	-6.044E+00	1.506E+01					
3	5.335E+00	-1.229E+01	-1.843E+01	-5.335E+00	1.229E+01	-1.843E+01					
4	4.355E+01	7.746E+00	1.331E+01	-4.355E+01	-7.746E+00	2.543E+01					
5	-2.654E-02	-3.354E+00	-1.058E+01	2.654E-02	3.354E+00	-6.192E+00					
6	1.226E+01	6.893E+00	6.191E+00	-1.226E+01	-6.893E+00	1.449E+01					
7	1.227E+01	-1.031E+01	-1.449E+01	1.227E+01	1.031E+01	-1.645E+01					
8	1.695E+01	4.316E+00	5.126E+00	-1.695E+01	-4.316E+00	1.645E+01					
9	-1.330E+01	0.000E+00	0.000E+00	1.330E+01	0.000E+00	0.000E+00					
10	1.361E+01	0.000E+00	0.000E+00	-1.361E+01	0.000E+00	0.000E+00					
11	-1.037E+01	0.000E+00	0.000E+00	1.037E+01	0.000E+00	0.000E+00					
12	1.081E+01	0.000E+00	0.000E+00	-1.081E+01	0.000E+00	0.000E+00					
Deformasi Joint											
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6					
1	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00					
2	7.11321E-03	2.80957E-05	-1.92379E-03	-7.11321E-03	-2.80957E-05	1.92379E-03					
3	7.09143E-03	-5.17189E-03	-2.95478E-04	-7.09143E-03	5.17189E-03	2.95478E-04					
4	7.06953E-03	-1.41556E-04	-1.93505E-03	-7.06953E-03	1.41556E-04	1.93505E-03					
5	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00					
6	1.29731E-02	3.16581E-05	-1.10639E-03	-1.29731E-02	-3.16581E-05	1.10639E-03					
7	1.29213E-02	-2.94532E-03	2.13863E-04	-1.29213E-02	2.94532E-03	-2.13863E-04					
8	1.28693E-02	-2.01268E-04	1.81887E-05	-1.28693E-02	2.01268E-04	-1.81887E-05					

Deformasi Joint Kumulatif											
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6					
1	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00					
2	2.91391E-02	1.44244E-04	-7.00765E-03	-2.91391E-02	-1.44244E-04	7.00765E-03					
3	2.90289E-02	-1.43796E-02	1.72998E-03	-2.90289E-02	1.43796E-02	-1.72998E-03					
4	2.89186E-02	-6.73258E-04	-5.60089E-03	-2.89186E-02	6.73258E-04	5.60089E-03					
5	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00					
6	5.26529E-02	1.44654E-04	-4.98113E-03	-5.26529E-02	-1.44654E-04	4.98113E-03					
7	5.23994E-02	-1.32633E-02	1.06676E-03	-5.23994E-02	1.32633E-02	-1.06676E-03					
8	5.21458E-02	-9.35322E-04	-3.65723E-04	-5.21458E-02	9.35322E-04	3.65723E-04					

Deformasi lateral tingkat : 5.2652858125E+00 cm

Gaya pada joint kumulatif											
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6					
1	-1.62491E+01	-1.78419E+01	2.26680E+01	1.62491E+01	1.78419E+01	-2.26680E+01					
2	1.72074E+01	3.17051E-05	-1.38775E-03	-1.72074E+01	-3.17051E-05	1.38775E-03					
3	5.98830E+03	-1.83322E+01	-3.37370E+00	-5.98830E+03	1.83322E+01	3.37370E+00					
4	5.96417E-03	1.12460E+00	-1.00067E-03	-5.96417E-03	-1.12460E+00	1.00067E-03					
5	-1.81992E+01	5.22570E+01	2.54257E+01	1.81992E+01	-5.22570E+01	-2.54257E+01					
6	1.72074E+01	3.08446E-05	-1.05769E-03	-1.72074E+01	-3.08446E-05	1.05769E-03					
7	1.07764E-02	-1.72074E+01	2.32817E-04	-1.07764E-02	1.72074E+01	-2.32817E-04					
8	1.07214E-02	-2.00376E-04	-1.04797E-04	-1.07214E-02	2.00376E-04	1.04797E-04					

Beban pada Joint Besar beban											
Joint	Arah	Besar beban									
2	1	1.00									
3	2	-1.00									
6	1	1.00									
7	2	-1.00									

Gaya satuan tanpa faktor beban											
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6					
1	-4.046E-01	-1.013E-02	9.782E-01	4.046E-01	1.013E-02	-9.782E-01					
2	3.697E-01	1.000E+00	3.000E+00	-3.697E-01	-1.000E+00	-3.000E+00					
3	3.716E-01	0.000E+00	0.000E+00	-3.716E-01	0.000E+00	0.000E+00					
4	2.392E+00	3.830E-01	2.882E-01	-2.392E+00	-3.830E-01	-2.882E-01					
5	-1.593E-01	-4.820E-01	-1.972E+00	1.593E-01	4.820E-01	-1.972E+00					
6	7.922E-01	4.155E-01	4.381E-01	-7.922E-01	-4.155E-01	-4.381E-01					
7	7.957E-01	-5.845E-01	-8.084E-01	-7.957E-01	5.845E-01	8.084E-01					
8	1.141E+00	1.312E-01	-2.887E-01	-1.141E+00	-1.312E-01	2.887E-01					
9	-1.056E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.056E+00	0.000E+00	0.000E+00					
10	1.076E+00	0.000E+00	0.000E+00	-1.076E+00	0.000E+00	0.000E+00					
11	-8.695E-01	0.000E+00	0.000E+00	8.695E-01	0.000E+00	0.000E+00					
12	8.980E-01	0.000E+00	0.000E+00	-8.980E-01	0.000E+00	0.000E+00					

Deformasi Joint Kumulatif

Joint	Arah1	Arah2	Arah3
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	3.39548E-02	1.57345E-04	-8.95027E-03
3	3.38286E-02	-2.93540E-02	-4.79251E-03
4	3.37022E-02	-7.50726E-04	-6.89650E-03
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
6	6.15273E-02	1.62915E-04	-5.43963E-03
7	6.12396E-02	-1.47240E-02	1.17362E-03
8	6.09515E-02	-1.04974E-03	-4.67240E-04

Deformasi lateral tingkat : 6.1527329428E+00 cm

Gaya pada joint kumulatif

Joint	Arah1	Arah2	Arah3
1	-1.79277E+01	-2.01058E+01	2.47167E+01
2	1.93018E+01	4.76524E-05	-2.47970E-03
3	1.00134E-02	-2.04266E+01	-3.37386E+00
4	9.97688E-03	1.12452E+00	-2.09902E-03
5	-2.07321E+01	5.87099E+01	2.88328E+01
6	1.93018E+01	4.88140E-05	-1.68569E-03
7	1.81106E-02	-1.93018E+01	3.54207E-04
8	1.80261E-02	-3.14617E-04	-9.44731E-05

Beban pada Joint

Joint	Arah	Besar	beban
2	1	1.00	
3	2	-1.00	
6	1	1.00	
7	2	-1.00	

Gaya satuan tanpa faktor beban

Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	-4.124E-01	-2.986E-02	9.389E-01	4.124E-01	2.986E-02	-1.088E+00
2	4.782E-01	1.000E+00	3.003E+00	-4.782E-01	-1.000E+00	-3.114E-03
3	4.805E-01	0.000E+00	0.000E+00	-4.805E-01	0.000E+00	0.000E+00
4	2.399E+00	4.173E-01	4.109E-01	-2.399E+00	-4.173E-01	1.676E+00
5	-6.230E-02	-5.299E-01	-1.916E+00	6.230E-02	5.299E-01	-7.338E-01
6	7.085E-01	6.223E-01	7.336E-01	-7.085E-01	-6.223E-01	1.133E+00
7	7.127E-01	-5.801E-01	-1.740E+00	-7.127E-01	5.801E-01	0.000E+00
8	1.044E+00	-8.232E-02	-4.116E-01	-1.044E+00	8.232E-02	-4.847E-05
9	-1.047E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.047E+00	0.000E+00	0.000E+00
10	1.069E+00	0.000E+00	0.000E+00	-1.069E+00	0.000E+00	0.000E+00
11	-1.040E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.040E+00	0.000E+00	0.000E+00
12	1.069E+00	0.000E+00	0.000E+00	-1.069E+00	0.000E+00	0.000E+00

Sendi plastis ke : 3

pada batang : 7

dekat titik : 8

Faktor beban : 2.094E+00

Faktor beban kumulatif : 1.930E+01

Gaya Batang Lokal

Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	-8.474E-01	-2.121E-02	2.049E+00	8.474E-01	2.121E-02	-2.155E+00
2	7.743E-01	2.094E+00	6.283E+00	-7.743E-01	-2.094E+00	-1.677E-04
3	7.783E-01	0.000E+00	0.000E+00	-7.783E-01	0.000E+00	0.000E+00
4	5.011E+00	8.021E-01	6.036E-01	-5.011E+00	-8.021E-01	3.407E+00
5	-3.337E-01	-1.010E+00	-4.130E+00	3.337E-01	1.010E+00	-9.183E-01
6	1.659E+00	8.703E-01	9.176E-01	-1.659E+00	-8.703E-01	1.693E+00
7	1.667E+00	-1.224E+00	-1.693E+00	-1.667E+00	1.224E+00	-1.979E+00
8	2.390E+00	2.749E-01	-6.047E-01	-2.390E+00	-2.749E-01	1.979E+00
9	-2.213E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.213E+00	0.000E+00	0.000E+00
10	2.253E+00	0.000E+00	0.000E+00	-2.253E+00	0.000E+00	0.000E+00
11	-1.821E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.821E+00	0.000E+00	0.000E+00
12	1.881E+00	0.000E+00	0.000E+00	-1.881E+00	0.000E+00	0.000E+00

Gaya Batang Lokal Kumulatif

Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6
1	-1.018E+01	6.013E+00	2.472E+01	1.018E+01	-6.013E+00	5.350E+00
2	6.104E+00	8.138E+00	9.355E+00	-6.104E+00	-8.138E+00	1.506E+01
3	6.114E+00	-1.229E+01	-1.843E+01	-6.114E+00	1.229E+01	-1.843E+01
4	4.856E+01	8.549E+00	1.391E+01	-4.856E+01	-8.549E+00	2.883E+01
5	-3.603E-01	-4.363E+00	-1.471E+01	3.603E-01	4.363E+00	-7.110E+00
6	1.392E+01	7.764E+00	7.109E+00	-1.392E+01	-7.764E+00	1.618E+01
7	1.393E+01	-1.154E+01	-1.618E+01	-1.393E+01	1.154E+01	-1.843E+01
8	1.934E+01	4.591E+00	4.521E+00	-1.934E+01	-4.591E+00	1.843E+01
9	-1.551E+01	0.000E+00	0.000E+00	1.551E+01	0.000E+00	0.000E+00
10	1.586E+01	0.000E+00	0.000E+00	-1.586E+01	0.000E+00	0.000E+00
11	-1.219E+01	0.000E+00	0.000E+00	1.219E+01	0.000E+00	0.000E+00
12	1.269E+01	0.000E+00	0.000E+00	-1.269E+01	0.000E+00	0.000E+00

Deformasi Joint

Joint	Arah1	Arah2	Arah3
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	4.81572E-03	1.31011E-05	-1.94263E-03
3	4.79971E-03	-1.49744E-02	-6.52249E-03
4	4.78362E-03	-7.74680E-05	-1.29561E-03
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
6	8.87447E-03	1.82606E-05	-4.58499E-04
7	8.84017E-03	-1.46072E-03	1.06856E-04
8	8.80572E-03	-1.14419E-04	-1.01516E-04

Sendi plastis ke	:	4												
pada batang	:	7												
dekat titik	:	7												
Faktor beban	:	1.294E+00												
Faktor beban kumulatif	:	2.060E+01												
Gaya Batang Lokal														
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6								
1	-5.335E-01	-3.863E-02	1.214E+00	5.335E-01	3.863E-02	-1.408E+00								
2	6.185E-01	1.294E+00	3.885E+00	-6.185E-01	-1.294E+00	-4.028E-03								
3	6.215E-01	0.000E+00	0.000E+00	-6.215E-01	0.000E+00	0.000E+00								
4	3.103E+00	5.398E-01	5.316E-01	-3.103E+00	-5.398E-01	2.167E+00								
5	-8.059E-02	-6.855E-01	-2.478E+00	8.059E-02	6.855E-01	-9.492E-01								
6	9.164E-01	8.049E-01	9.489E-01	-9.164E-01	-8.049E-01	1.466E+00								
7	9.218E-01	-7.504E-01	-2.251E+00	-9.218E-01	7.504E-01	0.000E+00								
8	1.350E+00	-1.065E-01	-5.324E-01	-1.350E+00	1.065E-01	-6.270E-05								
9	-1.355E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.355E+00	0.000E+00	0.000E+00								
10	1.382E+00	0.000E+00	0.000E+00	-1.382E+00	0.000E+00	0.000E+00								
11	-1.346E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.346E+00	0.000E+00	0.000E+00								
12	1.383E+00	0.000E+00	0.000E+00	-1.383E+00	0.000E+00	0.000E+00								
Gaya Batang Lokal Kumulatif														
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6								
1	-1.071E+01	5.975E+00	2.593E+01	1.071E+01	-5.975E+00	3.942E+00								
2	6.722E+00	9.431E+00	1.324E+01	-6.722E+00	-9.431E+00	1.506E+01								
3	6.735E+00	-1.229E+01	-1.843E+01	-6.735E+00	1.229E+01	-1.843E+01								
4	5.166E+01	9.088E+00	1.444E+01	-5.166E+01	-9.088E+00	3.100E+01								
5	-4.408E-01	-5.049E+00	-1.719E+01	4.408E-01	5.049E+00	-8.060E+00								
6	1.483E+01	8.569E+00	8.058E+00	-1.483E+01	-8.569E+00	1.765E+01								
7	1.486E+01	-1.229E+01	-1.843E+01	-1.486E+01	1.229E+01	-1.843E+01								
8	2.069E+01	4.484E+00	3.989E+00	-2.069E+01	-4.484E+00	1.843E+01								
9	-1.686E+01	0.000E+00	0.000E+00	1.686E+01	0.000E+00	0.000E+00								
10	1.724E+01	0.000E+00	0.000E+00	-1.724E+01	0.000E+00	0.000E+00								
11	-1.353E+01	0.000E+00	0.000E+00	1.353E+01	0.000E+00	0.000E+00								
12	1.407E+01	0.000E+00	0.000E+00	-1.407E+01	0.000E+00	0.000E+00								
Deformasi Joint														
Joint	Arah1	Arah2	Arah3											
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00											
2	2.95495E-03	8.24826E-06	-1.21173E-03											
3	2.94216E-03	-9.29249E-03	-4.04597E-03											
4	2.92931E-03	-4.79743E-05	-7.55968E-04											
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00											
6	5.92713E-03	9.49422E-06	-5.05111E-04											
7	5.90818E-03	-1.82064E-03	-1.28308E-04											
8	5.88913E-03	-6.88465E-05	-5.09974E-04											
Deformasi Joint Kumulatif														
Joint	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6								
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	4.198E-01	-7.650E-02	-7.149E-01								
2	3.69097E-02	1.65593E-04	-1.01620E-02	9.892E-02	1.000E+00	-9.892E-02								
3	3.67708E-02	-3.86465E-02	-8.83848E-03	1.012E-01	0.000E+00	-1.012E-01								
4	3.66315E-02	-7.98700E-04	-7.65247E-03	2.411E+00	3.371E-01	-2.411E+00								
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	1.169E-01	-1.058E+00	-2.289E+00								
6	6.71478E-02	1.72409E-04	-5.94474E-03	9.983E-01	1.000E+00	-9.983E-01								
7	6.68407E-02	-1.11859E-03	-9.77214E-04	1.003E+00	0.000E+00	-1.003E+00								
8	6.68407E-02	-1.11859E-03	-9.77214E-04	8.656E-01	-3.133E-02	-1.563E-01								
9	6.74545E-02	1.72409E-04	-5.94474E-03	-1.034E+00	0.000E+00	1.034E+00								
10	6.74545E-02	1.72409E-04	-5.94474E-03	1.048E+00	0.000E+00	-1.048E+00								
11	6.74545E-02	1.72409E-04	-5.94474E-03	-1.352E+00	0.000E+00	1.352E+00								
12	6.74545E-02	1.72409E-04	-5.94474E-03	1.379E+00	0.000E+00	-1.379E+00								
Deformasi lateral tingkat	: 6.7454458406E+00 cm													
Gaya pada joint kumulatif														
Joint	Arah1	Arah2	Arah3											
1	-1.89299E+01	-2.15066E+01	2.59311E+01											
2	2.05954E+01	5.57437E-05	-3.67947E-03											
3	1.29777E-02	-2.17201E+01	-3.37789E+00											
4	1.29312E-02	1.12448E+00	-2.89918E-03											
5	-2.23338E+01	6.26978E+01	3.10002E+01											
6	2.05954E+01	6.00917E-05	-1.96886E-03											
7	2.35703E-02	-2.08572E+01	-7.85049E-01											
8	2.34645E-02	2.61438E-01	-1.57170E-04											
Beban pada Joint														
Joint	Arah	Besar	beban											
2	1	1.00												
3	2	-1.00												
6	1	1.00												
7	2	-1.00												
Gaya satuan tanpa faktor beban														
Batang	Arah1	Arah2	Arah3	Arah4	Arah5	Arah6								
1	-4.198E-01	7.650E-02	1.097E+00	4.198E-01	-7.650E-02	-7.149E-01								
2	9.892E-02	1.000E+00	3.003E+00	-9.892E-02	-1.000E+00	-3.128E-03								
3	1.012E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.012E-01	0.000E+00	0.000E+00								
4	2.411E+00	3.371E-01	1.557E-01	-2.411E+00	-3.371E-01	1.530E+00								
5	1.169E-01	-1.058E+00	-2.289E+00	-1.169E-01	1.058E+00	-3.000E+00								
6	9.983E-01	1.000E+00	3.000E+00	-9.983E-01	-1.000E+00	-9.919E-05								
7	1.003E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.003E+00	0.000E+00	0.000E+00								
8	8.656E-01	-3.133E-02	-1.563E-01	-8.656E-01	3.133E-02	-3.943E-04								
9	-1.034E+00	0.000E+00	1.034E+00	1.034E+00	0.000E+00	0.000E+00								
10	1.048E+00	0.000E+00	-1.048E+00	-1.048E+00	0.000E+00	0.000E+00								
11	-1.352E+00	0.000E+00	1.352E+00	1.352E+00	0.000E+00	0.000E+00								
12	1.379E+00	0.000E+00	-1.379E+00	-1.379E+00	0.000E+00	0.000E+00								

Sendi plastis ke		: 5	
pada batang		: 2	
dekat titik		: 2	
Faktor beban		: 1.729E+00	
Faktor beban kumulatif		: 2.232E+01	
Gaya Batang Lokal			
Batang	Arah1	Arah2	Arah3
1	-7.260E-01	1.323E-01	1.898E+00
2	1.711E-01	1.729E+00	5.194E+00
3	1.750E-01	0.000E+00	0.000E+00
4	4.170E+00	5.831E-01	2.692E-01
5	2.022E-01	-1.830E+00	-3.959E+00
6	1.726E+00	1.729E+00	5.189E+00
7	1.734E+00	0.000E+00	0.000E+00
8	1.497E+00	-5.419E-02	-2.702E-01
9	-1.789E+00	0.000E+00	0.000E+00
10	1.813E+00	0.000E+00	0.000E+00
11	-2.338E+00	0.000E+00	0.000E+00
12	2.386E+00	0.000E+00	0.000E+00
Gaya Batang Lokal Kumulatif			
Batang	Arah1	Arah2	Arah3
1	-1.144E+01	6.107E+00	2.783E+01
2	6.893E+00	1.116E+01	1.843E+01
3	6.910E+00	-1.229E+01	-1.843E+01
4	5.583E+01	9.671E+00	1.471E+01
5	-2.386E-01	-6.879E+00	-2.114E+01
6	1.656E+01	1.030E+01	1.325E+01
7	1.659E+01	-1.229E+01	-1.843E+01
8	2.219E+01	4.430E+00	3.718E+00
9	-1.865E+01	0.000E+00	0.000E+00
10	1.905E+01	0.000E+00	0.000E+00
11	-1.587E+01	0.000E+00	0.000E+00
12	1.646E+01	0.000E+00	0.000E+00
Gaya Batang Lokal Kumulatif			
Batang	Arah1	Arah2	Arah3
1	-2.04365E+01	-2.33778E+01	2.78291E+01
2	2.23248E+01	6.67718E-05	-5.29959E-03
3	1.69115E-02	-2.34496E+01	-3.38330E+00
4	1.68478E-02	1.12441E+00	-3.90993E-03
5	-2.43097E+01	6.80281E+01	3.36463E+01
6	2.23248E+01	7.27858E-05	-2.64421E-03
7	3.14697E-02	-2.25866E+01	-7.85220E-01
8	3.13384E-02	2.61346E-01	-8.39019E-04
Deformasi Joint Kumulatif			
Joint	Arah1	Arah2	Arah3
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	4.07859E-02	1.76818E-04	-1.16106E-02
3	4.06434E-02	-5.05560E-02	-1.40765E-02
4	4.05005E-02	-8.63165E-04	-8.75095E-03
5	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
6	7.64717E-02	1.80507E-04	-7.96185E-03
7	7.61293E-02	-3.01515E-02	-4.75366E-03
8	7.57863E-02	-1.20620E-03	-1.95112E-03
Deformasi lateral tingkat : 7.6471655181E+00 cm			
Gaya pada joint kumulatif			
Joint	Arah1	Arah2	Arah3
1	-2.04365E+01	-2.33778E+01	2.78291E+01
2	2.23248E+01	6.67718E-05	-5.29959E-03
3	1.69115E-02	-2.34496E+01	-3.38330E+00
4	1.68478E-02	1.12441E+00	-3.90993E-03
5	-2.43097E+01	6.80281E+01	3.36463E+01
6	2.23248E+01	7.27858E-05	-2.64421E-03
7	3.14697E-02	-2.25866E+01	-7.85220E-01
8	3.13384E-02	2.61346E-01	-8.39019E-04
Beban pada Joint			
Joint	Arah	Besar	beban
2	1	1.00	
3	2	-1.00	
6	1	1.00	
7	2	-1.00	
Struktur sudah runtuh			
Beban pada Joint			
Joint	Arah	Besar	beban
2	1	1.00	
3	2	-1.00	
6	1	1.00	
7	2	-1.00	
Struktur sudah runtuh			
Beban pada Joint			
Joint	Arah	Besar	beban
2	1	1.00	
3	2	-1.00	
6	1	1.00	
7	2	-1.00	
Struktur sudah runtuh			

LAMPIRAN 5
(Validasi Program SAP 90)

Validasi

Dalam penelitian numeris ini menggunakan program bantu komputer bahasa Pascal dan setelah dicek dalam program komputer SAP 90 hasil yang diperoleh gaya, displacement, dan momen sama. Hanya berbeda dalam pembulatan saja, hal ini dikarenakan dalam program SAP 90 menggunakan pembulatan 15 angka di belakang koma, sedangkan dalam program komputer bahasa Pascal menggunakan pembulatan 6 angka di belakang koma.

Model 3

PLASTIS
SYSTEM

L=1

JOINTS

1 X=0 Y=0

2 X=0 Y=5

3 X=3 Y=5

4 X=6 Y=5

5 X=6 Y=0

6 X=0 Y=10

7 X=3 Y=10

8 X=6 Y=10

RESTRAINTS

1,5,4 R=1,1,1,1,1,1

FRAME

NM=2

1 SH=I T=0.3,0.125,0.0162,0.0108,0.125,0.0162 E=2.1E7

2 SH=I T=0.3,0.3,0.02,0.012,0.3,0.02 W=2.1E7

1,1,2 M=2

2,2,3 M=1

3,3,4 M=1

4,4,5 M=2

5,2,6 M=2

6,6,7 M=1

7,7,8 M=1

8,4,8 M=2

LOADS

2,6,4 F=6.25576

3,7,4 F=0,-6.25576

Model 3

PROGRAM:SAP90/FILE:wk.F3F
 PLASTIS

FRAME ELEMENT FORCES

ELT	LOAD	AXIAL	DIST	1-2 PLANE	1-3 PLANE	AXIAL		
ID	COND	FORCE	ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
1 -----								
1	1.71							
	.0	5.85	-22.39					
	5.0	5.85	6.84					
2 -----								
1	-2.11							
	.0	-1.53	9.53					
	3.0	-1.53	4.95					
3 -----								
1	-2.11							
	.0	-7.78	4.95					
	3.0	-7.78	-18.41					
4 -----								
1	-14.22							
	.0	6.66	-9.67					
	5.0	6.66	23.66					
5 -----								
1	.18							
	.0	1.70	-2.69					
	5.0	1.70	5.83					
6 -----								
1	-4.55							
	.0	-.18	5.83					
	3.0	-.18	5.29					
7 -----								
1	-4.55							
	.0	-6.44	5.29					
	3.0	-6.44	-14.02					
8 -----								
1	-6.44							
	.0	4.55	-8.74					
	5.0	4.55	14.02					

Model 3 sendi 1

PROGRAM:SAP90/FILE:wk.SOL
 PLASTIS

JOINT DISPLACEMENTS

LOAD CONDITION 1 - DISPLACEMENTS "U" AND ROTATIONS "R"

JOINT	U(X)	U(Y)	U(Z)	R(X)	R(Y)	R(Z)
1	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
2	.030740	.000027	.000000	.000000	.000000	-.007312
3	.030697	-.004396	.000000	.000000	.000000	.003143
4	.030653	-.000224	.000000	.000000	.000000	-.006580
5	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
6	.067235	.000030	.000000	.000000	.000000	-.005833
7	.067141	-.005196	.000000	.000000	.000000	.002204
8	.067048	-.000325	.000000	.000000	.000000	-.004098

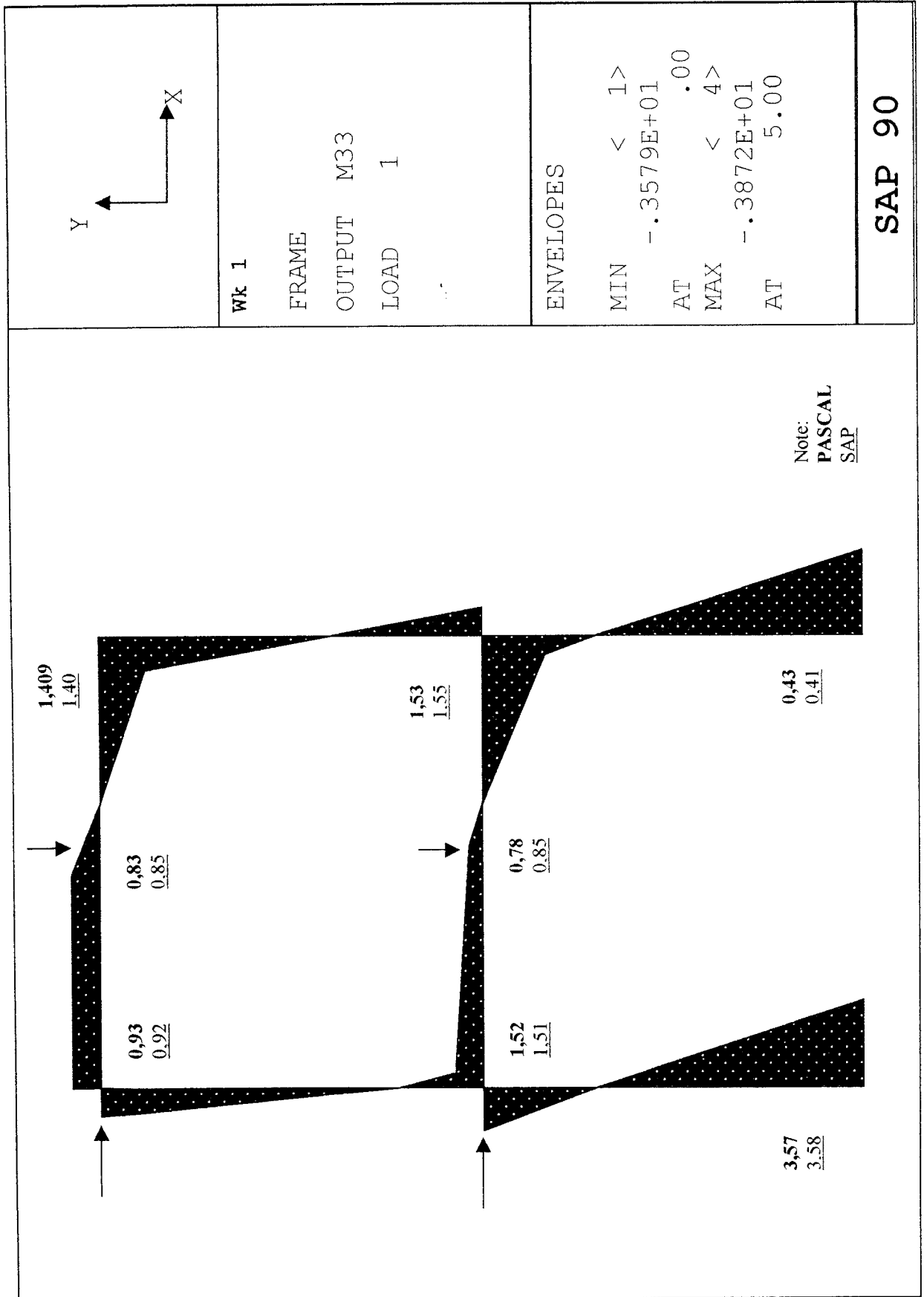
PROGRAM:SAP90/FILE:wk.SOL
 PLASTIS

REACTIONS AND APPLIED FORCES

LOAD CONDITION 1 - FORCES "F" AND MOMENTS "M"

JOINT	F(X)	F(Y)	M(Z)
1	-5.8466	-1.7086	22.3917
2	6.2558	.0000	.0000
3	.0000	-6.2558	.0000
4	.0000	.0000	.0000
5	-6.6650	14.2201	23.6588
6	6.2558	.0000	.0000
7	.0000	-6.2558	.0000
8	.0000	.0000	.0000

TOTAL .0000E+00 .0000E+00 .4605E+02



Model 3

PLASTIS
SYSTEM

L=1

JOINTS

1 X=0 Y=0

2 X=0 Y=5

3 X=3 Y=5

4 X=6 Y=5

5 X=6 Y=0

6 X=0 Y=10

7 X=3 Y=10

8 X=6 Y=10

RESTRAINTS

1,5,4 R=1,1,1,1,1,1

FRAME

NM=2

1 SH=I T=0.3,0.125,0.0162,0.0108,0.125,0.0162 E=2.1E7

2 SH=I T=0.3,0.3,0.02,0.012,0.3,0.02 W=2.1E7

1,1,2 M=2

2,2,3 M=1

3,3,4 M=1

4,4,5 M=2

5,2,6 M=2

6,6,7 M=1

7,7,8 M=1

8,4,8 M=2

LOADS

2,6,4 F=6.25576

3,7,4 F=0,-6.25576

Model 3

PROGRAM:SAP90/FILE:wk.F3F
 PLASTIS

FRAME ELEMENT FORCES

ELT	LOAD	AXIAL	DIST	1-2 PLANE	1-3 PLANE	AXIAL	
ID	COND	FORCE	ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT TORQ
1 -----							
1	1.71						
	.0	5.85	-22.39				
	5.0	5.85	6.84				
2 -----							
1	-2.11						
	.0	-1.53	9.53				
	3.0	-1.53	4.95				
3 -----							
1	-2.11						
	.0	-7.78	4.95				
	3.0	-7.78	-18.41				
4 -----							
1	-14.22						
	.0	6.66	-9.67				
	5.0	6.66	23.66				
5 -----							
1	.18						
	.0	1.70	-2.69				
	5.0	1.70	5.83				
6 -----							
1	-4.55						
	.0	-.18	5.83				
	3.0	-.18	5.29				
7 -----							
1	-4.55						
	.0	-6.44	5.29				
	3.0	-6.44	-14.02				
8 -----							
1	-6.44						
	.0	4.55	-8.74				
	5.0	4.55	14.02				

Model 3 sendi 1

PROGRAM:SAP90/FILE:wk.SOL
 PLASTIS

JOINT DISPLACEMENTS

LOAD CONDITION 1 - DISPLACEMENTS "U" AND ROTATIONS "R"

JOINT	U(X)	U(Y)	U(Z)	R(X)	R(Y)	R(Z)
1	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
2	.030740	.000027	.000000	.000000	.000000	-.007312
3	.030697	-.004396	.000000	.000000	.000000	.003143
4	.030653	-.000224	.000000	.000000	.000000	-.006580
5	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
6	.067235	.000030	.000000	.000000	.000000	-.005833
7	.067141	-.005196	.000000	.000000	.000000	.002204
8	.067048	-.000325	.000000	.000000	.000000	-.004098

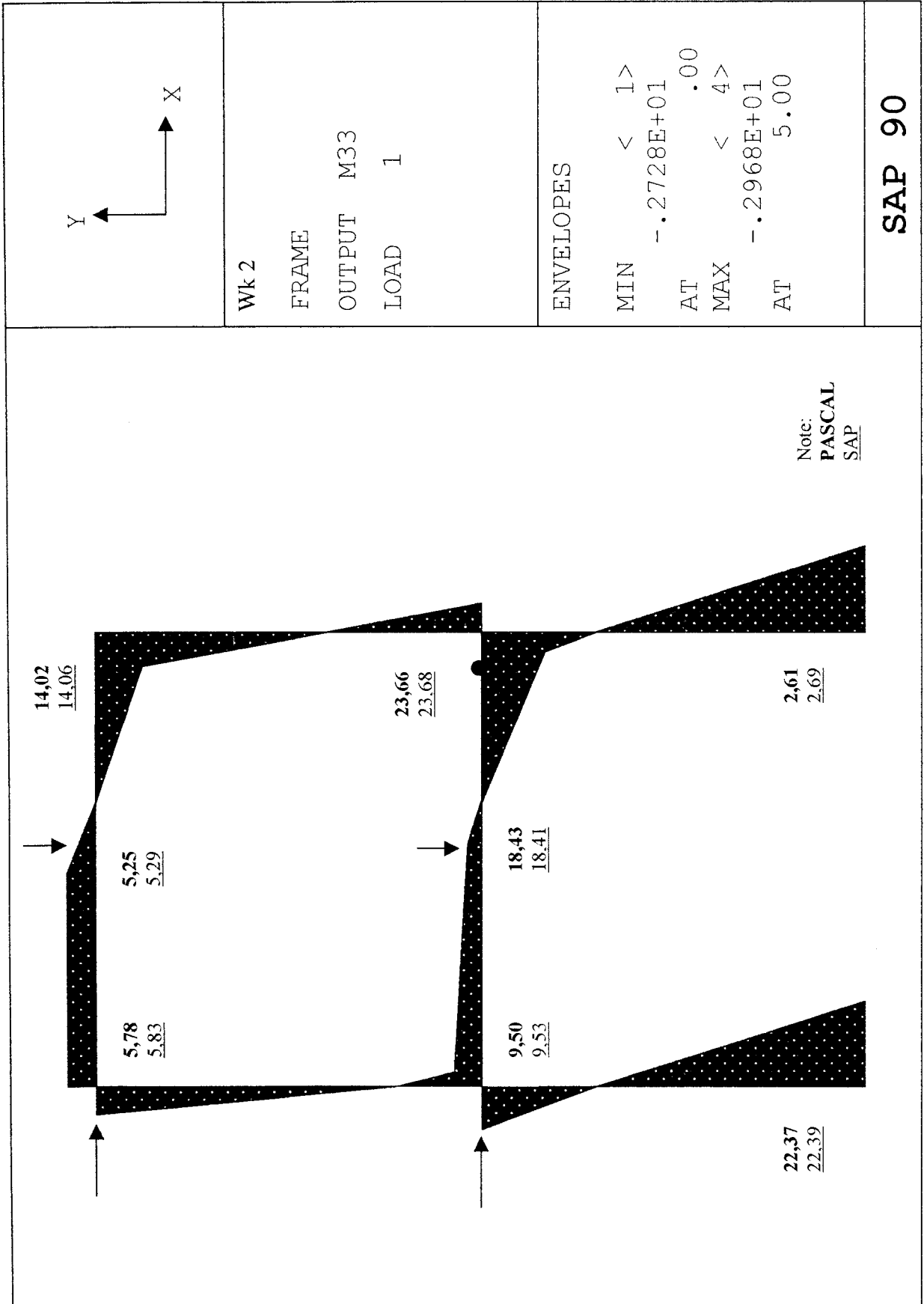
PROGRAM:SAP90/FILE:wk.SOL
 PLASTIS

REACTIONS AND APPLIED FORCES

LOAD CONDITION 1 - FORCES "F" AND MOMENTS "M"

JOINT	F(X)	F(Y)	M(Z)
1	-5.8466	-1.7086	22.3917
2	6.2558	.0000	.0000
3	.0000	-6.2558	.0000
4	.0000	.0000	.0000
5	-6.6650	14.2201	23.6588
6	6.2558	.0000	.0000
7	.0000	-6.2558	.0000
8	.0000	.0000	.0000

TOTAL .0000E+00 .0000E+00 .4605E+02



Note:
PASCAL
SAP

Wk 2

FRAME

OUTPUT M33

LOAD 1

ENVELOPES

MIN < 1 >
- .2728E+01
AT .00
MAX < 4 >
- .2968E+01
AT 5.00


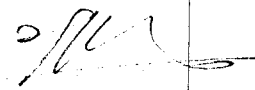


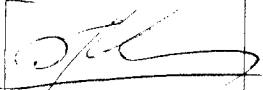
SAP 90


Lembar Konsultasi

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing I : 'Ir. H. Susastrawan, MS'
 Dosen Pembimbing II : 'Ir. Fatkhurrohman Nursodik, MT.'

Disusun Oleh:
 Ashuri Indro Purnomo 93 310 139
 Wiwik Yuliasuti 93 310 155

Tanggal	Keterangan	Paraf Dosen
	Beban kecil penump - elastis - beres lelele plasis. sendi plasis, rotasi, fusi plasis - meluas ke rusuk pbeleganda disebut dlm lain.	
	Daftar rotasi. Perbaiki pada konjung	 07-02-2000
	Dilanjutkan ke Pembimbing Utama.	 08-02-2000
	Acc. segera Mughniyef dan pemb I	 11-02-2000 



Acc  17-4-2000

Lembar Konsultasi

Tugas Akhir

Dosen Pembimbing I : 'Ir. H. Susastrawan, MS'
Dosen Pembimbing II : 'Ir. Fatkhurrohman Nursodik, MT.'

Disusun Oleh:
Ashuri Indro Purnomo 93 310 139
Wiwik Yuliasuti 93 310 155

Tanggal	Keterangan	Paraf Dosen
	Validasi desain program SOP.90	  24/05-2000



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

Propam 1 bulan
 TA 3 bulan

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	ARHURT INDRO P.	93 810 139		STRUKTUR
2.	WIKI YULIASTUTI	93 810 155		STRUKTUR

JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISIS DAKTILITAS STRUKTUR RANGKA BAJA.

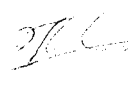
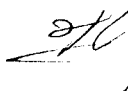


Dosen Pembimbing I : IR. HUSASTRAWAN, MS
 IR. FATKHURROHMAN N., MT



22 JULI 1999
 An Yogyakarta,
 Ket. Das. Jurusan Teknik Sipil.

 IR. H. TADJUDIN PM ARS. MS

CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	KETERANGAN	Paraf
1.	10/9/99		Segera melampirkan secara periodik Segera Semuwa - Kalimat yang panjang - Font size - Tujuan keuang tya - tujuan prosedur kerja - Kandungannya - Ace Proposal	   
	14/9/99		Ks, BK, F&M, B&M, C&M Konsultasi Mafex kepada Bp. H. Susanto dan MS Bent kesimpulan & legasi ms; gatu dan Corp.	