

TUGAS AKHIR

ANALISIS GESER PADA KOLOM STRUKTUR

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh darajat Sarjana
Teknik Sipil**

Disusun Oleh :

FIRMADI ULFA

No. Mhs. : 88 310 134

NIRM : 885014330121

LISA RULYANTI

No. Mhs. : 89 310 158

NIRM : 890051013114120150

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1997**

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

ANALISIS GESER PADA KOLOM STRUKTUR

Disusun Oleh :

FIRMADI ULFA

No. Mhs. : 88 310 134

NIRM : 885014330121

LISA RULYANTI

No. Mhs. : 89 310 158

NIRM : 890051013114120150

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh :

IR. H. MOCH. TEGUH, MSCE

Dosen Pembimbing I

IR. ILMAN NOOR, MSCE

Dosen Pembimbing II

Tanggal :

Tanggal :

31-11-1997

PRAKATA

Bismillahirrahmaanirrahiim

Assalaamu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT yang atas berkah, rahmat dan hidayah-Nya jualah, maka tugas akhir ini dapat diselesaikan. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah pada junjungan Nabi Muhammad SAW beserta keluarganya, sahabatnya dan para sholihin yang senantiasa menegakkan Ad-Din di muka Bumi ini.

Tugas akhir dengan judul **"Analisis Geser Pada Kolom Struktur"**, disusun dan diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh derajat Sarjana (S 1) Teknik Sipil, khususnya pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Banyak pihak yang dengan tulus membantu, baik moril maupun secara langsung terlibat diskusi, memberi saran ataupun kritik semenjak ide hingga penulisan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu dalam kesempatan ini rasa hormat dan penghargaan serta ucapan terima kasih disampaikan khususnya kepada yang terhormat :

1. Bapak Ir. H. Susastrawan, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
2. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
3. Bapak Ir. H. M. Teguh, MSCE, selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberi bimbingan, saran dan pengarahan dalam penyelesaian Tugas Akhir,

4. Bapak Ir. Ilman Noor, MSCE, selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberi bimbingan, saran dan pengarahan dalam penyelesaian Tugas Akhir,
5. Dosen dan karyawan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
6. Orang tua serta saudara tercinta yang selalu memberikan dorongan, motifasi dan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini,
7. Rekan-rekan mahasiswa dan semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan ilmu yang dimiliki, baik teori maupun praktek, maka adanya kritik dan saran yang bersifat membangun guna penyempurnaan Tugas Akhir ini sangat diharapkan.

Akhir kata semoga Allah SWT membalas amal kebaikan dan keikhlasan bagi mereka yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini dengan pahala sebagai amal sholeh disisi Allah SWT.

Aaamin

Wassalaamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, September 1997

penulis

(Firmadi Ulfa / Lisa Rulyanti)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
DAFTAR NOTASI.....	xiii
INTISARI.....	xvi
 BAB I. PENDAHULUAN.....	 1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan.....	6
1.3. Batasan Masalah.....	7
1.4. Manfaat.....	8
1.5. Keaslian.....	9
1.6. Cara Studi.....	9

BAB II.	TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1.	Tinjauan Umum.....	10
2.2.	Faktor-faktor Penentu Beban Gempa Rencana Dengan Metode Statis Ekuivalen.....	15
2.2.1.	Beban Geser Dasar Akibat Gempa.....	15
2.2.2.	Koefisien Gempa Dasar (C).....	16
2.2.3.	Faktor Keutamaan (I).....	17
2.2.4.	Faktor Jenis Struktur (K).....	17
2.2.5.	Faktor f_1 dan f_2	18
2.2.6.	Beban Geser Dasar Akibat Gempa Sepanjang Tinggi Gedung.....	19
BAB III.	LANDASAN TEORI.....	21
3.1.	Pendahuluan.....	21
3.2.	Beban Lentur dan Aksial Pada Kolom Portal.....	22
3.3.	Beban Geser Pada Kolom Portal.....	25
3.4.	Panel Pertemuan Balok Kolom.....	26
3.5.	Persyaratan Perencanaan Seismik Untuk Kolom Pada Struktur Dengan Daktilitas Penuh.....	30
BAB IV.	ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1.	Umum.....	33
4.2.	Perhitungan Gaya-gaya Yang Bekerja Pada Struktur.....	35
4.2.1.	Distribusi Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa.....	35
4.2.2.	Perhitungan Beban Akibat Gaya Gravitasi.....	45

4.3. Gaya-gaya Dalam Portal.....	58
4.4. Momen Rencana dan Penulangan Lentur Balok.....	58
4.4.1. Momen Rencana Balok.....	58
4.4.2. Penulangan Lentur Balok.....	62
4.5. Penulangan Kolom Akibat Beban Lentur dan Aksial.....	72
4.5.1. Momen Rencana dan Momen Maksimum Kolom.....	73
4.5.2. Gaya Aksial Rencana dan Gaya Aksial Maksimum Kolom.....	80
4.5.3. Grafik Interaksi Kolom dan Contoh Perhitungan.....	85
4.6. Gaya Geser dan Perhitungan Tulangan Geser Kolom.....	99
4.6.1. Geser Rencana dan Geser Maksimum Kolom.....	103
4.6.2. Gaya Geser dan Tulangan Geser Kolom.....	107
4.7. Titik Buhul Balok Kolom.....	117
4.7.1. Ragam Keruntuhan Pada Titik Buhul.....	119
4.7.2. Titik Buhul Bagian Luar (Tipe a).....	120
4.7.3. Titik Buhul Bagian Luar (Tipe b).....	126
4.7.4. Titik Buhul Bagian Dalam (Tipe c).....	130
 BAB V. SIMPULAN DAN SARAN.....	 138
5.1. Simpulan.....	138
5.2. Saran-saran.....	140
 DAFTAR PUSTAKA.....	 142
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Tabel 4.1. Distribusi gaya geser dasar horizontal total akibat gempa dalam arah X dan Y.....	38
2. Tabel 4.2. Waktu getar bangunan dalam arah X (T_x).....	41
3. Tabel 4.3. Waktu getar bangunan dalam arah Y (T_y).....	41
4. Tabel 4.4. Distribusi akhir gaya geser dasar horizontal total akibat gempa dalam arah X dan arah Y.....	43
5. Tabel 4.5. Momen rencana ultimit balok.....	59
6. Tabel 4.6. Tulangan dan momen nominal aktual balok.....	70
7. Tabel 4.7. Momen rencana kolom.....	78
8. Tabel 4.8. Momen maksimum kolom.....	79
9. Tabel 4.9. Gaya aksial rencana kolom.....	83
10. Tabel 4.10. Gaya aksial maksimum kolom.....	84
11. Tabel 4.10.a. Hasil perhitungan grafik interaksi kolom.....	96a
12. Tabel 4.11. Penulangan kolom akibat $M_{u,k-x}$ dan $N_{u,k-x}$	97
13. Tabel 4.12. Penulangan kolom akibat $M_{u,k-y}$ dan $N_{u,k-y}$	98
14. Tabel 4.13. Tulangan terpasang kolom.....	99
15. Tabel 4.14. Gaya geser rencana dan gaya geser maksimum kolom.....	106
16. Tabel 4.15. Gaya geser rencana dan tulangan geser kolom.....	112
17. Tabel 4.16. Tulangan geser horizontal dan vertikal titik buhul balok kolom.....	137

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Gambar 1.1. Macam-macam kolom.....	2
2. Gambar 1.2. Perbandingan antara tegangan-regangan pada kolom sengkang dan kolom spiral.....	4
3. Gambar 1.3. Tekuk pada baja tulangan kolom sengkang diantara sengkang segi 4.....	4
4. Gambar 1.4. Hubungan tegangan-regangan desak beton dengan dan tanpa pengaruh pengekanan.....	6
5. Gambar 2.1. Peta lempang tektonik.....	11
6. Gambar 2.2. Peta wilayah gempa Indonesia.....	12
7. Gambar 2.3. Mekanisme khas yang dapat terjadi pada portal terbuka.....	14
8. Gambar 2.4. Koefisien gempa dasar untuk berbagai wilayah gempa.....	16
9. Gambar 3.1. Penyengkangan penampang kolom dengan tulangan transversal dan longitudinal.....	22
10. Gambar 3.2. Pertemuan balok kolom dengan sendi plastis pada ujung balok di sebelah kiri dan kanan.....	23
11. Gambar 3.3. Kolom lantai dasar dan kolom lantai atas dengan $\mu_{u,k}$ yang ditetapkan berdasarkan kapasitas sendi plastis balok.....	25
12. Gambar 3.4. Panel pertemuan balok dan kolom portal dalam kondisi terjadinya sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok.....	27
13. Gambar 4.1. Portal dalam arah X.....	34
14. Gambar 4.2. Portal dalam arah Y.....	34
15. Gambar 4.3. Denah lantai 1 sampai dengan lantai 10 (tipikal).....	35
16. Gambar 4.4. Koefisien gempa dasar C.....	37

17. Gambar 4.5. Distribusi beban gempa untuk portal arah X.....	39
18. Gambar 4.6. Distribusi beban gempa untuk portal arah Y.....	40
19. Gambar 4.7. Distribusi beban gempa untuk portal arah X.....	44
20. Gambar 4.8. Distribusi beban gempa untuk portal arah Y.....	45
21. Gambar 4.9. Pembagian beban merata pada portal A.....	45
22. Gambar 4.10. Perhitungan beban merata ekivalen portal A.....	46
23. Gambar 4.11. Beban mati ekivalen portal A.....	48
24. Gambar 4.12. Beban hidup ekivalen portal A.....	48
25. Gambar 4.13. Pembagian beban merata pada portal C.....	49
26. Gambar 4.14. Perhitungan beban merata ekivalen portal C.....	49
27. Gambar 4.15. Beban mati ekivalen portal C.....	51
28. Gambar 4.16. Beban hidup ekivalen portal C.....	51
29. Gambar 4.17. Pembagian beban merata pada portal II.....	52
30. Gambar 4.18. Perhitungan beban merata ekivalen portal II.....	52
31. Gambar 4.19. Beban mati ekivalen portal II.....	54
32. Gambar 4.20. Beban hidup ekivalen portal II.....	54
33. Gambar 4.21. Pembagian beban merata pada portal III.....	55
34. Gambar 4.22. Perhitungan beban merata ekivalen portal III.....	55
35. Gambar 4.23. Beban mati ekivalen portal III.....	57
36. Gambar 4.24. Beban hidup ekivalen portal III.....	57
37. Gambar 4.25. Kolom eksterior (a) dan (b) serta kolom interior (c).....	72
38. Gambar 4.26. Momen rencana kolom akibat terjadinya sendi plastis pada ujung-ujung balok.....	72
39. Gambar 4.27. Penampang melintang kolom.....	85

40. Gambar 4.28. Diagram tegangan dan regangan.....	86
41. Gambar 4.29. Diagram tegangan dan regangan.....	89
42. Gambar 4.30. Diagram tegangan dan regangan.....	90
43. Gambar 4.31. Diagram tegangan dan regangan.....	92
44. Gambar 4.32. Diagram tegangan dan regangan.....	93
45. Gambar 4.33. Grafik interaksi kolom.....	96b
46. Gambar 4.34. Kolom yang mengalami kegagalan geser, pecah dalam arah diagonal.....	100
47. Gambar 4.35. Kolom sengkang segi 4 dengan 2 sengkang pengikat tambahan (" <i>cross tie</i> ").....	110
48. Gambar 4.36. Mekanisme tahanan geser pada titik buhul balok kolom.....	120
49. Gambar 4.37. Titik buhul balok kolom luar (tipe a).....	121
50. Gambar 4.38. Titik buhul balok kolom luar (tipe b).....	126
51. Gambar 4.39. Titik buhul balok kolom dalam (tipe c).....	130

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

1. Lampiran *input* dan *output* SAP 90..... A
2. Lampiran perhitungan waktu getar gedung dengan cara T Rayleigh..... B



DAFTAR NOTASI

a	= tinggi blok desak persegi ekivalen, mm.
A, B	= panjang sisi bangunan dalam arah X dan Y, m.
A_g	= luas bruto penampang, mm^2 .
$A_{j,v}$	= luas tulangan geser vertikal pada titik buhul balok kolom yang dibutuhkan, mm^2 .
A_s	= luas tulangan tarik non pratekan, mm^2 .
A_s'	= luas longitudinal tekan, mm^2 .
$A_{s,h}$	= luas perlu tulangan geser horizontal pada titik buhul balok kolom, mm^2 .
A_v	= luas tulangan sengkang, mm^2 .
b_b	= lebar balok, mm.
b_j	= lebar efektif titik buhul, mm.
b_k	= lebar kolom, mm.
c	= jarak dari serat desak terluar ke garis netral, mm.
c_b	= jarak dari serat desak terluar ke garis netral dalam kondisi seimbang, mm.
C	= koefisien gempa dasar.
C_k	= gaya desak yang bekerja pada titik buhul balok kolom akibat penulangan dari balok, kN.
d	= jarak dari serat desak terluar ke pusat tulangan tarik, mm.
d'	= jarak dari serat desak terluar ke pusat tulangan desak, mm.
di	= deformasi lateral total akibat F_i yang terjadi pada lantai ke-i. dari hasil perhitungan analisa struktur, cm.
E	= modulus elastis, Kg/cm^2 .
E_s	= modulus elastisitas baja tulangan, MPa.
E_c	= modulus elastisitas beton, MPa.
$f'c$	= kuat desak beton, MPa.
f_s	= tegangan aktual baja tulangan tarik, MPa.
f_s'	= tegangan aktual baja tulangan desak, MPa.
f_y	= tegangan luluh baja tulangan yang disyaratkan, MPa.
F_i	= gaya geser horizontal akibat gempa pada lantai ke-i, Ton.
g	= percepatan grafitasi, m/det^2 .
hc	= tinggi total penampang kolom dalam arah geser yang ditinjau, mm.
hi	= tinggi lantai ke-i terhadap lantai dasar, m.
$h'k$	= tinggi bersih kolom, m.
H	= tinggi portal, m.
I	= faktor keutamaan struktur.
K	= faktor jenis struktur.
lb	= bentang balok dari pusat ke pusat kolom, m.
lb_n	= bentang bersih balok, m.
M_{kap}	= momen kapasitas balok atau kolom, kN-m.

- M_{nak} = momen nominal aktual balok atau kolom berdasarkan luas tulangan yang terpasang, kN-m.
 $M_{D,k}$ = momen pada kolom akibat beban mati, kN-m.
 $M_{L,k}$ = momen pada kolom akibat beban hidup, kN-m.
 $M_{E,k}$ = momen pada kolom akibat gempa, kN-m.
 $M_{U,K}$ = momen rencana kolom pada bagian ujung atas atau bawah kolom dihitung pada muka balok, kN-m.
 n = jumlah lantai di atas kolom yang ditinjau atau jumlah lapis sengkang horizontal yang dibutuhkan.
 $N_{u,k}$ = gaya aksial rencana kolom, kN.
 $N_{g,k}$ = gaya aksial kolom akibat beban grafitasi, kN.
 $N_{E,k}$ = gaya aksial kolom akibat beban gempa, kN.
 r = rasio tulangan longitudinal kolom yang digunakan dari pembacaan grafik interaksi kolom, %.
 Rn = faktor reduksi untuk menghitung gaya aksial rencana kolom yang ditentukan berdasar jumlah lantai diatas kolom yang ditinjau.
 S = jarak (spasi) antar tulangan sengkang pengikat, mm.
 T = waktu getar bangunan, detik.
 T_k = gaya tarik pada titik buhul balok kolom akibat penulangan dari balok, kN.
 vc,h = tegangan tahanan geser horizontal yang bekerja pada seluruh penampang kolom akibat kontribusi dari gaya aksial desak, N/mm^2 .
 vj,h = tegangan geser horizontal minimal pada titik buhul balok kolom, N/mm^2 .
 $V_{x,y}$ = gaya geser dasar horizontal total akibat gempa untuk arah X dan Y, Kg.
 $V_{d,k}$ = gaya geser kolom akibat beban mati, kN.
 $V_{E,k}$ = gaya geser kolom akibat beban gempa, kN.
 $V_{l,k}$ = gaya geser kolom akibat beban hidup, kN.
 Vc,h = tahanan geser horizontal yang disumbangkan oleh beton, kN.
 Vc,v = tahanan geser vertikal yang disumbangkan oleh beton, kN.
 Vj,h = gaya geser horizontal pada titik buhul balok kolom, kN.
 Vj,v = gaya geser vertikal pada titik buhul balok kolom, kN.
 $Vkol$ = gaya geser dari kolom yang berhubungan dengan titik buhul balok kolom, kN.
 Vs,h = gaya geser horizontal yang bekerja pada titik buhul balok kolom, kN.
 Vs,v = gaya geser vertikal yang bekerja pada titik buhul balok kolom, kN.
 Wi = berat lantai ke-i, Ton.
 Wh = berat akibat beban hidup, Kg.
 Wm = berat akibat beban mati, Kg.
 Wt = berat total bangunan, Kg.
 Y = pusat berat atau pusat plastis penampang kolom, mm.
 Z = jarak dari titik berat tulangan ke resultan bagian desak beton, mm.
 α_k = faktor distribusi momen kolom portal yang ditinjau sesuai dengan kekakuan relatif kolom atas dan kolom bawah.
 β_1 = faktor reduksi tinggi blok tegangan desak ekivalen beton yang merupakan fungsi dari klas kuat beton.
 ϵ_c = regangan luluh desak beton.
 ϵ_s = regangan tarik aktual pada baja tulangan tarik.
 ϵ_s' = regangan desak aktual pada baja tulangan desak.

- ε_y = regangan luluh baja tulangan.
- ϕ = faktor reduksi kekuatan untuk suatu struktur pada berbagai mekanisme.
- ϕ_0 = faktor penambah kekuatan untuk menghitung momen kapasitas sebesar 1,25 untuk $f_y \leq 400$ Mpa.
- ρ = rasio penulangan tarik non prategangan.
- ρ' = rasio penulangan desak non prategangan.
- ρ_b = rasio penulangan pada keadaan regangan seimbang.
- $\rho_{\max}$ = rasio penulangan tarik maksimal.
- $\rho_{\min}$ = rasio penulangan tarik minimal.
- ωd = faktor pembesar dinamis yang memperhitungkan pengaruh terjadinya sendi plastis pada struktur secara keseluruhan.



INTISARI

Peristiwa geser pada kolom biasanya terjadi pada struktur yang mengalami pembebanan dinamis akibat gempa atau angin. Pada pembebanan dinamis akibat gempa, gaya geser yang sangat besar terjadi pada struktur portal beton bertulang akibat pembebanan secara siklis atau bolak-balik, terutama pada balok, kolom serta titik buhul balok kolom. Baik dihitung dengan memperhitungkan pengaruh gaya gempa ataupun tidak, biasanya pada struktur balok telah diberi keamanan yang cukup memadai untuk menahan geseran yang terjadi, tetapi pada kolom dan titik buhul balok kolom yang dibebani beban dinamis gempa, perlindungan atau ketahanan terhadap geser yang mampu diberikan oleh kedua elemen struktur terpenting ini nyaris atau bahkan tidak pernah diperhitungkan, sehingga kolom dan titik buhul balok kolom yang menerima gaya geser akan mengalami keruntuhan geser yang getas. Karena pada kondisi ini gaya geser yang terjadi hanya ditahan oleh beton yang dengan sangat cepat berkurang kekuatannya akibat pembebanan secara siklis. Untuk memberikan perlindungan terhadap gaya geser yang sangat besar sehingga kolom dan titik buhul balok kolom dapat berperilaku duktail, maka pada kolom struktur dan titik buhul balok kolom harus diberi perlindungan dengan memberikan penulangan geser yang memadai dengan menggunakan sengkang yang didistribusikan secara merata pada kedua elemen struktur ini. Penggunaan sengkang dengan ikatan melintang atau "crosstie" selain menambah luasan tulangan geser yang digunakan sehingga jarak spasi antar sengkang tidak menjadi terlalu rapat akibat gaya geser yang sangat besar, juga memberikan perlindungan dari tekuk pada tulangan longitudinal kolom dan memberikan perlindungan pada inti beton ("concrete core") dari kolom dan titik buhul balok kolom sehingga didapat efek pengekangan pada inti beton yang menyebabkan regangan desak dan kuat desak dari beton dapat dipertahankan secara konstan dalam memikul beban yang ada. Secara keseluruhan penggunaan sengkang dan sengkang dengan ikatan melintang yang didistribusikan secara merata pada seluruh penampang kolom dan titik buhul balok kolom akan memberikan perlindungan dari keruntuhan geser yang getas, sehingga baik kolom maupun titik buhul balok kolom akan tetap mampu menopang struktur secara keseluruhan setelah menerima beban dinamis gempa.

BAB I

PENDAHULUAN

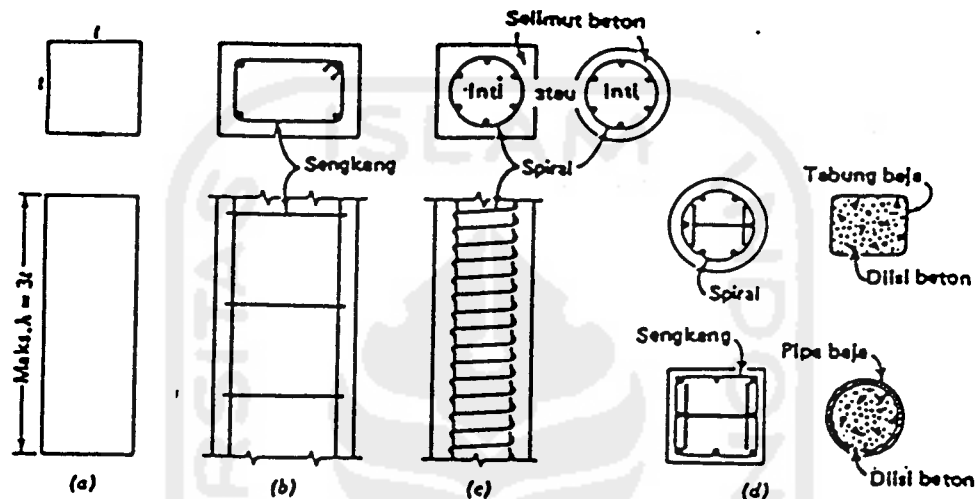
1.1 Latar Belakang

Definisi kolom menurut SK SNI T-15-1991-03 adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil. Sedangkan komponen struktur yang menahan beban aksial vertikal dengan rasio bagian tinggi dengan dimensi lateral terkecil kurang dari tiga dinamakan pedestal.

Sebagai bagian dari suatu kerangka bangunan yang mempunyai fungsi dan peran meneruskan beban-beban vertikal dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah, hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi, kolom menempati posisi yang penting didalam suatu sistem struktur bangunan. Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya, atau bahkan merupakan batas runtuh total keseluruhan struktur bangunan (*ultimate total collapse*).

Pada umumnya kegagalan atau keruntuhan kolom struktural tidak diawali dengan tanda peringatan yang jelas atau bersifat mendadak. Oleh karena itu, dalam merencanakan suatu struktur kolom harus diperhitungkan secara cermat dengan memberikan cadangan kekuatan lebih tinggi apabila dibandingkan dengan komponen struktur lainnya.

Karena penggunaan didalam praktek umumnya kolom tidak hanya berfungsi menahan beban aksial tekan murni, definisi kolom diperluas dengan mencakup juga fungsi menahan momen lentur atau kombinasi beban aksial dan momen lentur.



Gambar 1.1. Macam-macam kolom, (a) Dasar kolom (pedestal) beton biasa, (b) Kolom bersengkang, (c) Kolom spiral, (d) Kolom komposit

Secara garis besar ada 3 jenis kolom beton bertulang seperti yang terlihat pada gambar 1.1.

1. Kolom menggunakan pengikat sengkang lateral. Kolom ini merupakan kolom beton yang ditulangi dengan batang tulangan pokok memanjang, yang pada jarak tertentu diikat dengan pengikat sengkang ke arah lateral sedemikian rupa, sehingga penulangan keseluruhan membentuk kerangka seperti tampak pada gambar 1.1.b.
2. Kolom menggunakan pengikat spiral. Bentuknya sama dengan yang pertama hanya saja sebagai pengikat tulangan pokok memanjang adalah tulangan spiral

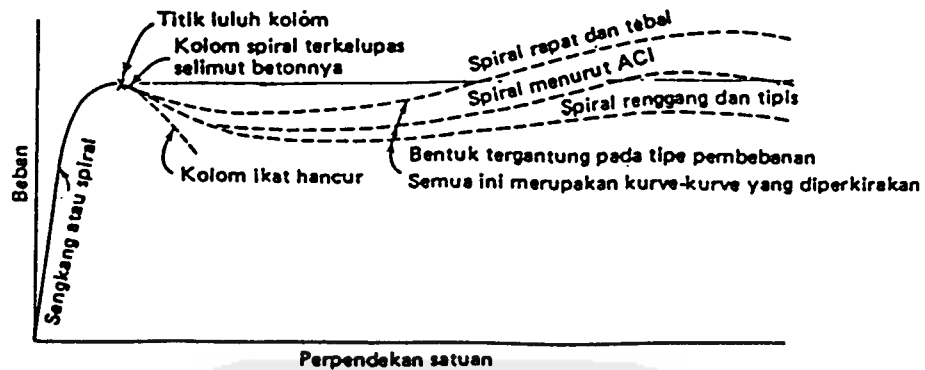
yang dililitkan keliling membentuk heliks menerus di sepanjang kolom seperti tampak pada gambar 1.1.c.

3. Struktur kolom komposit seperti tampak pada gambar 1.1.d merupakan komponen struktur tekan yang diperkuat pada arah memanjang dengan gelagar baja profil atau pipa, dengan atau tanpa diberi tulangan pokok memanjang.

Dari ketiga jenis kolom ini, kolom dengan pengikat sengkang lateral dan kolom dengan pengikat spiral merupakan bentuk yang paling umum. Tetapi dari kedua jenis kolom ini (kolom dengan pengikat spiral dan kolom dengan pengikat sengkang), kolom dengan pengikat sengkang merupakan jenis yang paling banyak digunakan karena lebih mudah dalam pelaksanaan pembuatannya.

Mekanisme runtuh pada kolom terjadi apabila beban pada kolom bertambah, sehingga akan menimbulkan retak yang terjadi di seluruh tinggi kolom. Dalam keadaan batas keruntuhan (*limit state of failure*), selimut beton di luar sengkang (pada kolom sengkang) atau di luar spiral (pada kolom spiral) akan lepas, sehingga tulangan memanjangnya akan mulai kelihatan. Apabila bebannya terus bertambah, maka akan terjadi keruntuhan dan tekuk lokal (*local buckling*) tulangan memanjang pada panjang yang tak tertumpu sengkang atau spiral. Dapat dikatakan bahwa dalam keadaan batas keruntuhan, selimut beton lepas dahulu sebelum lekatan baja-beton hilang. (Nawy, 1985).

Sampai pada titik luluh kolom tersebut, kolom sengkang dan kolom spiral bekerja secara hampir identik dan spiral tidak menambah apapun terhadap kekuatan pada titik luluh. Kurva-kurva tegangan-regangan untuk kolom sengkang dan kolom spiral pada dasarnya identik (Phil M. Ferguson, 1986).



Gambar 1.2. Perbandingan antara tegangan-regangan pada kolom sengkang dan kolom spiral

Sesudah beban titik luluh dicapai, suatu kolom sengkang segera patah yaitu patah dalam arah diagonal karena geseran dari beton (seperti pada uji silinder beton) dan patah tekuk pada baja tulangan kolom diantara sengkang-sengkang seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.3.



Gambar 1.3. (a) Baja tulangan yang melengkung diantara sengkang
(b) Kolom yang sengkangnya nampak gagal sesudah titik luluh dari kolom dicapai. (Phil M. Ferguson, 1986)

Mekanisme yang hampir sama juga terjadi pada kolom spiral, beban titik luluh mengakibatkan retak-retak atau hancurnya selimut beton diluar spiral. Spiral baru berfungsi secara efektif bersamaan dengan deformasi yang bertambah besar yang mengikuti luluhnya baja tulangan kolom dan hilangnya selimut beton.

Pada portal beton bertulang (*moment resisting frames*) kolom adalah bagian terpenting dari struktur yang pada saat terjadi gempa akan bergoyang kekanan dan ke kiri secara bergantian. Dengan getaran atau goyangan seperti itu, maka kolom seolah-olah mendapatkan pembebanan secara siklik (bolak-balik). Pembebanan seperti ini akan mengakibatkan kolom menderita gaya geser yang cukup besar.

Penekanan yang lebih mutakhir telah memberikan bukti bahwa sengkang-sengkang yang rapat pada kolom beton bertulang (kolom sengkang) dapat membentuk atau memberikan suatu tingkat keliatan (*ductility*) tertentu pada kolom tersebut berdasar kepada pola dan perilaku kolom pada saat mengalami keruntuhan (mekanisme runtuh) seperti yang tersebut di atas.

Oleh karena itu sengkang-sengkang pada kolom merupakan suatu persyaratan penting untuk tahanan terhadap gempa dan perencanaan limit apabila kolom diharapkan memelihara tahanan puncaknya dengan apa yang dinamakan sendi-sendi plastis, karena sengkang yang ada pada kolom dapat difungsikan menahan gaya geser yang terjadi atau berfungsi sebagai tulangan geser.

Selain itu sengkang pada kolom dapat juga berfungsi sebagai pengekan (*confined*) pada inti (*core*) beton, sehingga kuat desak beton akan bertambah karena beton tidak langsung retak atau pecah pada saat menerima beban. Pada pemasangan tulangan geser (sengkang) yang optimum, maka akibat beban siklik kolom dapat berperilaku daktail sehingga proses pelepasan energi pada sendi plastik

1.3 Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan tentang geser pada kolom dan keterbatasan waktu yang diberikan, maka dalam tugas akhir ini analisis geser yang terjadi pada kolom dibatasi hanya pada permasalahan sebagai berikut :

1. Struktur kolom yang digunakan adalah kolom beton bertulang dengan sengkang sebagai tulangan geser (kolom sengkang).
2. Beban dinamis yang digunakan adalah beban gempa arah horizontal dengan Metode Statis Ekuivalen. Pengaruh dari beban gempa vertikal tidak ditinjau.
3. Struktur yang dianalisis berada di wilayah gempa III.
4. Struktur yang dianalisis mempunyai titik berat yang berimpit dengan titik berat massa, sehingga tidak ada rotasi yang bekerja.
5. Tinggi bangunan dibatasi kurang dari 40 m dan untuk keperluan analisis pada tugas akhir ini digunakan bangunan portal beton 10 lantai dengan tinggi bangunan ± 35 m dengan tinggi masing-masing lantai adalah 3,5 m. Untuk jelasnya gambar portal dapat dilihat pada bab IV gambar 4.1 - 4.3.
6. Tingkat daktilitas yang digunakan adalah daktilitas tingkat 3 (daktilitas penuh), karena apabila digunakan daktilitas tingkat 2 (daktilitas terbatas) desain kapasitas tidak digunakan secara penuh yang mana sendi-sendi plastis hanya dianggap potensial, sehingga diasumsikan tidak terjadi M leleh bersamaan, meskipun pada momen kolom masih dikalikan faktor pembesaran dinamis yang besarnya sama pada perhitungan dengan daktilitas penuh. Hal ini akan mengakibatkan pada perhitungan dengan daktilitas terbatas, perilaku geser pada kolom tidak tampak dengan jelas apabila dibandingkan dengan perhitungan yang menggunakan

daktilitas secara penuh. Selain itu pada perhitungan dengan daktilitas terbatas, bila kekuatan lentur yang terjadi diluar sendi plastis tidak memenuhi kapasitas dari kolom ataupun balok, maka seluruh kolom maupun balok tetap harus didetailkan seperti pada daerah sendi plastis potensial. Alasan inilah yang menyebabkan analisis dalam tugas akhir ini menggunakan daktilitas penuh, karena daktilitas penuh dapat menggambarkan secara keseluruhan perilaku geser yang terjadi pada kolom.

7. Bentuk bangunan simetris dalam semua sisi, tidak ada loncatan bidang muka (*set back*) dan kekakuan struktur untuk analisis dibuat sama untuk seluruh tingkat.
8. Struktur yang dianalisis adalah portal beton terbuka 3D dan untuk menganalisis gaya-gaya yang terjadi digunakan program komputer SAP-90.
9. Balok dan plat dianggap hanya sebagai beban gravitasi terhadap kolom, sehingga dalam pendimensian dan perhitungan penulangan pada balok tidak dilakukan secara mendetail.
10. Pendimensian yang detail hanya pada kolom berdasarkan analisis gaya geser yang terjadi pada kolom tersebut. Pendimensian ini meliputi jumlah serta luasan tulangan pokok dan tulangan geser (sengkang) yang digunakan.

1.4 Manfaat

Diharapkan tugas akhir yang membahas masalah Analisis Geser Pada kolom Struktur ini dapat memberikan tambahan informasi dan ilmu kepada para mahasiswa di lingkungan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia pada khususnya dan masyarakat luas pada umumnya. Hal ini disebabkan karena pembahasan masalah geser pada kolom belum pernah diteliti

atau ditinjau dibandingkan dengan geser pada balok ataupun pada elemen konstruksi yang lain. Selain itu diharapkan dapat bermanfaat sebagai dasar pengembangan studi lebih lanjut.

1.5 Keaslian

Sejauh yang diketahui, Analisis Geser Pada Kolom Struktur, belum pernah dibahas pada tugas akhir mahasiswa dalam lingkungan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.

1.6 Cara studi

Untuk memperoleh suatu hasil atau kesimpulan dalam studi literatur analisis geser pada kolom struktur, harus digunakan cara serta aturan yang benar dan harus berdasarkan pada metode ilmiah sehingga hasilnya dapat dipertanggung-jawabkan. Oleh karena itu cara studi yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Studi pustaka.
2. Analisis dan pembahasan.
3. Membuat kesimpulan dari hasil studi yang telah dilakukan.

Adapun buku peraturan yang digunakan dalam studi literatur ini adalah sebagai berikut :

1. SK SNI T-15-1991-03,
2. Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung 1987,
3. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983,
4. Pedoman Perencanaan Untuk Struktur Beton Bertulang Biasa dan Struktur Tembok Bertulang Untuk Gedung 1983.

BAB II

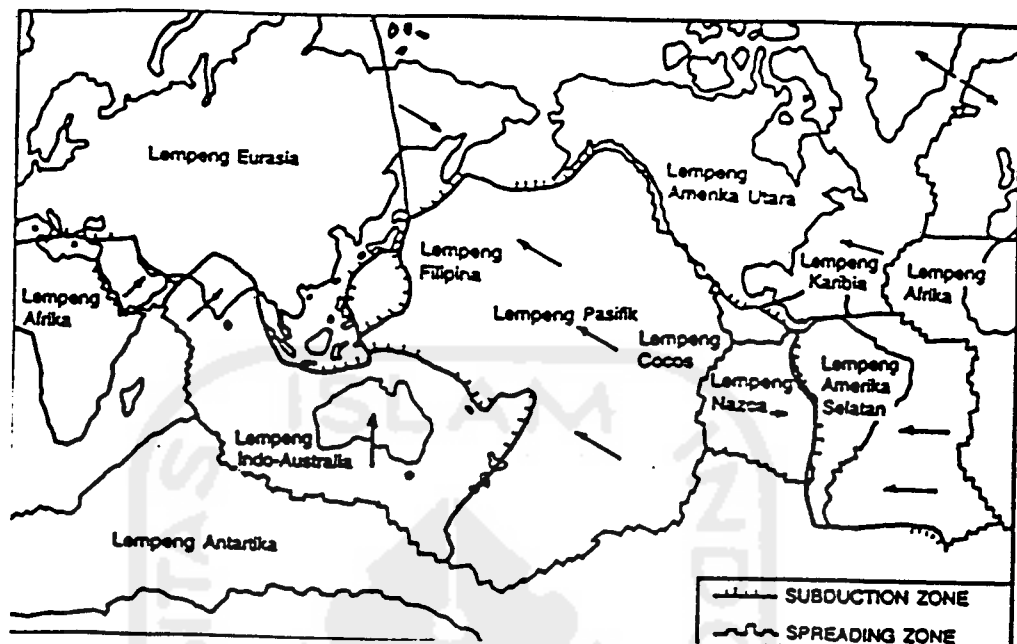
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Gempa merupakan suatu fenomena alam yang dapat terjadi dimana saja di permukaan Bumi. Pada kenyataannya hingga saat ini peristiwa terjadinya gempa belum dapat diperkirakan atau diramalkan secara pasti kapan suatu daerah akan mengalami gempa, baik itu gempa kecil, sedang, ataupun gempa besar. Sebagai suatu peristiwa alam, gempa mempunyai efek merusak yang sangat besar pada bangunan-bangunan yang berdiri di atas permukaan Bumi.

Indonesia termasuk wilayah dengan tingkat resiko gempa yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena wilayah Indonesia berada di antara empat sistem lempeng tektonik yang aktif, yakni tapal batas lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, lempeng Philipina dan lempeng Pasifik seperti tampak pada gambar 2.1. Gempa dengan skala magnitude 7 atau lebih pada skala Richter sering terjadi pada daerah-daerah disekitar tapal batas lempeng tersebut.

Pada saat terjadi gempa bumi, bangunan akan mengalami gerakan vertikal dan gerakan horizontal. Gaya gempa yang terjadi baik dalam arah vertikal maupun dalam arah horizontal akan timbul di titik-titik massa struktur bangunan tersebut.



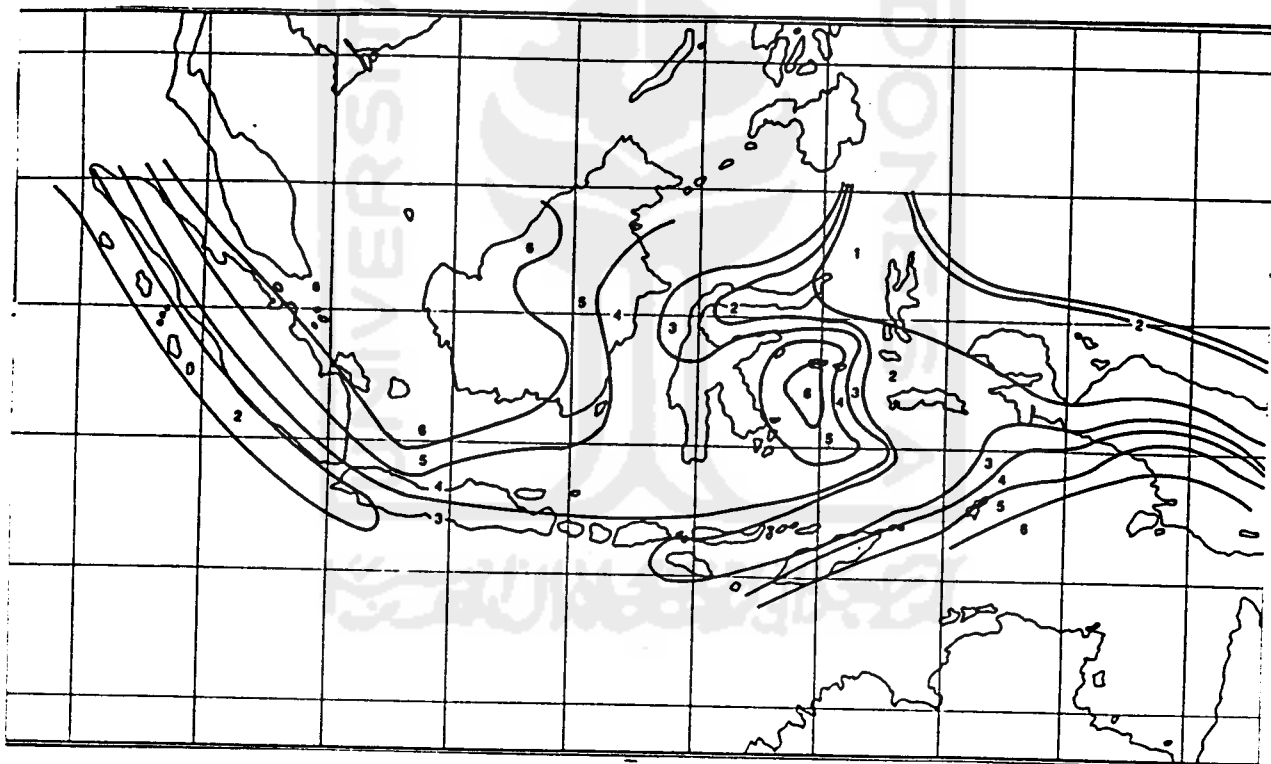
Gambar 2.1. Peta lempeng tektonik

Dari kedua gaya gempa ini, gaya gempa dalam arah vertikal hanya sedikit berpengaruh atau mengubah gaya gravitasi yang bekerja pada struktur karena struktur biasanya direncanakan terhadap gaya vertikal dengan faktor keamanan yang cukup memadai sehingga struktur pada umumnya jarang sekali runtuh akibat gaya gempa vertikal.

Sebaliknya, gaya gempa dalam arah horizontal akan bekerja langsung pada titik-titik lemah suatu struktur yang kekuatannya tidak memadai sehingga akan langsung menyebabkan keruntuhan (*failure*). Atas dasar inilah maka prinsip utama dalam perancangan tahan gempa (*Earthquake Resistant Design*) adalah meningkatkan kekuatan struktur terhadap gaya lateral (gaya horizontal) yang pada umumnya tidak memadai (SKBI-1.3.53. DPU, 1987 dan Muto, 1987).

Besarnya taraf pembebanan gempa ini tidak berlaku universal melainkan sangat bervariasi antara satu wilayah dengan wilayah lainnya tergantung dari kondisi seismotektonik, geografis dan geologi setempat.

Dalam wilayah Indonesia sendiri terdapat perbedaan tingkat resiko gempa antara suatu daerah dengan daerah lainnya yang menyebabkan perlunya penentuan taraf pembebanan gempa yang berbeda-beda pula seperti yang terlihat pada gambar 2.2. di bawah (SKBI-1.3.53.DPU, 1987).



Gambar 2.2. Peta wilayah gempa Indonesia

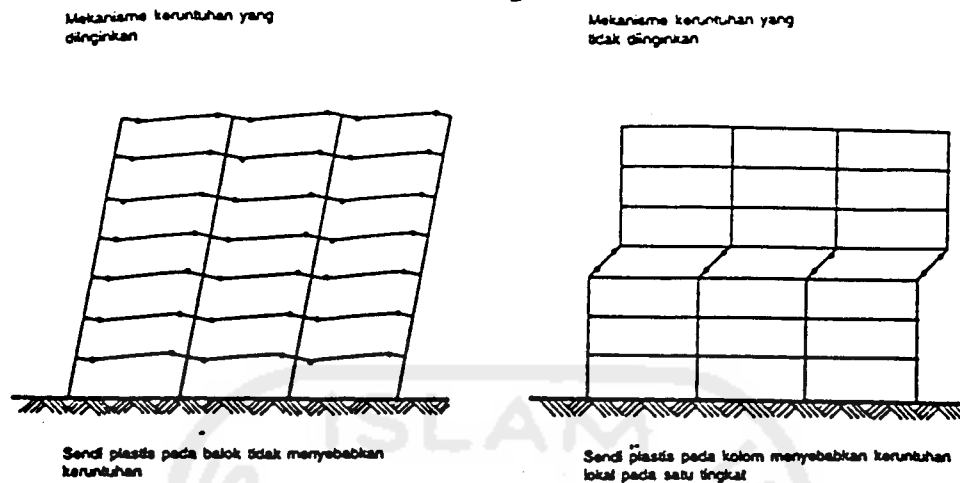
Berbagai peraturan perencanaan bangunan tahan gempa yang berlaku di negara lain termasuk pedoman perencanaan tahan gempa yang berlaku di Indonesia menetapkan suatu taraf beban gempa rencana yang menjamin suatu struktur tidak

akan rusak pada saat dilanda gempa kecil atau sedang, dan pada saat dilanda gempa kuat yang jarang terjadi struktur tersebut mampu berperilaku daktail dengan memencarkan energi gempa dan sekaligus membatasi beban gempa yang masuk ke dalam struktur.

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, terbentuknya sendi-sendi plastis yang mampu memencarkan energi gempa dan membatasi besarnya beban gempa yang masuk ke dalam struktur harus dikendalikan sedemikian rupa agar struktur berperilaku memuaskan dan tidak sampai runtuh saat terjadi gempa kuat. Pengendalian terbentuknya sendi-sendi plastis pada lokasi-lokasi yang telah ditentukan lebih dahulu dapat dilakukan secara pasti terlepas dari kekuatan dan karakteristik gempa. Filosofi perencanaan seperti ini dikenal sebagai Konsep Desain Kapasitas atau *Capacity Design* (Gideon, 1994).

Konsep desain kapasitas ini merupakan implementasi dari konsep mekanisme runtuh (*collapse mechanism*) atas struktur utama penahan beban horizontal. Mekanisme runtuh yang dimaksud disini adalah *Strong Column Weak Beam* pada portal terbuka (*momen resisting frames*) dengan mekanisme goyangan yang terjadi adalah *Beam Sway Mechanism*.

Pada metode *strong column weak beam*, mekanisme goyangan dengan pembentukan sendi-sendi plastis pada balok lebih dikehendaki dari pada mekanisme pembentukan sendi plastis yang terpusat hanya pada ujung-ujung kolom suatu portal terbuka (*soft storey mechanism*). Karena pada mekanisme yang pertama pemencaran energi gempa yang terjadi lebih terdistribusi pada banyak unsur dan bahaya ketidakstabilan struktur akibat $P - \Delta$ effect lebih kecil.



Gambar 2.3. Mekanisme khas yang dapat terjadi pada portal terbuka

Selain itu daktilitas kurvatur yang dituntut dari balok untuk menghasilkan daktilitas struktur sebesar $\mu = 4$ misalnya, pada umumnya lebih mudah dipenuhi dari pada kolom yang untuk mencapai daktilitas sebesar $\mu = 4$ akan sangat tinggi sehingga sulit dipenuhi. Dengan terjadinya sendi-sendi plastis pada balok, maka terjadinya rotasi-rotasi plastis pada balok dapat terjadi dengan baik.

Tujuan utama dari penjelasan diatas bukanlah untuk membahas masalah konsep dasar perencanaan tahan gempa secara mendetail, melainkan hanya untuk menjelaskan latar belakang dan kaitannya dengan peraturan perencanaan tahan gempa yang berlaku di Indonesia yaitu Peraturan Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987 (SKBI-1.3.53. DPU, 1987) yang membahas masalah bentuk distribusi gaya gempa lateral dengan metoda statis ekuivalen. Hal ini dikarenakan distribusi gaya gempa arah lateral mempunyai kaitan secara langsung dengan geser pada kolom yang terjadi akibat pengaruh dari pembebanan secara siklik (pembebanan secara bolak-balik).

2.2 Faktor-faktor Penentu Beban Gempa Rencana Dengan Metoda Statis Ekuivalen

Beban statis ekuivalen adalah representasi dari beban gempa yang telah disederhanakan, yaitu penyederhanaan gaya inersia yang bekerja pada suatu massa dan disederhanakan menjadi suatu beban statik. Gaya inersia adalah suatu gaya yang bekerja pada suatu massa dengan arah yang berlawanan dengan arah gerakan massa yang bersangkutan oleh karena adanya beban dinamis gempa. Jadi beban statis ekuivalen merupakan beban yang ekuivalen dengan beban gempa yang bekerja pada bangunan dalam batas tidak terjadi *overstress*.

Walaupun sifatnya merupakan penyederhanaan, tetapi bukan berarti bahwa beban statik ekuivalen tidak berdasar, karena beban tersebut sudah berdasar pada prinsip-prinsip dinamis seperti dinamik karakteristik dan bangunan, jenis struktur (K) dan peruntukan bangunan (I). Dinamik karakteristik bangunan meliputi massa M, kekakuan K dan redaman Cc. Dalam konsep statik ekuivalen hanya massa yang diperhitungkan dan inilah yang menjadi perbedaan utama antara konsep statis dengan konsep dinamis.

2.2.1 Beban geser dasar akibat gempa

Besarnya beban geser rencana (V) menurut Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung, 1987 dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$V = C \cdot I \cdot K \cdot W_t \quad (2.1)$$

dengan

V = gaya geser dasar horizontal total akibat beban gempa,

C = koefisien gempa dasar seperti yang ditentukan dari spektrum respon

percepatan (gambar 2.4),

I = faktor keutamaan,

K = faktor jenis struktur,

W_t = berat total bangunan.

2.2.2 Koefisien gempa dasar (C)

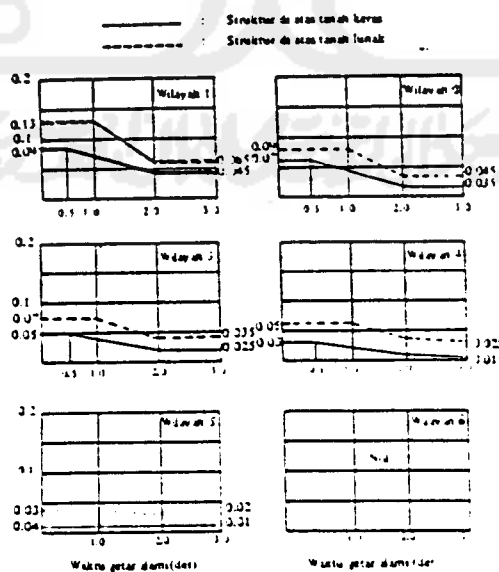
Koefisien gempa dasar dapat ditentukan dari gambar 2.4 untuk suatu wilayah gempa tertentu (seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.2) dengan menggunakan waktu getar alami struktur jenis portal beton yang dihitung dengan rumus :

$$T = 0,06 \cdot H^{\frac{3}{4}} \quad (2.2)$$

dengan

T = waktu getar alami bangunan,

H = tinggi bangunan.



Gambar 2.4. Koefisien gempa dasar untuk berbagai wilayah gempa

Koefisien gempa dasar berfungsi untuk menjamin agar struktur mampu memikul beban gempa yang dapat menyebabkan kerusakan besar pada struktur. Koefisien C tergantung pada frekwensi terjadinya gerakan tanah yang bersifat sangat merusak, yang berbeda-beda pada tiap wilayah gempa, waktu getar alami struktur dan kondisi tanah setempat.

2.2.3 Faktor keutamaan (I)

Tingkat kepentingan suatu struktur terhadap bahaya gempa dapat berbeda-beda bergantung kepada fungsinya. Oleh karena itu semakin penting struktur tersebut harus semakin besar perlindungan yang diberikan.

Faktor keutamaan (I) dipakai untuk memperbesar beban gempa rencana agar struktur mampu memikul beban gempa dengan periode ulang yang lebih panjang atau dengan kata lain struktur tersebut dapat menahan gempa dengan tingkat kerusakan yang lebih kecil. Faktor keutamaan untuk berbagai jenis gedung harus diambil menurut tabel 2.1. Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung, 1987.

2.2.4 Faktor jenis struktur (K)

Faktor jenis struktur (K) dimaksudkan agar struktur mempunyai kekuatan lateral yang cukup untuk menjamin bahwa daktilitas yang dituntut tidak lebih besar dari daktilitas yang tersedia pada saat terjadi gempa kuat.

Faktor K sangat bergantung pada jenis struktur dan bahan konstruksi yang digunakan. Apabila dipakai lebih dari satu sistem struktur didalam suatu gedung, maka yang dipakai adalah faktor jenis struktur untuk sistem yang paling dominan dalam

menghasilkan ketahanan terhadap gempa, walaupun begitu kombinasi dari beberapa sistem struktur tersebut juga harus tetap ditinjau dalam perhitungan waktu getar alami dari struktur gedung.

Faktor jenis struktur untuk berbagai jenis struktur gedung harus diambil menurut tabel 2.2 Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung, 1987.

2.2.5 Faktor f_1 dan f_2

Faktor f_1 dan f_2 adalah termasuk faktor penting penentu beban gempa rencana yang dalam rumus gaya geser dasar horizontal akibat beban gempa, faktor-faktor ini secara eksplisit memang tidak tampak, tetapi berpengaruh dalam penentuan nilai koefisien gempa dasar C .

1. Faktor *Over strength* Struktur (f_1)

Faktor f_1 diperhitungkan untuk memperkirakan kemampuan struktur memikul beban gempa yang lebih besar dari beban gempa rencana karena :

- a. Berat bangunan sesungguhnya mungkin lebih kecil dari pada berat yang diperkirakan.
- b. Didalam proses perencanaan elemen struktur telah diperhitungkan faktor reduksi kapasitas.
- c. Pendekatan-pendekatan perencanaan yang konservatif dan peningkatan luas tulangan karena pembulatan.
- d. Bahan-bahan yang dipakai umumnya lebih kuat dari pada yang sebenarnya dibutuhkan.

Sebab-sebab ini mengakibatkan nilai kekuatan struktur dapat mencapai beberapa kali lebih besar daripada kekuatan gempa rencana. Oleh karena itu diperlukan suatu faktor agar resiko gempa sesungguhnya yang diberikan pada waktu perencanaan tidak menjadi berlebihan. Untuk Indonesia diusulkan nilai f_1 sebesar 1,6 berdasarkan beberapa data dari kekuatan baja tulangan, perkiraan persentase tulangan yang berlebihan dan pengaruh dari faktor-faktor yang diperhitungkan dalam perencanaan struktur.

2. Faktor f_2

Faktor ini diberikan untuk memperhitungkan kemampuan struktur memikul beban gempa yang lebih besar dari beban gempa rencana karena adanya kemungkinan redistribusi momen setelah terbentuknya sendi plastis. Derajat kestatistakentuan struktur sangat berpengaruh terhadap besarnya faktor ini. Nilai f_2 diperkirakan sebesar 2,0 untuk struktur-struktur portal daktail pada umumnya.

2.2.6 Beban geser dasar akibat gempa sepanjang tinggi gedung

Beban geser dasar akibat gempa (V) harus dibagikan sepanjang tinggi gedung menjadi beban-beban horizontal terpusat yang bekerja pada masing-masing tingkat menurut rumus sebagai berikut :

$$F_i = \frac{W_i h_i}{\sum W_i h_i} V \quad (2.3)$$

dengan h_i adalah ketinggian sampai tingkat i diukur dari tinggi penjepit lateral seperti yang ditentukan dalam pasal 1.3. Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung, 1987. Rumus yang tersebut diatas harus memenuhi ketentuan berikut di bawah ini :

1. Bila H/A atau $H/B < 3$, maka gaya geser horizontal total harus dibagikan ke seluruh tinggi gedung menjadi beban terpusat yang menangkap pada masing-masing tingkat.
2. Bila H/A atau $H/B > 3$, maka gaya geser horizontal total harus dibagikan 0,1 untuk atap dan 0,9 sisanya dibagikan sepanjang tinggi gedung menurut rumus di atas.



BAB III

LANDASAN TEORI

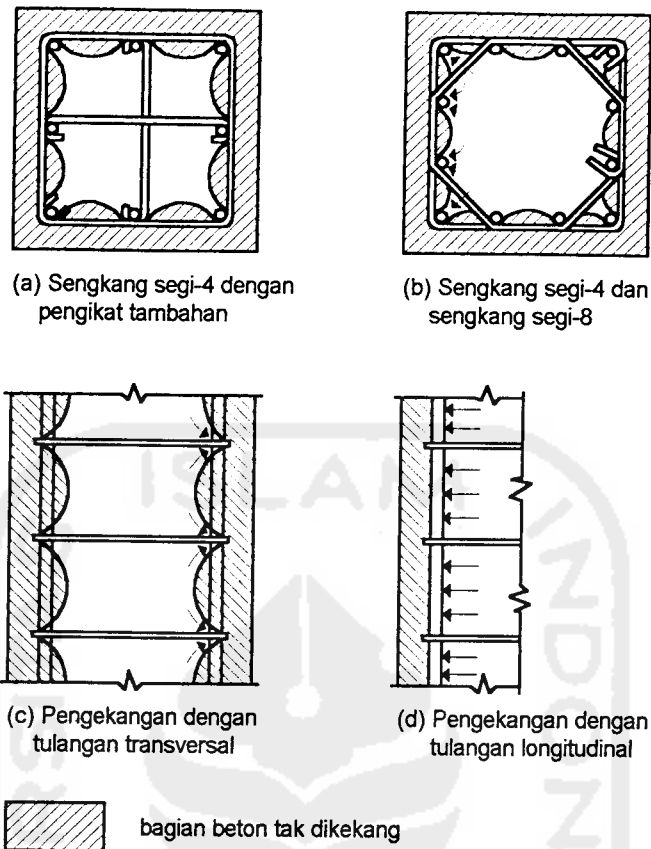
3.1 Pendahuluan

Seperti yang telah dijelaskan diatas, akibat beban gempa maka kolom pada portal terbuka (*momen resisting frame*) akan menerima beban siklis atau beban bolak-balik, sehingga akan menyebabkan kolom menderita gaya geser.

Fenomena seperti ini akan mengakibatkan peningkatan regangan tekan beton hanya dapat tercapai apabila penampang kolom dikekang sedemikian rupa untuk mencegah bertambah luasnya beton pada penampang inti dalam arah lateral dan *local buckling* pada tulangan longitudinal. Efek atau akibat dari pengekangan pada inti atau *core* penampang kolom dapat dilihat pada gambar 3.1.

Selain dari itu, tujuan pengekangan dengan pemasangan sengkang pada kolom adalah untuk menjamin adanya gaya penjepit yang menahan mekanisme geser friksi pada bidang retak.

Penentuan luas tulangan sengkang sebagai pengekang dan tulangan geser berdasarkan pada kondisi dan mekanisme kolom itu sendiri pada saat menerima gaya-gaya yang terjadi seperti yang akan dijelaskan pada sub bab berikutnya di bawah.

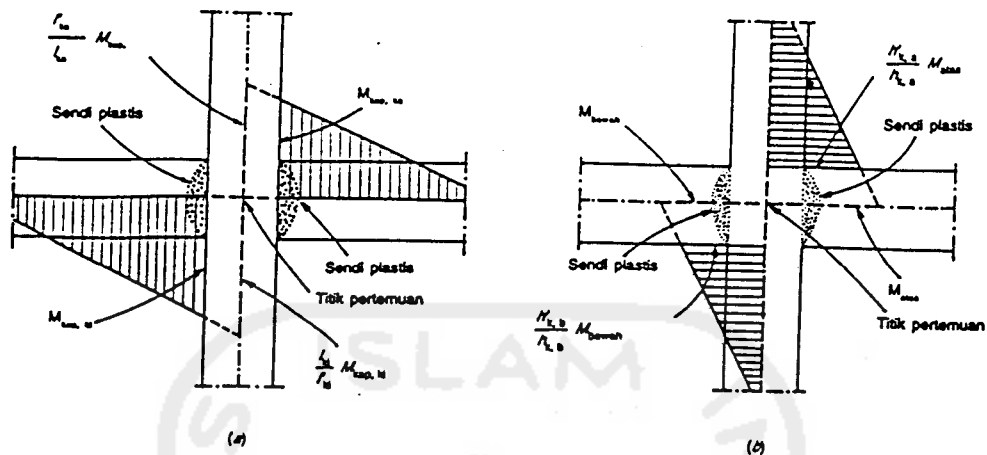


Gambar 3.1. Penyekangan penampang kolom dengan tulangan transversal dan longitudinal. (Gideon, 1994)

Pada mekanisme daktail yang dikehendaki untuk portal rangka terbuka yang memakai prinsip *strong column weak beam*, sendi plastis terjadi pada ujung-ujung akhir bentang dari balok. Bila daerah sendi plastis ini sudah direncanakan penulangannya, maka momen kapasitas balok dapat diperhitungkan sebagai momen rencana yang bekerja pada kolom.

3.2 Beban Lentur dan Aksial Pada Kolom Portal

Kuat lentur kolom portal dengan daktilitas penuh yang ditentukan pada bidang muka balok ($M_{u, k}$) harus dihitung berdasarkan terjadinya kapasitas lentur sendi plastis pada kedua ujung balok yang bertemu dengan kolom tersebut.



Gambar 3.2. Pertemuan balok-kolom dengan sendi plastis pada ujung balok di sebelah kiri dan kanan

$$\Sigma M_{u,k} = 0,7 \omega_d \Sigma M_{kap,b} \quad (3.1)$$

atau

$$M_{u,k} = 0,7 \omega_d \alpha_k (M_{kap,ki} + M_{kap,ka}) \quad (3.2)$$

tetapi dalam segala hal tidak perlu lebih besar dari :

$$M_{u,k} = 1,05 (M_{D,k} + M_{L,k} + \frac{4,0}{K} M_{E,k}) \quad (3.3)$$

dengan

ω_d = faktor pembesar dinamis yang memperhitungkan pengaruh terjadinya sendi plastis pada struktur secara keseluruhan, diambil = 1,3 ,

α_k = faktor distribusi momen kolom portal yang ditinjau sesuai dengan kekakuan relatif kolom atas dan kolom bawah,

$$\Sigma M_{kap,b} = M_{kap,ki} + M_{kap,ka} ,$$

- $M_{kap,ki}$ = momen kapasitas lentur balok disebelah kiri bidang muka kolom,
 $M_{kap,ka}$ = momen kapasitas lentur balok disebelah kanan bidang muka kolom,
 $M_{D,k}$ = momen pada kolom akibat beban mati,
 $M_{L,k}$ = momen pada kolom akibat beban hidup,
 $M_{E,k}$ = momen pada kolom akibat gempa,
 K = faktor jenis struktur.

Sedangkan beban aksial rencana, $N_{u,k}$ yang bekerja pada kolom portal dengan daktilitas penuh dihitung dari :

$$N_{u,k} = \frac{0,7 R_n \sum M_{kap,b}}{l_b} + 1,05 N_{g,k} \quad (3.4)$$

tetapi dalam segala hal tidak perlu lebih besar dari :

$$N_{u,k} = 1.05 \left(N_{g,k} + \frac{4,0}{K} N_{E,k} \right) \quad (3.5)$$

dengan

R_n = faktor reduksi yang ditentukan sebesar :

1,0 untuk $1 < n < 4$

1,1-0,025n untuk $4 < n < 20$

0,6 untuk $n > 20$

n = jumlah lantai di atas kolom yang ditinjau,

l_b = bentang balok dari pusat ke pusat kolom,

$N_{g,k}$ = gaya aksial kolom akibat beban gravitasi,

$N_{E,k}$ = gaya aksial kolom akibat beban gempa.

Dalam segala hal, kuat lentur dan aksial rancang kolom portal harus dapat memperhitungkan kombinasi pembebanan terfaktor antara beban gravitasi dan beban

gempa dalam 2 arah yang saling tegak lurus (100% dalam satu arah, 30% dalam arah lain tegak lurus pada arah tersebut dan diambil yang paling menentukan).

3.3 Beban Geser Pada Kolom Portal

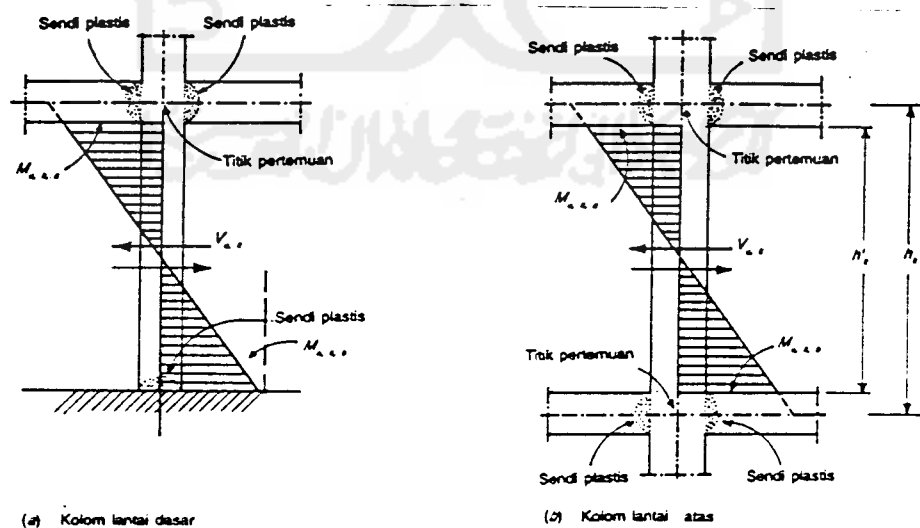
Kuat geser kolom portal ($V_{u,k}$) dengan daktilitas penuh berdasarkan terjadinya sendi-sendi plastis pada ujung balok-balok yang bertemu pada kolom tersebut harus dihitung dengan cermat sebagai berikut :

untuk kolom lantai atas

$$V_{u,k} = \frac{M_{u,k \text{ atas}} + M_{u,k \text{ bawah}}}{h'_k} \quad (3.6)$$

untuk kolom lantai dasar

$$V_{u,k} = \frac{M_{u,k \text{ atas}} + M_{\text{Kapasitas kolom}}}{h'_k} \quad (3.7)$$



Gambar 3.3. Kolom lantai dasar dan kolom lantai atas dengan $M_{u,k}$ yang ditetapkan berdasarkan kapasitas sendi plastis balok

Dalam segala hal gaya geser kolom tidak perlu lebih besar dari

$$V_{u,k} = 1,05 \left(V_{d,k} + V_{l,k} + \frac{4,0}{K} V_{E,k} \right) \quad (3.8)$$

dengan

$M_{u,k}$ atas = momen rencana kolom pada ujung atas dihitung pada muka balok,

$M_{u,k}$ bawah = momen rencana kolom pada ujung bawah dihitung pada muka balok,

$M_{\text{kapasitas kolom}}$ = momen kapasitas lentur kolom = $\phi_o \cdot M_{\text{nak}, k}$,

$M_{\text{nak}, k}$ = momen lentur nominal aktual kolom berdasarkan luas tulangan aktual yang terpasang,

ϕ_o = faktor penambah kekuatan sebesar 1,25 untuk $f_y \leq 400$ MPa,

h'_k = tinggi bersih kolom,

$V_{d,k}$ = gaya geser kolom akibat beban mati,

$V_{l,k}$ = gaya geser kolom akibat beban hidup,

$V_{E,k}$ = gaya geser kolom akibat beban gempa.

3.4 Panel Pertemuan Balok Kolom

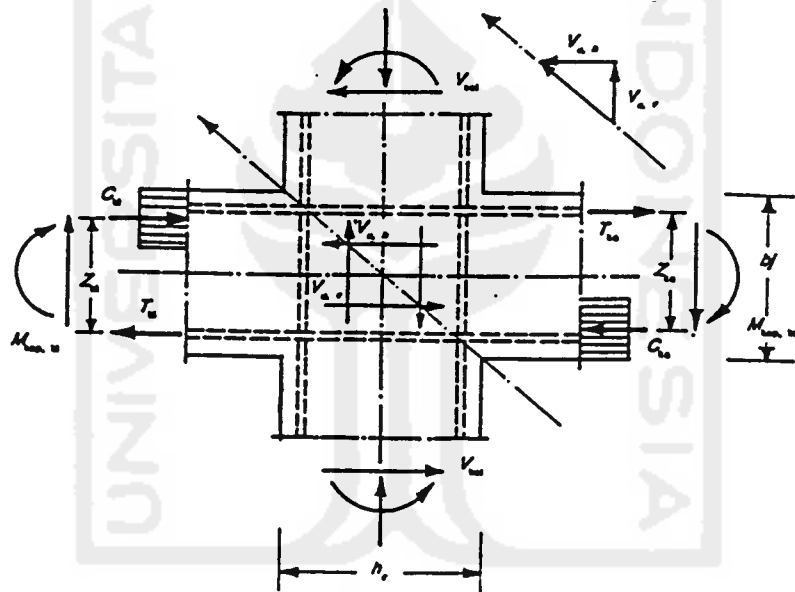
Panel pertemuan balok kolom portal (titik buhul) harus diproporsikan sedemikian rupa, sehingga memenuhi persyaratan kuat geser horizontal perlu $V_{u,h}$ dan kuat geser vertikal perlu $V_{u,v}$ yang berkaitan dengan terjadinya momen kapasitas pada sendi plastis pada kedua ujung balok yang bertemu pada kolom. Gaya-gaya yang terjadi pada titik buhul balok kolom harus membentuk keseimbangan sehingga memenuhi persamaan di bawah ini :

$$V_{jh} = C_{ki} + T_{ka} - V_{kol} \quad (3.9)$$

$$C_k = T_{ki} = 0,70 \frac{M_{kap, ki}}{Z_{ki}} \quad (3.10)$$

$$T_{ka} = C_{ka} = 0,70 \frac{M_{kap, ka}}{Z_{ka}} \quad (3.11)$$

$$V_{kol} = \frac{0,70 \left(\frac{l_{ki}}{l_{ki}} M_{kap, ki} + \frac{l_{ka}}{l_{ka}} M_{kap, ka} \right)}{\frac{1}{2} (h_{k, a} + h_{k, b})} \quad (3.12)$$



Gambar 3.4. Panel pertemuan balok dan kolom portal dalam kondisi terjadinya sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok

Tegangan geser horizontal nominal pada titik buhul adalah

$$v_{jh} = \frac{V_{jh}}{b_j \cdot h_c} \quad (3.13)$$

dengan

b_j = lebar efektif titik buhul (mm),

h_c = tinggi total penampang kolom dalam arah geser yang ditinjau (mm).

v_{jh} tidak boleh lebih besar dari $1,5 \cdot \sqrt{f'_c}$ (Mpa).

Gaya geser horizontal V_{jh} ini ditahan oleh dua mekanisme kuat geser inti titik buhul, yaitu :

1. strat beton diagonal yang melewati daerah tekan ujung titik buhul yang memikul gaya geser V_{ch} .
2. mekanisme panel rangka yang terdiri dari sengkang horizontal dan strat beton diagonal daerah tarik titik buhul yang memikul gaya geser V_{sh} .

Besarnya V_{ch} harus diambil sama dengan nol kecuali untuk ketentuan berikut :

1. tegangan tekan rata-rata minimal pada penampang bruto kolom beton di atas titik buhul, termasuk tegangan prategang, apabila ada, melebihi nilai $0,1 f'_c$, maka :

$$V_{ch} = 2/3 \sqrt{\left(\frac{N_{u,k}}{A_g} - 0,1 f'_c \right)} \cdot b_j h_c \quad (3.14)$$

2. balok diberi gaya prategang yang melewati titik buhul, maka :

$$V_{ch} = 0,7 P_{cs} \quad (3.15)$$

dengan P_{cs} adalah gaya permanen dalam baja prategang yang terletak di sepertiga bagian tengah tinggi kolom.

3. seluruh balok pada titik buhul dirancang sehingga penampang kritis dari sendi plastis terletak pada jarak yang lebih kecil dari tinggi penampang balok diukur dari muka kolom, maka :

$$V_{ch} = 0,5 \frac{A_s'}{A_s} V_{jh} \left(1 + \frac{N_{u,k}}{0,4 A_g f'_c} \right) \quad (3.16)$$

dengan rasio A_s'/A_s tidak boleh diambil lebih besar dari 1.

Dengan memindahkan lokasi sendi plastis agak jauh dari muka kolom maka kemampuan mekanisme strat tekan tidak berkurang akibat beban bolak-balik dimana

sebagian besar tegangan tekan dipindahkan melalui tulangan tekan. Pelelehan pada tulangan juga dapat mengakibatkan penetrasi kerusakan ikatan yang masuk kedalam inti titik buhul sehingga ikatan antara tulangan dengan strat tekan berkurang. Akibat kedua fenomena ini serta tekanan pada titik buhul, sendi plastisnya terletak bersebelahan dengan muka kolom, tidak bekerja sehingga seluruh gaya geser V_{jh} dipikul oleh V_{sh} ; bila tegangan tekan rata-rata minimum pada penampang bruto kolom di atas titik buhul kurang dari $0,1 f_c'$ (Gideon, 1994).

Bila $\rho_c < 0,1 f_c'$ maka

$$V_{sh} = V_{jh} - \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{N_{u,k}}{A_g} \right) - (0,1 f_c')} b_{jh} \quad (3.17)$$

Pada titik buhul rangka dengan melakukan relokasi sendi plastis

$$V_{sh} = V_{jh} - 0,5 \frac{A_s'}{A_s} V_{jh} \left(1 + \frac{N_{u,k}}{0,4 A_g f_c'} \right) \quad (3.18)$$

Luas total efektif dari tulangan geser horizontal (sengkang horizontal) yang melewati bidang kritis diagonal dengan yang diletakkan di daerah tekan titik buhul efektif b_j tidak boleh kurang dari

$$A_{jh} = \frac{V_{jh}}{f_y} \quad (3.19)$$

kegunaan sengkang horizontal ini harus didistribusikan secara merata di antara tulangan balok longitudinal atas dan bawah.

Gaya geser vertikal pada titik buhul (V_{jv}) dapat dihitung dari

$$V_{jv} = V_{jh} \cdot \frac{b_j}{h_k} \quad (3.20)$$

sedangkan tulangan geser vertikal titik buhul didapat dari

$$V_{sv} = V_{jv} - V_{cv} \quad (3.21)$$

menjadi

$$V_{cv} = A_{sc}' \frac{V_{sh}}{V_{sc}} \left(0,6 + \frac{N_{u,k}}{A_g f_c'} \right) \quad (3.22)$$

dengan

A_{sc}' = luas tulangan longitudinal tekan,

A_{sc} = luas tulangan longitudinal tarik.

Luas tulangan geser vertikal yang dibutuhkan pada titik buhul dalam daerah sepanjang lebar pertemuan efektif b_j ditentukan dengan persamaan :

$$A_{jv} = \frac{V_{sv}}{f_y} \quad (3.23)$$

Tulangan geser titik buhul vertikal ini harus terdiri dari tulangan kolom antara (*intermediate bars*) yang terletak pada bidang lentur antara ujung tulangan terbesar atau terdiri dari sengkang-sengkang pengikat vertikal, dengan jarak maksimum antar tulangan yang diukur dari as ke as adalah 200 mm.

3.5 Persyaratan Perencanaan Seismik Untuk Kolom Pada Stuktur Dengan Daktilitas Penuh

1. Dimensi penampang terpendek, diukur pada satu garis lurus yang melalui titik berat penampang, tidak boleh kurang dari 300 mm.
2. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi yang tegak lurus padanya tidak boleh kurang dari 0,4.
3. Rasio tinggi antar kolom terhadap dimensi penampang kolom yang terpendek tidak boleh lebih besar dari 25. Untuk kolom yang mengalami momen yang dapat

- berbalik tanda, rasionya tidak boleh lebih besar dari 16. Untuk kolom kantilever rasionya tidak boleh lebih dari 10.
4. Rasio tulangan ρ , tidak boleh kurang dari 0,01 dan tidak boleh lebih dari 0,06 dan pada daerah sambungan tidak boleh lebih dari 0,08.
 5. Sambungan lewatan hanya digunakan di luar daerah sendi plastis potensial dan harus diproporsikan sebagai sambungan tarik. Sambungan las dan sambungan mekanikal yang memenuhi SKSNI T-15-1991-03 boleh digunakan untuk menyambung tulangan pada sembarang tempat asal pengaturan penyambungan batang tulangan longitudinal pada satu penampang tidak lebih dari pengaturan berselang dan jarak antara sambungan adalah 600 mm atau lebih sepanjang sumbu longitudinal tulangan.
 6. Pada seluruh tinggi kolom harus dipasang tulangan transversal untuk memikul beban geser.
 7. Tulangan transversal boleh terdiri dari sengkang tertutup tunggal atau majemuk atau menggunakan kait silang penutup dengan diameter dan spasi yang sama dengan diameter dan spasi yang ditetapkan untuk sengkang tertutup. Setiap ujung kait silang penutup yang berurutan harus diatur sehingga kait ujungnya terpasang berselang sepanjang tulangan longitudinal yang ada. Tulangan transversal harus dipasang dengan spasi tidak melebihi (a) seperempat dimensi komponen struktur yang terkecil, (b) lebih kecil atau sama dengan delapan kali diameter tulangan memanjang dan (c) lebih kecil atau sama dengan 100 mm.
 8. Kait silang atau kaki sengkang tertutup majemuk tidak boleh dipasang dengan spasi lebih dari 350 mm dari pusat ke pusat dalam arah tegak lurus terhadap sumbu longitudinal dari komponen struktur.

9. Pada setiap muka *joint* (titik buhul) dan pada kedua sisi dari setiap penampang yang mungkin mengalami leleh lentur akibat terjadinya perpindahan lateral inelastis dari rangka harus dipasang tulangan transversal dengan jumlah seperti yang ditentukan pada butir 6, 7 dan 8, sepanjang l_o dari muka yang ditinjau. Panjang l_o tadi tidak boleh kurang dari :
- a) tinggi komponen dimensi struktur, $N_{u,k} < 0,30 A_g f_c'$,
 - b) satu setengah kali tinggi komponen dimensi struktur untuk $N_{u,k} > 0,30 A_g f_c'$,
 - c) seperenam bentang bersih komponen struktur,
 - d) 450 mm.
10. Bila gaya tekan aksial terfaktor yang berhubungan dengan pengaruh gempa yang bekerja pada komponen struktur nilainya melampaui ($0,10 A_g f_c'$), maka pada seluruh tinggi kolom yang berada di bawah ketinggian dimana terjadi pengakhiran komponen struktur kaku dan yang memikul reaksi dari komponen struktur kaku yang terputus tadi, misalnya dinding, harus diberi tulangan transversal seperti yang ditentukan dalam butir 6, 7 dan 8. Tulangan transversal tersebut harus meneruskan ke dalam komponen struktur yang terputus paling tidak sejauh panjang penyaluran batang tulangan longitudinal yang terbesar di dalam kolom. Bila ujung bawah kolom berakhir pada suatu dinding, maka tulangan transversal harus menerus ke dalam dinding paling tidak sejauh panjang penyaluran tulangan longitudinal kolom yang terbesar pada titik pemutusan. Bila kolomnya berakhir pada suatu pondasi telapak atau pada pondasi rakit, maka tulangan transversal yang memenuhi butir 6, 7 dan 8 harus menerus paling kurang 300 mm ke dalam pondasi tersebut.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

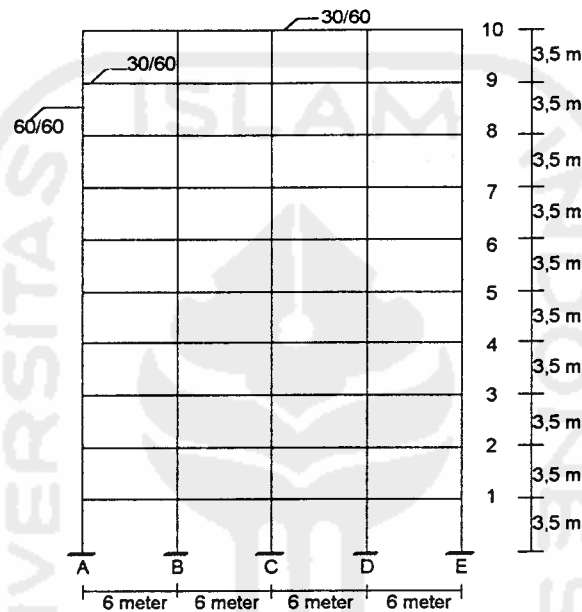
Persyaratan umum portal beton bertulang yang akan dianalisis meliputi jenis dan lokasi bangunan, tipe pembebanan, mutu atau kualitas bahan struktur yang digunakan serta denah dan dimensi elemen utama struktur portal.

Jenis bangunan yang akan dianalisis adalah bangunan kantor dengan lokasi bangunan terletak di daerah 3 pada peta wilayah gempa untuk Indonesia dengan tanah di bawah bangunan dianggap tanah lunak.

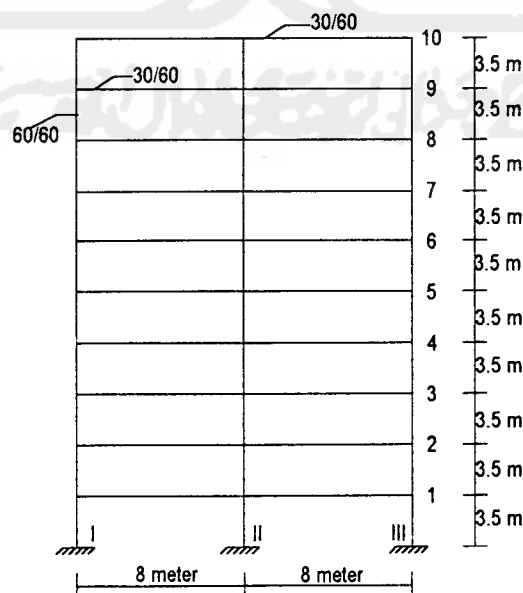
Beban yang bekerja meliputi beban hidup atap, beban hidup lantai, beban mati dan beban gempa. Kecuali beban gempa, beban hidup atap, beban hidup lantai, dan beban mati diambil menurut ketentuan dari Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 masing-masing sebesar 100 kg/m^2 untuk beban hidup atap, 250 kg/m^2 untuk beban hidup lantai, sedangkan beban mati yang bekerja merupakan berat sendiri struktur. Beban gempa yang bekerja diambil sesuai dengan peraturan gempa yang berlaku di Indonesia dan dihitung dengan cara statis ekuivalen.

Mutu bahan untuk portal dalam tugas akhir ini meliputi mutu beton dan mutu baja tulangan. Mutu beton struktur diambil sebesar, $f'_c = 30 \text{ MPa}$ dan mutu baja tulangan sebesar, $f_y = 400 \text{ MPa}$.

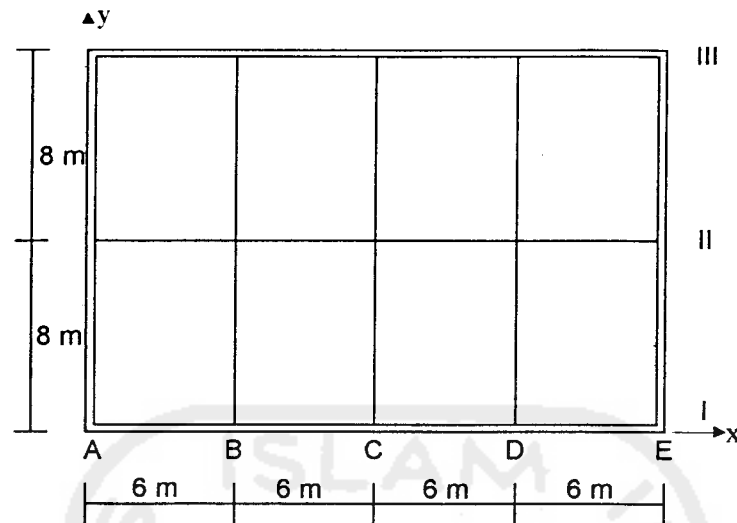
Denah struktur dalam arah X terdiri dari portal 10 tingkat, 4 bentang dan dalam arah Y struktur terdiri dari portal 10 tingkat dengan 2 bentang, dimana seluruh kaki kolom terjepit pada pondasi. Gambar denah dan dimensi struktur dapat dilihat pada gambar 4.1 s/d 4.3 dibawah.



Gambar 4.1. Portal dalam arah X



Gambar 4.2. Portal dalam arah Y



Gambar 4.3. Denah lantai 1 sampai dengan lantai 10 (tipikal)

4.2 Perhitungan Gaya-gaya Yang Bekerja Pada Struktur

4.2.1 Distribusi gaya geser dasar horizontal total akibat gempa

1. Berat bangunan total (W_t)

a. Berat lantai 10

BEBAN MATI :

$$\text{-plat} = 24.16.0,12.2400 = 110592$$

$$\text{-balok} = (3.24 + 5.16) 0,30.0,48.2400 = 52531,2$$

$$\text{-kolom} = 15.1,75.0,60.0,60.2400 = 22680$$

$$\text{-dinding} = 152.1,75.250 = 66500$$

$$\text{-plafond} = 24.16.(11+7) = 6912$$

$$W_m = 259215,2 \text{ kg}$$

BEBAN HIDUP :

$$\text{-qh atap} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{-koefisien reduksi} = 0,3$$

$$\text{-Wh} = 0,30.(24.16.100) = 11520 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{-Beban total } W_{10} &= W_m + W_h \\
 &= 259215,2 + 11520 \\
 &= 270735,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Berat lantai 9

BEBAN MATI :

-plat	$= 24.16.0,12.2400$	$= 110592$
-balok	$= (3.24 + 5.16) 0,30. 0,48.2400$	$= 52531,2$
-kolom	$= 15.3,5.0,60.0,60.2400$	$= 45360$
-dinding	$= 152.3,5.250$	$= 133000$
-plafond	$= 24.16.(11+7)$	$= 6912$
-spesi	$= 24.16.2100.0,02$	$= 16128$
-pasir	$= 24.16.1600.0,05$	$= 30720$
-tegél	$= 24.16.2400.0,02$	$= 18432$
		$W_m = 413675,2 \text{ kg}$

BEBAN HIDUP :

$$\begin{aligned}
 \text{-qh lantai} &= 250 \text{ kg} \\
 \text{-koefisien reduksi} &= 0,3 \\
 \text{-} W_h &= 0,30.(24.16.250) = 28800 \text{ kg} \\
 \text{-Beban total } W_9 &= W_m + W_h \\
 &= 413675,2 + 28800 \\
 &= 442475,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

c. Berat lantai 8,7,6,5,4,3,2,1 sama dengan lantai 9 (tipikal), maka berat total:

$$\begin{aligned}
 W_t &= W_1+W_2+W_3+W_4+W_5+W_6+W_7+W_8+W_9+W_{10} \\
 &= 9.(442475,2) + 270735,2 \\
 &= 4253012 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Waktu getar bangunan (T)

Dengan rumus empiris :

$$T_x = T_y = 0,06 \cdot H^{3/4}$$

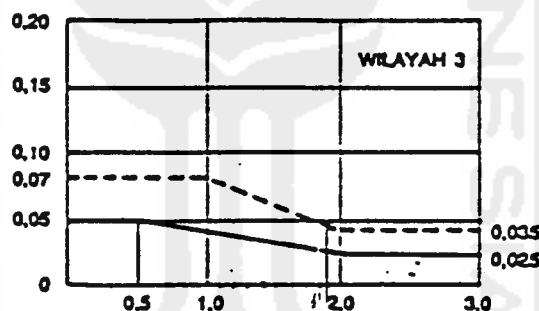
$$H = 10,3,5 = 35 \text{ m}$$

$$T_x = T_y = 0,06 \cdot 35^{3/4} = 0,863 \text{ detik}$$

3. Koefisien Gempa Dasar (C)

Koefisien gempa dasar C diperoleh dari gambar 4.4.

Untuk $T_x = T_y = 0,863$ detik, zone 3 dan jenis tanah lunak, maka diperoleh nilai $C = 0,07$.



Gambar 4.4. Koefisien gempa dasar C

4. Faktor keutamaan I dan faktor jenis struktur K

Berdasarkan Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987 diperoleh $I = 1,0$ dan $K = 1,0$ untuk bangunan kantor yang menggunakan struktur rangka beton bertulang dengan daktilitas penuh.

5. Gaya geser horisontal total akibat gempa

$$V_x = V_y = C \cdot I \cdot K \cdot W_t$$

$$= 0,07 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 4253012 \text{ kg} = 297710,84 \text{ kg}$$

6. Distribusi gaya geser horisontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung

a. Dalam arah X

$$H/A = 35/24 = 1,458 < 3$$

$$F_{i,x} = \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} \cdot V_x$$

b. Dalam arah Y

$$H/A = 35/16 = 2,188 < 3$$

$$F_{i,y} = \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} \cdot V_y$$

dengan

F_i = Gaya geser horisontal akibat gempa pada lantai ke- i

h_i = tinggi lantai ke- i terhadap lantai dasar

$V_{x,y}$ = gaya geser horisontal total akibat gempa untuk arah X atau Y

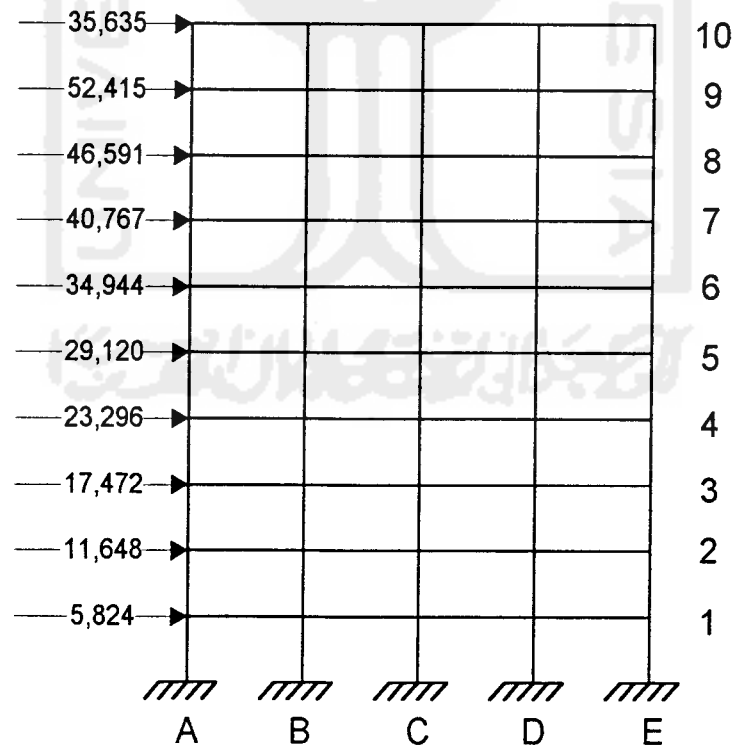
A, B = panjang sisi bangunan dalam arah X dan Y

Tabel 4.1 Distribusi gaya geser dasar horisontal total akibat gempa dalam arah X dan Y

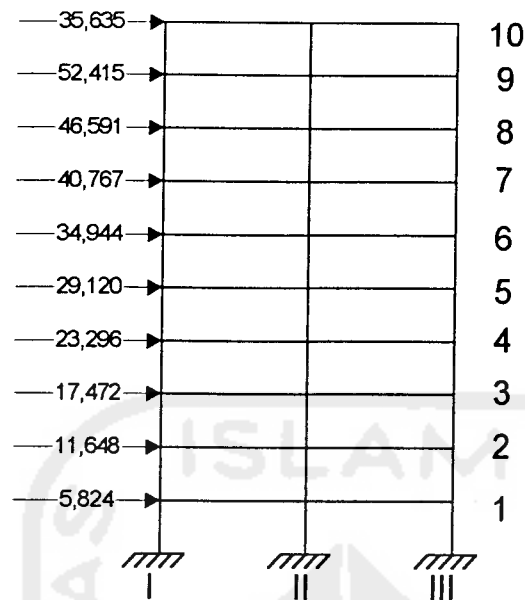
Tingkat i	hi (m)	Wi (t)	Wi.hi (tm)	Fi-x (t)	Fi-y (t)
10	35	270,735	9475,725	35,635	35,635
9	31,5	442,475	13937,963	52,415	52,415
8	28	442,475	12389,300	46,591	52,415
7	24,5	442,475	10840,638	40,767	40,767
6	21	442,475	9291,975	34,944	34,944

Tabel 4.1 (Lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
5	17,5	442,475	7743,313	29,120	29,120
4	14	442,475	6194,650	23,296	23,296
3	10,5	442,475	4645,988	17,472	17,472
2	7	442,475	3097,325	11,648	11,648
1	3,5	442,475	1548,663	5,824	5,824
		Σ	79165,540	297,712	297,712



Gambar 4.5. Distribusi beban gempa untuk portal arah X



Gambar 4.6. Distribusi beban gempa untuk portal arah Y

7. Waktu getar struktur dengan cara T Rayleigh

Dengan melakukan analisis struktur, dapat dihitung besarnya simpangan (deformasi lateral total) akibat beban gempa tadi (Gambar 4.5 dan 4.6) untuk portal arah X maupun arah Y. Waktu getar struktur yang sebenarnya untuk tiap arah dapat dihitung berdasarkan besar simpangan tadi dengan rumus T Rayleigh :

$$T_x = 6,3 \cdot \sqrt{\left(\frac{\sum W_i \cdot d_i x^2}{g \cdot \sum F_i x \cdot d_i x} \right)} \quad \text{untuk portal arah X}$$

$$T_y = 6,3 \cdot \sqrt{\left(\frac{\sum W_i \cdot d_i y^2}{g \cdot \sum F_i y \cdot d_i y} \right)} \quad \text{untuk portal arah Y}$$

dengan

W_i = berat lantai ke-i dari tabel 4.1,

F_i = gaya gempa lantai ke- i (X atau Y) dari tabel 4.1,

d_i = deformasi lateral total akibat F_i yang terjadi pada lantai ke- i , dari hasil perhitungan analisa struktur,

g = percepatan gravitasi.

Langkah ini kemudian ditabelkan untuk kesepuluh tingkat seperti pada Tabel 4.2 dan 4.3 di bawah ini (detail perhitungan dapat dilihat pada lampiran B).

Tabel 4.2 Waktu getar bangunan dalam arah X (T_x)

Tkt	ΣD_{ix} (cm^3)	$\frac{12E}{h^2} \times 0,75$ (t/cm^4)	K_{ix} (t/cm)	F_{ix} (t)	V_{ix} (t)	δ_{ix} (cm)	d_{ix} (cm)	d_{ix}^2 (cm^2)	W_i (t)	$W_i d_{ix}^2$ (t cm^2)	$F_{ix} d_{ix}$ (t cm)
10	10886	0,0154	167,64	35,64	35,64	0,213	10,17	103,49	270,74	28018	362,51
9	10886	0,0154	167,64	52,42	88,05	0,525	9,96	99,20	442,48	43894	522,05
8	10886	0,0154	167,64	46,59	134,64	0,803	9,44	89,02	442,48	29318	439,59
7	10886	0,0154	167,64	40,77	175,41	0,820	8,63	74,51	442,48	32969	351,90
6	10886	0,0154	167,64	34,94	210,35	0,977	7,81	61,03	442,48	27004	272,98
5	10886	0,0154	167,64	29,12	239,47	1,108	6,84	46,72	442,48	20672	199,58
4	10886	0,0154	167,64	23,30	262,77	1,567	5,73	32,80	442,48	14513	133,42
3	10886	0,0154	167,64	17,47	280,24	1,672	4,16	17,31	442,48	7659	72,68
2	10886	0,0154	167,64	11,65	291,89	1,741	2,49	6,19	442,48	2739	28,98
1	19965	0,0154	307,46	5,82	297,71	0,747	0,75	0,56	442,48	248	4,35
									Σ	207034	2388,04

$$T_x = 6,3 \sqrt{\frac{\Sigma W_i \cdot d_{ix}^2}{g \cdot \Sigma F_{ix} \cdot d_{ix}}} = 1,87 \text{ detik}$$

Tabel 4.3 Waktu getar bangunan dalam arah Y (T_y)

Tkt	ΣD_{iy} (cm^3)	$\frac{12E}{h^2} \times 0,75$ (t/cm^4)	K_{iy} (t/cm)	F_{iy} (t)	V_{iy} (t)	δ_{iy} (cm)	d_{iy} (cm)	d_{iy}^2 (cm^2)	W_i (t)	$W_i d_{iy}^2$ (t cm^2)	$F_{iy} d_{iy}$ (t cm)
10	8609	0,0154	132,58	35,64	35,64	0,27	13,98	195,44	270,74	52912	498,18
9	8609	0,0154	132,58	52,42	88,05	0,66	13,71	187,96	442,48	83168	718,61
8	8609	0,0154	132,58	46,59	134,64	1,02	13,05	170,30	442,48	75353	608,01

Tabel 4.3. (Lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
7	8609	0,0154	132,58	40,77	175,41	1,32	12,03	144,72	442,48	64035	490,43
6	8609	0,0154	132,58	34,94	210,35	1,59	10,71	114,70	442,48	50752	374,25
5	8609	0,0154	132,58	29,12	239,47	1,81	9,12	83,17	442,48	36801	265,57
4	8609	0,0154	132,58	23,30	262,77	1,98	7,31	53,44	442,48	23646	170,29
3	8609	0,0154	132,58	17,47	280,24	2,11	5,33	28,41	442,48	12571	93,13
2	8609	0,0154	132,58	11,65	291,89	2,20	3,22	10,37	442,48	4588	37,51
1	18915	0,0154	291,29	5,82	297,71	1,02	1,02	1,04	442,48	460	5,94
									Σ	404286	3261,92

$$T_y = 6,3 \sqrt{\left(\frac{\sum W_i \cdot d_i y^2}{g \cdot \sum F_i y \cdot d_i y} \right)} = 2,24 \text{ detik}$$

8. Distribusi akhir gaya geser dasar horisontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung

a. Waktu getar dan koefisien gempa dasar

Perhitungan waktu getar dengan cara T Rayleigh diperoleh hasil :

$$T_x = 1,87 \text{ detik}$$

$$T_y = 2,24 \text{ detik}$$

Waktu getar portal arah X (T_x) = 1,87 detik, zone 3 dan jenis tanah lunak, diperoleh nilai $C_x = 0,04$ dan untuk $T_y = 2,24$ detik, zone 3 dan jenis tanah lunak, diperoleh nilai $C_y = 0,035$ (lihat gambar 4.4).

Karena koefisien gempa dasar C untuk perhitungan periode bangunan dengan cara empiris dan dengan cara T Rayleigh tidak sama, maka harus

dilakukan perhitungan ulang gaya geser dasar dengan menggunakan nilai waktu getar bangunan $C_x = 0,04$ dan $C_y = 0,035$ untuk masing-masing arah portal (arah X dan arah Y).

b. Gaya geser dasar horizontal total akibat gempa

1). Gaya geser dasar arah X

$$\begin{aligned} V_x &= C_x \cdot I \cdot K \cdot W_t \\ &= 0,04 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 4253012 \\ &= 170120,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

2). Gaya geser dasar arah Y

$$\begin{aligned} V_y &= C_y \cdot I \cdot K \cdot W_t \\ &= 0,035 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 4253012 \\ &= 148855,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

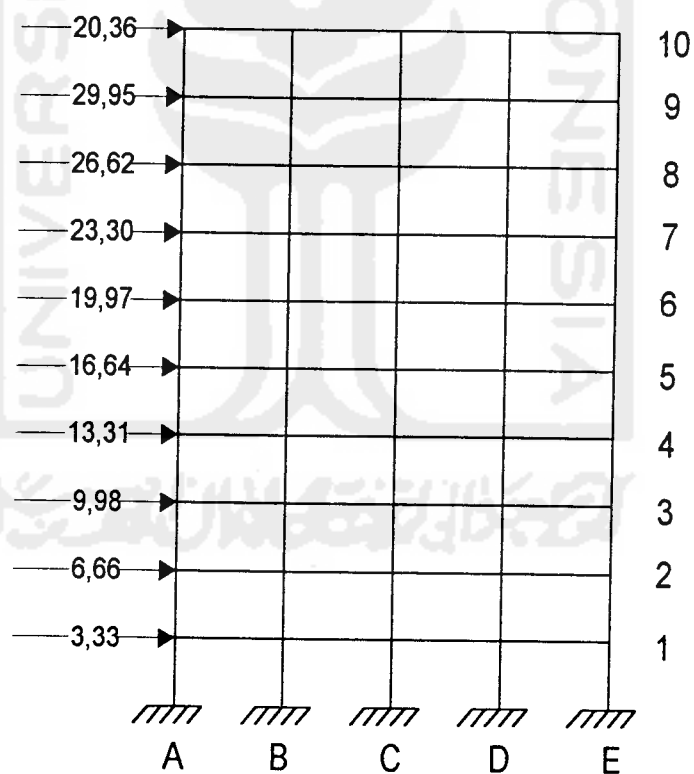
Selanjutnya distribusi akhir dari gaya geser dasar horizontal disajikan dalam bentuk tabel dibawah ini.

Tabel 4.4. Distribusi akhir gaya geser dasar horizontal total akibat gempa dalam arah X dan arah Y

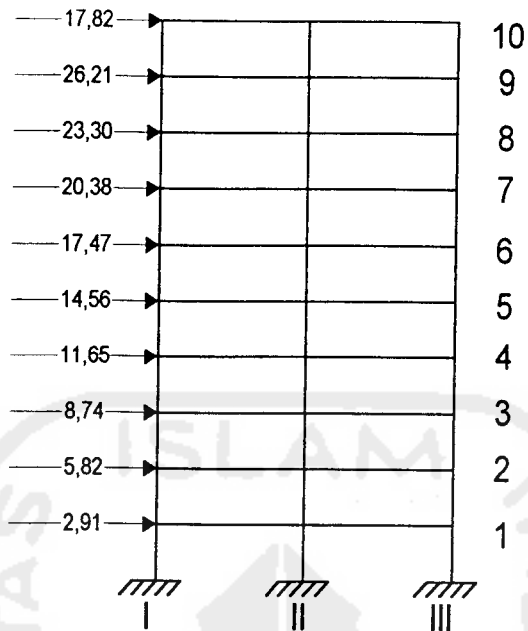
Tingkat i	hi (m)	Wi (t)	Wi.hi (tm)	Fi-x (t)	Fi-y (t)
10	35	270,735	9475,725	20,36	17,82
9	31,5	442,475	13937,963	29,95	26,21
8	28	442,475	12389,300	26,62	23,30
7	24,5	442,475	10840,638	23,30	20,38
6	21	442,475	9291,975	19,97	17,47
5	17,5	442,475	7743,313	16,64	14,56

Tabel 4.4. (Lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
4	14	442,475	6194,650	13,31	11,65
3	10,5	442,475	4645,988	9,98	8,74
2	7	442,475	3097,325	6,66	5,82
1	3,5	442,475	1548,663	3,33	2,91
		Σ	79165,540	170,12	148,86



Gambar 4.7. Distribusi beban gempa untuk portal arah X

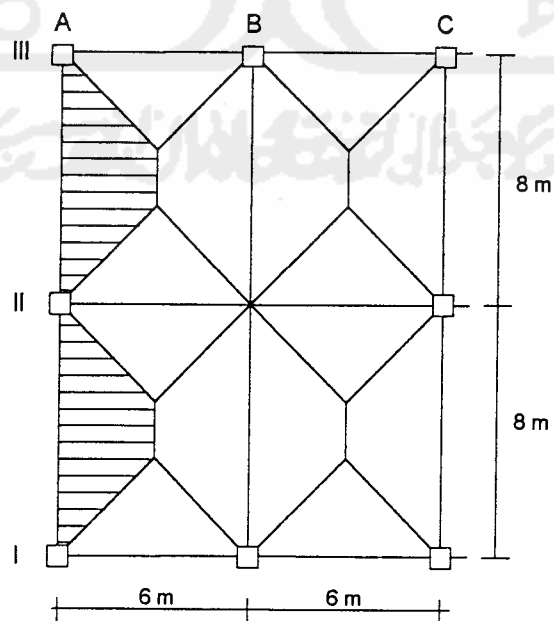


Gambar 4.8. Distribusi beban gempa untuk portal arah Y

4.2.2 Perhitungan beban akibat gaya gravitasi

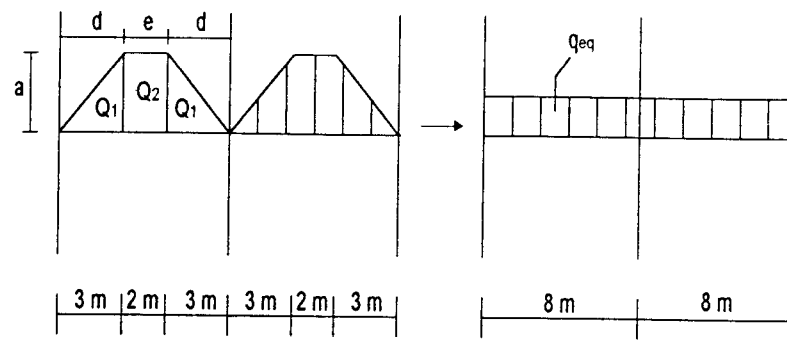
1. Beban merata ekuivalen untuk portal arah Y

a. Portal A



Gambar 4.9. Pembagian beban merata pada portal A





Gambar 4.10. Perhitungan beban merata ekivalen portal A

$$Q_1 = 1/2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot q = 4,5q$$

$$Q_2 = 2 \cdot 3 \cdot q = 6q$$

$$\begin{aligned} R &= Q_1 + 1/2 \cdot Q_2 \\ &= 4,5q + 3q = 7,5q \end{aligned}$$

M max terjadi di tengah bentang maka :

$$\begin{aligned} M &= R \cdot 1/2 L - Q_1 \cdot (1/3 \cdot d + 1/2 \cdot e) - Q_2/2 \cdot (1/4 \cdot e) \\ &= 7,5q \cdot 1/2 \cdot 8 - 4,5q \cdot (1/3 \cdot 3 + 1/2 \cdot 2) - 6q/2 \cdot (1/4 \cdot 2) \\ &= 30q - 9q - 1,5q = 19,5q \end{aligned}$$

$$q_{eq} = \frac{8 \cdot M}{L^2} = \frac{8 \cdot 19,5q}{8^2} = 2,44q$$

1). Beban gravitasi pada balok lantai atap

a). Beban mati untuk tiap m'

$$\text{-plat} = 1,0 \cdot 12 \cdot 2400 \cdot 2,44 = 702,72$$

$$\text{-plafon} = 1 \cdot (11+7) \cdot 2,44 = 43,92$$

$$\text{-balok} = 0,30 \cdot 0,48 \cdot 2400 = 345,6$$

$$= 1092,24 \text{ kg/m'}$$

beban mati ekivalen $q_{eq} = 1093 \text{ kg/m'}$

b). Beban hidup untuk tiap m'

$$-q_h \text{ atap} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$-\text{koefisien reduksi} = 0,6 \text{ (PMI 83)}$$

$$-\text{beban hidup ekivalen } q_{eq} = 100 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 2,44$$

$$= 146,4$$

$$\approx 147 \text{ kg/m'}$$

2). Beban gravitasi pada balok lantai 1 s/d lantai 9

a). Beban mati untuk tiap m'

$$-\text{plat} = 1 \cdot 0,12 \cdot 2400 \cdot 2,44 = 702,72$$

$$-\text{plafon} = 1 \cdot (11+7) \cdot 2,44 = 43,92$$

$$-\text{spesi} = 1 \cdot 2100 \cdot 0,02 \cdot 2,44 = 102,48$$

$$-\text{pasir} = 1 \cdot 1600 \cdot 0,05 \cdot 2,44 = 195,20$$

$$-\text{tegél} = 1 \cdot 2400 \cdot 0,02 \cdot 2,44 = 117,12$$

$$-\text{balok} = 0,30 \cdot 0,48 \cdot 2400 = 345,6$$

$$-\text{dinding} = 3,5 \cdot 250 = 875,0$$

$$q_{eq} = 2382,09 \text{ kg/m'}$$

$$\text{beban mati ekivalen } q_{eq} = 2383 \text{ kg/m'}$$

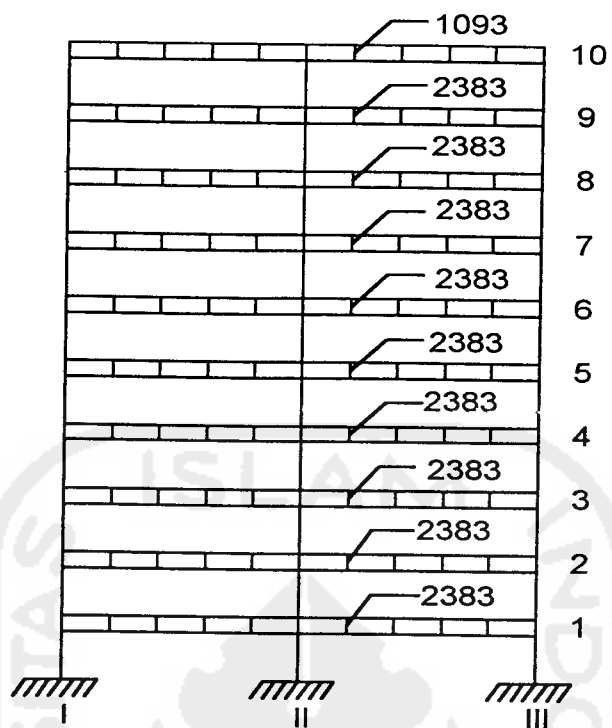
b). Beban hidup untuk tiap m'

$$-q_h \text{ lantai} = 250 \text{ kg/m}$$

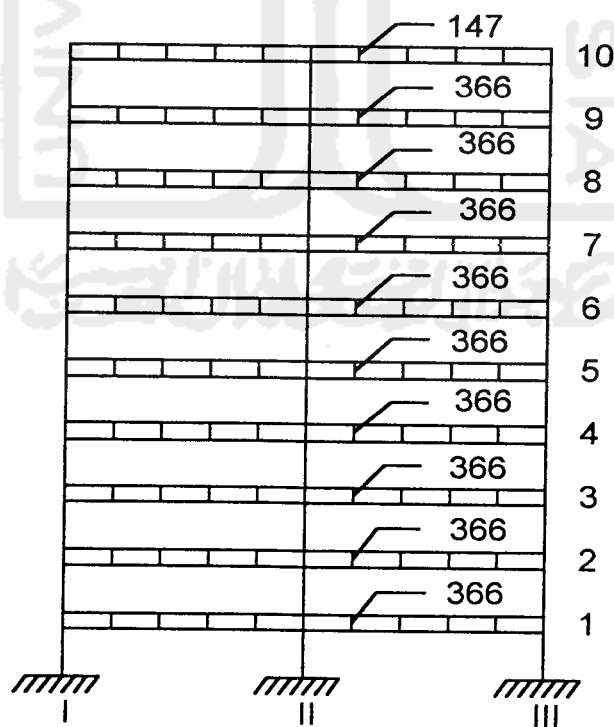
$$-\text{koefisien reduksi} = 0,6$$

$$-\text{beban hidup ekivalen} = 250 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 2,44$$

$$= 366 \text{ kg/m'}$$

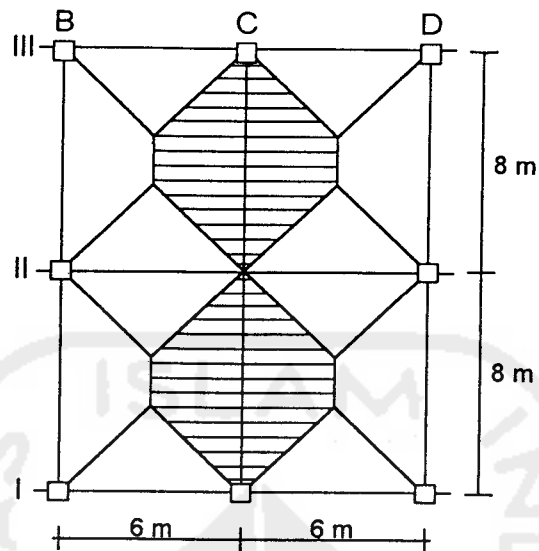


Gambar 4.11. Beban mati ekivalen portal A

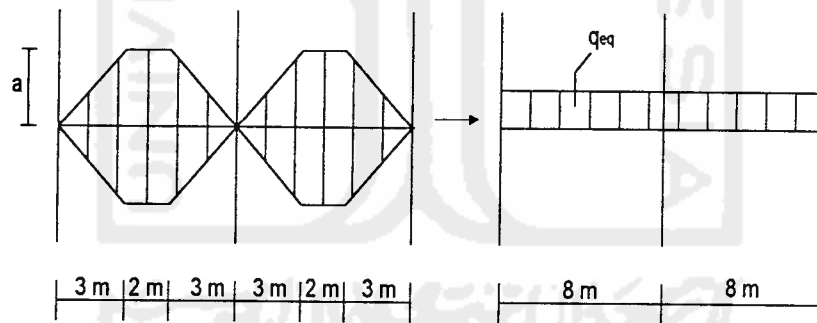


Gambar 4.12. Beban hidup ekivalen portal A

b. Portal C



Gambar 4.13. Pembagian beban merata pada Portal C



Gambar 4.14. Perhitungan beban merata ekivalen Portal C

Dari gambar 4.13. dapat di lihat bahwa luas lantai yang dipikul oleh portal C adalah dua kali luas lantai portal A sehingga $q_{eq} = 2 \cdot 2,44q = 4,88q$.

1). Beban gravitasi pada balok lantai atap

a). Beban mati untuk tiap m

$$-\text{plat} = 1.0,12.2400.4,88 = 1405,44$$

$$\text{-plafon} = 1.(11+7).4,88 = 87,84$$

$$\text{-balok} = 0,30.0,48.2400 = 345,6$$

$$= 1838,88 \text{ kg/m'}$$

$$\text{beban mati ekivalen } q_{eq} = 1839 \text{ kg/m'}$$

b). Beban hidup untuk tiap m'

$$\text{-}q_h \text{ atap} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{-koefisien reduksi} = 0,6 \text{ (PMI 83)}$$

$$\begin{aligned} \text{-beban hidup ekivalen } q_{eq} &= 100.1.0,6.4,88 \\ &= 292,80 \approx 293 \text{ kg/m'} \end{aligned}$$

2). Beban gravitasi pada balok lantai 1 s/d lantai 9

a). Beban mati untuk tiap m'

$$\text{-plat} = 1.0,12.2400.4,88 = 1405,44$$

$$\text{-plafon} = 1.(11+7).4,88 = 87,84$$

$$\text{-spesi} = 1.2100.0,02.4,88 = 204,96$$

$$\text{-pasir} = 1.1600.0,05.4,88 = 390,40$$

$$\text{-tegél} = 1.2400.0,02.4,88 = 234,24$$

$$\text{-balok} = 0,30.0,48.2400 = 345,6$$

$$\text{-dinding} = 3,5.250 = 875,0$$

$$q_{eq} = 3543,48 \text{ kg/m'}$$

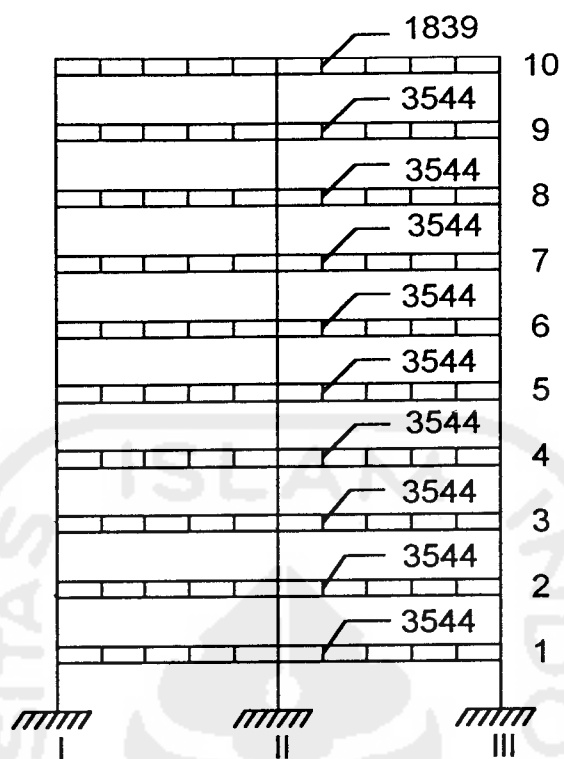
$$\text{beban mati ekivalen } q_{eq} = 3544 \text{ kg/m'}$$

b). Beban hidup untuk tiap m'

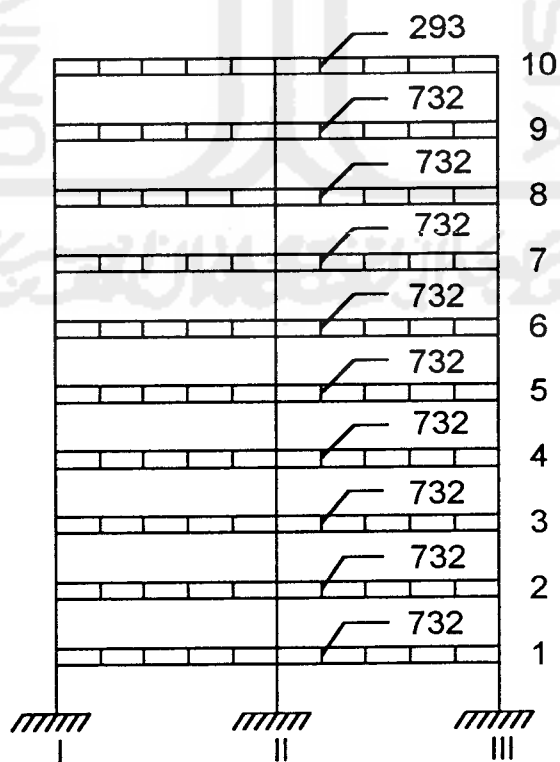
$$\text{-}q_h \text{ lantai} = 250 \text{ kg/m}$$

$$\text{-koefisien reduksi} = 0,6$$

$$\text{-beban hidup ekivalen} = 250 . 1 . 0,6 . 4,88 = 732 \text{ kg/m'}$$



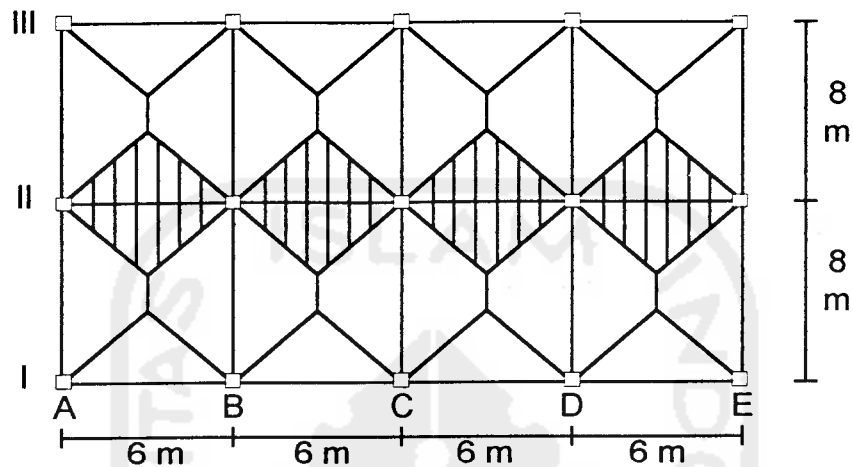
Gambar 4.15. Beban mati ekivalen portal C



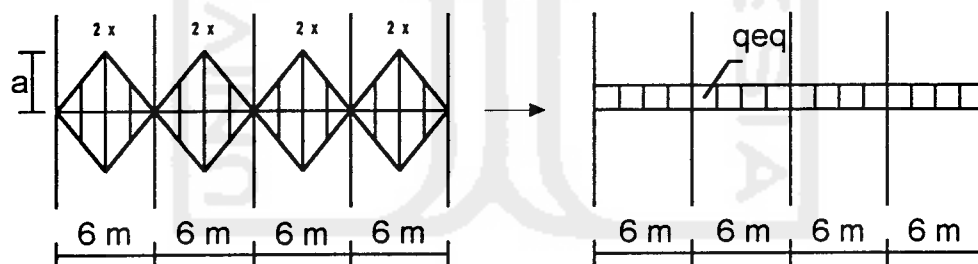
Gambar 4.16. Beban hidup ekivalen portal C

2. Beban merata ekuivalen untuk portal arah X

a. Portal II



Gambar 4.17. Pembagian beban merata pada portal II



Gambar 4.18. Perhitungan beban merata ekuivalen portal II

$$q_{eq} = 2/3 \cdot 2a$$

$$a = 1/2 \cdot q \cdot l = 1/2 \cdot q \cdot 6 = 3q$$

$$q_{eq} = 2/3 \cdot 2 \cdot 3q = 4q$$

1). Beban gravitasi pada balok rantai atap

a). Beban mati untuk tiap m'

$$\text{-plat} = 1,0,12,2400,4 = 1152$$

$$\text{-plafon} = 1.(11+7).4 = 72$$

$$\begin{aligned} \text{-balok} &= 0,30.0,48.2400 = 345,6 \\ &= 1569,60 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{beban mati ekivalen } q_{eq} = 1570 \text{ kg/m}^3$$

b). Beban hidup untuk tiap m'

$$\text{-}q_h \text{ atap} = 100 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{-koefisien reduksi} = 0,6 \text{ (PMI 83)}$$

$$\begin{aligned} \text{-beban hidup ekivalen } q_{eq} &= 100.1.0,6.4 \\ &= 240 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

2). Beban gravitasi pada balok lantai 1 s/d 9

a). Beban mati untuk tiap m'

$$\text{-plat} = 1.0,12.2400.4 = 1152$$

$$\text{-plafon} = 1.(11+7).4 = 72$$

$$\text{-spesi} = 1.2100.0,02.4 = 168$$

$$\text{-pasir} = 1.1600.0,05.4 = 320$$

$$\text{-tegél} = 1.2400.0,02.4 = 192$$

$$\begin{aligned} \text{-balok} &= 0,30.0,48.2400 = 345,6 \\ &= 3124,60 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Beban mati ekivalen } q_{eq} = 3125 \text{ kg/m}^3$$

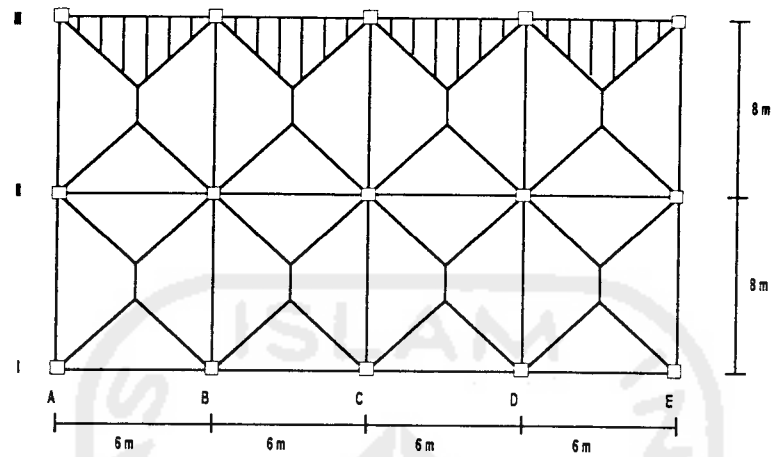
b). Beban hidup untuk tiap m'

$$\text{-}q_h \text{ lantai} = 250 \text{ kg/m}^3$$

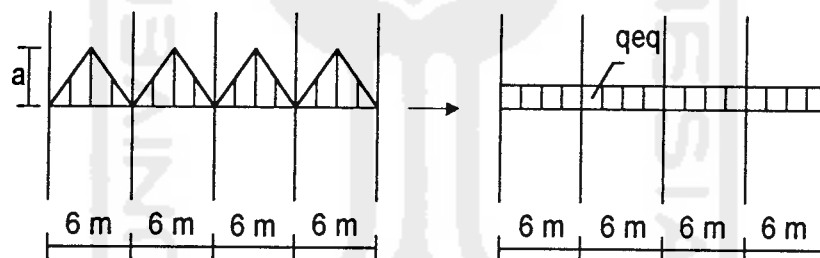
$$\text{-koefisien reduksi} = 0,6 \text{ (PMI 83)}$$

$$\begin{aligned} \text{-beban hidup ekivalen } q_{eq} &= 250.1.0,6.4 \\ &= 600 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

b. Portal III



Gambar 4.21. Pembagian beban merata pada portal III



Gambar 4.22. Perhitungan beban merata ekivalen portal III

$$q_{eq} = \frac{2}{3} \cdot a$$

$$a = \frac{1}{2} \cdot q \cdot l_x = \frac{1}{2} \cdot q \cdot 6 = 3q$$

$$q_{eq} = \frac{2}{3} \cdot 3q = 2q$$

1). Beban gravitasi pada balok lantai atap

a). Beban mati untuk tiap m'

$$-plat = 1.0,12.2400.2 = 576$$

$$\text{-plafon} = 1 \cdot (11+7) \cdot 2 = 36$$

$$\begin{aligned} \text{-balok} &= 0,30 \cdot 0,48 \cdot 2400 = 345,6 \\ &= 957,60 \text{ kg/m}^{\prime} \end{aligned}$$

$$\text{beban mati ekivalen } q_{eq} = 958 \text{ kg/m}^{\prime}$$

b). Beban hidup untuk tiap m'

$$\text{-}q_h \text{ atap} = 100 \text{ kg/m}^{\prime}$$

$$\text{-koefisien reduksi} = 0,6 \text{ (PMI 83)}$$

$$\begin{aligned} \text{-beban hidup ekivalen } q_{eq} &= 100 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 2 \\ &= 120 \text{ kg/m}^{\prime} \end{aligned}$$

2). Beban gravitasi pada balok lantai 1 s/d 9

a). Beban mati untuk tiap m'

$$\text{-plat} = 1 \cdot 0,12 \cdot 2400 \cdot 2 = 576$$

$$\text{-plafon} = 1 \cdot (11+7) \cdot 2 = 36$$

$$\text{-spesi} = 1 \cdot 2100 \cdot 0,02 \cdot 2 = 84$$

$$\text{-pasir} = 1 \cdot 1600 \cdot 0,05 \cdot 2 = 160$$

$$\text{-tegél} = 1 \cdot 2400 \cdot 0,02 \cdot 2 = 96$$

$$\text{-balok} = 0,30 \cdot 0,48 \cdot 2400 = 345,6$$

$$\text{-dinding} = 3,5 \cdot 250 = 875$$

$$= 2172,60 \text{ kg/m}^{\prime}$$

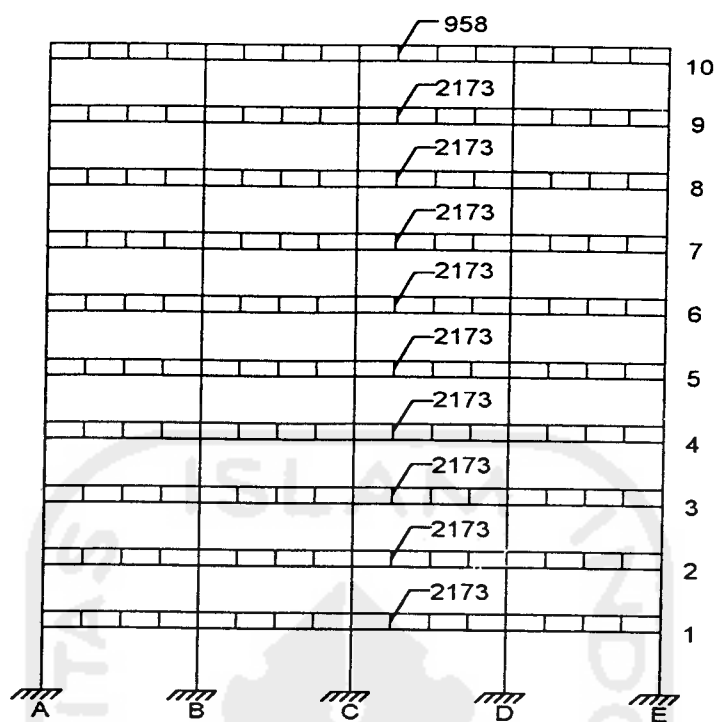
$$\text{beban mati ekivalen } q_{eq} = 2173 \text{ kg/m}^{\prime}$$

b). Beban hidup untuk tiap m'

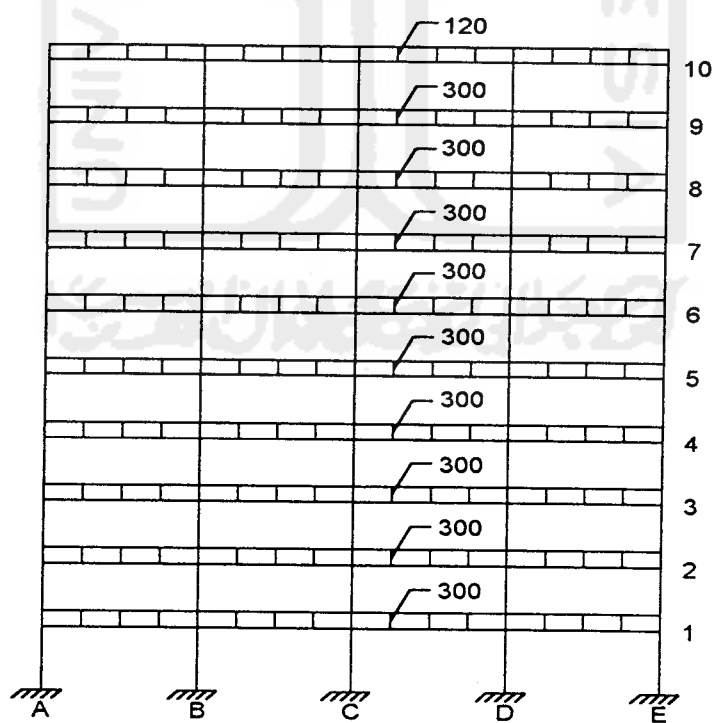
$$\text{-}q_h \text{ lantai} = 250 \text{ kg/m}^{\prime}$$

$$\text{-koefisien reduksi} = 0,6 \text{ (PMI 83)}$$

$$\text{-beban hidup ekivalen } q_{eq} = 250 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 2 = 300 \text{ kg/m}^{\prime}$$



Gambar 4.23. Beban mati ekivalen Portal III



Gambar 4.24. Beban hidup ekivalen Portal III

4.3 Gaya-gaya Dalam Portal

Hasil analisis gaya-gaya dalam portal akibat beban mati, beban hidup, beban gempa serta kombinasinya diperoleh dari perhitungan dengan program komputer SAP-90. Dikarenakan hasil yang diperoleh tersebut masih dalam satuan kg-m, maka dilakukan konversi hasil dari kg-m menjadi kN-m. Perhitungan yang dilakukan pada tugas akhir ini hanya mengambil beberapa titik dalam portal yang dianggap cukup mewakili analisis secara keseluruhan, input data dan output SAP 90 (dalam kg-m) dapat dilihat pada lampiran A.

4.4 Momen Rencana dan Penulangan Lentur Balok

4.4.1 Momen rencana balok

Momen ultimit rencana balok dihitung berdasarkan ke tiga tipe pembebanan di bawah ini menurut SKSNI 3.2.2.1991.

Tipe pembebanan 1, $M_u = 1,2 MD + 1,6 ML$

Tipe pembebanan 2, $M_u = 1,05.(MD + 0,6 ML \pm ME)$

Tipe pembebanan 3, $M_u = 0,9.(D \pm E)$

Hasil perhitungan dengan ketiga tipe pembebanan tersebut dapat dilihat pada tabel

4.5. Momen ultimit maksimum dari ketiga macam tipe pembebananlah yang diambil sebagai momen rencana balok.

Tabel 4.5. Momen rencana ultimit balok

BALOK	M_D (kN-m)	M_L (kN-m)	M. Gempa ki (kN-m)	M. Gempa ka (kN-m)	$1,2M_D + 1,6M_L$	$0,9 (M_D \pm M_E)$		$1,05 (M_D + 0,6M_L \pm M_E)$	
						ki (kN-m)	ka (kN-m)	ki (kN-m)	ka (kN-m)
151	0	-75,920	-9,289	-586,994	-105,965	-596,622	-595,585	530,785	-701,920
	3.0	40,663	4,683	-16,016	56,289	22,182	22,207	62,464	28,829
	6.0	-72,670	-7,823	-554,962	-99,721	434,062	433,074	-663,951	501,486
152	0	-76,985	-8,866	-537,056	-106,569	-552,637	-552,230	477,492	-650,333
	3.0	38,384	4,434	0,419	53,155	34,923	34,914	42,656	43,537
	6.0	-76,163	-8,744	-537,895	-105,385	415,559	415,134	-650,273	479,314
153	0	-76,163	-8,744	-537,432	-105,385	-551,810	-552,235	478,828	649,787
	3.0	38,384	4,434	0,662	53,155	33,958	33,950	43,792	42,401
	6.0	-76,985	-8,866	-536,107	-106,569	412,802	413,210	-649,337	476,496
156	0	-105,073	-17,717	-536,830	-154,435	-577,712	-577,713	442,183	-685,160
	3.0	52,447	8,865	-0,415	77,120	47,576	47,575	60,219	61,089
	6.0	-103,972	-17,510	-537,659	-152,782	390,318	390,318	-684,744	444,340
157	0	-103,972	-17,510	-537,196	-152,782	-577,051	-577,051	443,854	-684,257
	3.0	52,447	8,865	0,657	77,120	46,611	46,611	61,344	59,964
	6.0	-105,073	-17,717	-535,881	-154,435	387,727	387,727	-684,163	441,187
163	0	-139,863	-18,389	-445,384	-207,696	-526,722	-526,722	309,212	-626,094
	4.0	77,036	10,022	9,587	108,479	60,705	60,705	97,268	77,136
	8.0	-147,755	-18,994	-426,211	-207,696	250,610	250,610	-614,630	280,413
165	0	-198,019	-36,701	-266,395	-296,345	-417,972	-417,972	-510,756	48,673
	4.0	108,80	20,035	5,625	162,616	92,857	92,857	120,956	132,769
	8.0	-208,239	-38,083	-255,144	-310,819	42,215	42,215	25,259	-510,544
170	0	-208,239	-38,083	-255,145	-310,819	-417,045	-417,045	25,259	-150,545
	4.0	108,800	20,035	-5,626	162,616	102,983	102,983	120,955	132,769
	8.0	-198,019	-36,701	-266,396	-296,345	61,539	61,539	-510,758	48,672

Tabel 4.5. (Lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
173	0	-83,849	-10,665	590,743	-590,743	-117,684	456,205	-607,133	525,520	-715,041
	3.0	40,213	4,632	16,90	-16,908	55,666	20,974	21,004	62,895	27,423
	6.0	65,641	-6,540	-556,927	556,927	-89,247	-442,157	460,311	-519,971	549,576
174	0	-76,492	-8,805	546,631	-546,631	-105,878	423,125	-460,811	488,099	-659,826
	3.0	38,663	4,480	0,294	-0,294	53,564	34,794	34,758	43,465	43,416
	6.0	76,098	-8,713	-546,625	546,625	-105,257	-423,474	460,451	-499,543	548,370
175	0	-76,098	-8,713	546,208	-546,208	-105,257	423,099	-560,075	488,126	-658,910
	3.0	38,663	4,480	0,216	-0,216	53,564	43,234	43,191	43,647	34,191
	6.0	-76,492	-8,805	-545,775	545,775	-105,878	-560,040	422,355	-658,928	487,200
178	0	-104,362	-17,587	546,250	-546,250	-153,374	397,699	-585,551	-452,903	-694,222
	3.0	52,861	8,952	0,023	-0,023	77,757	47,554	47,554	61,119	61,119
	6.0	-103,856	-17,464	-546,204	546,20	-152,569	-585,054	398,113	693,565	453,463
179	0	-103,856	-17,464	545,787	-545,787	-152,569	397,738	-584,679	453,025	-693,127
	3.0	52,861	8,952	0,196	-0,196	77,757	47,398	47,398	61,350	60,938
	6.0	-104,362	-17,587	-545,394	545,394	-153,374	-584,780	396,929	-693,324	452,004
185	0	-147,350	-19,553	514,747	-514,747	-208,106	330,657	-595,887	373,448	-707,520
	4.0	76,521	9,959	10,617	-10,617	107,759	78,424	59,313	97,769	75,473
	8.0	-141,298	-17,957	-494,512	494,512	-198,288	-572,229	317,893	-678,913	359,562
187	0	-208,908	-38,916	337,571	-337,571	-312,956	-279,161	-491,831	110,579	-598,320
	4.0	108,086	19,908	6,403	-6,403	161,556	95,548	91,515	132,755	119,310
	8.0	-198,778	-36,122	-324,766	324,766	-296,329	-91,214	113,389	-572,478	109,530
192	0	-198,778	-36,122	324,766	-324,766	-296,329	-266,587	-471,190	109,531	-572,479
	4.0	108,086	19,908	-6,403	6,403	161,556	99,006	103,040	119,309	132,755
	8.0	-208,908	-38,916	-337,571	337,571	-312,956	-96,872	115,798	-598,321	110,580

Tabel 4.5. (Lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
195	0	-89,823	-11,773	-579,071	579,066	-126,624	-602,005	440,323	-709,756	506,293
	3.0	40,263	4,644	-16,610	16,611	55,730	21,283	51,194	62,643	27,803
	6.0	-59,570	5,440	545,844	-545,844	-80,183	437,647	-544,873	507,161	-639,112
196	0	-76,637	-8,826	544,067	-544,067	-106,086	-420,687	558,634	485,241	-657,300
	3.0	38,773	4,504	0,089	-0,089	53,734	34,816	34,976	43,456	43,642
	6.0	-75,733	-8,644	-543,889	543,889	-104,710	557,660	-421,340	-656,049	486,118
197	0	-75,733	-8,644	-543,489	543,489	-104,710	-557,300	420,980	-655,629	485,698
	3.0	38,773	4,504	0,123	0,123	53,734	34,785	35,006	43,420	43,678
	6.0	-76,637	-8,826	543,243	-543,243	-106,086	419,945	-557,892	484,376	-656,434
200	0	-104,537	-17,618	-543,556	543,556	-153,633	-583,284	395,117	-691,597	449,871
	3.0	53,037	8,996	-0,121	0,121	78,039	47,625	47,842	61,230	61,484
	6.0	-103,327	-17,345	543,315	-543,315	-151,745	395,989	-581,978	451,060	-689,901
201	0	-103,327	-17,345	542,914	-542,914	-151,745	-395,628	581,617	450,639	-689,480
	3.0	53,037	8,996	0,091	-0,091	78,039	47,652	47,815	61,262	61,452
	6.0	-104,537	-17,618	-542,733	542,733	-153,633	582,543	-394,376	-690,733	449,006
207	0	-151,659	-20,279	-505,547	505,547	-214,437	-591,485	318,499	-702,842	358,807
	4.0	76,642	9,978	-10,562	10,562	107,934	59,471	78,484	75,669	97,850
	6.0	-136,748	-17,194	518,423	-518,423	-191,607	343,508	-589,654	385,727	-694,562
209	0	-215,281	-40,271	-344,192	344,192	-322,771	-503,525	116,019	-612,817	109,985
	4.0	108,260	19,944	-6,436	6,436	161,823	91,642	103,226	119,480	132,995
	8.0	-192,056	-34,696	331,320	-331,320	-285,981	125,337	-471,039	124,368	-571,404
214	0	-192,059	-34,696	-331,321	331,321	-285,981	-471,039	125,338	-571,404	124,369
	4.0	108,260	19,944	6,436	-6,436	161,823	103,226	91,642	132,996	119,480
	8.0	-215,281	-40,271	344,193	-344,193	-322,771	116,021	-503,526	109,987	-612,818

4.4.2 Penulangan lentur balok

1. Balok tumpuan 151

a. Mu- tumpuan = 701,920 kN-m.

$h = 600 \text{ mm}$,

$b = 300 \text{ mm}$,

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$, dengan $\beta_1 = 0,85$ untuk mutu beton $f_c' \leq 30 \text{ MPa}$,

$f_y = 400 \text{ MPa}$.

Untuk beton dan baja dengan mutu seperti diatas maka :

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1)}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85)}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400}\end{aligned}$$

$$\rho_b = 0,0325$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0325\end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,0244$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} \\ &= 0,0035\end{aligned}$$

$$\text{Diambil } \rho = 0,5 \cdot \rho_b$$

$$= 0,5 \cdot 0,0325$$

$$\rho = 0,0163$$

Diasumsikan $d = 600 - 100 = 500$ mm, dimana 100 adalah jarak pusat berat tulangan baja tarik terhadap tepi beton dengan memperhitungkan kemungkinan penggunaan 2 lapis tulangan baja tarik.

Luas tulangan baja tarik, $A_s = A_s - A_s'$

$$= \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0163 \cdot 300 \cdot 500$$

$$A_s = 2445 \text{ mm}^2$$

$$M_{n1} = A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2),$$

$$\text{dimana } a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \text{ sehingga,}$$

$$\begin{aligned} M_{n1} &= A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{A_s \cdot f_y}{2 \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot b} \right) \\ &= 2445 \cdot 400 \cdot \left(500 - \frac{2445 \cdot 400}{2 \cdot 0,85 \cdot 30 \cdot 300} \right) \cdot (10^{-6}) \end{aligned}$$

$$M_{n1} = 426,4847 \text{ kN-m}$$

$$\phi M_{n1} = 0,8 \cdot 426,4847$$

$$= 341,1878 \text{ kN-m} < M_u = 701,920 \text{ kN-m}$$

Dipakai tulangan rangkap.

Sisa momen yang harus dipikul oleh balok adalah :

$$M_u / \phi - M_n$$

$$\frac{701,920}{0,8} - 426,4847 = 450,9153 \text{ kN-m}$$

Kontrol tulangan desak.

$$\rho - \rho' \geq \frac{(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta \cdot d')}{f_y \cdot d} \cdot \frac{600}{600 - f_y}, d' \text{ diambil} = 50 \text{ mm.}$$

$$= \frac{(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 50)}{400 \cdot 500} \cdot \frac{600}{600 - 400}$$

$\rho - \rho' = 0,0163 = 0,0163$, baja desak sudah leleh ($f_y = f_s$).

$$M_{n2} = A_s' \cdot f_y \cdot (d - d')$$

$$450,9153 \cdot 10^6 = A_s' \cdot 400 \cdot (500 - 50)$$

$$A_s' = 2505,0850 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_{s1} + A_s'$$

$$= 2445 + 2505,0850$$

$$A_s = 4950,085 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan tarik 8D-29 dengan $A_s = 5284,160 \text{ mm}^2$.

Digunakan tulangan desak 3D-36 dengan $A_s' = 3053,628 \text{ mm}^2$.

$$\text{b. } M_u^+ \text{ tumpuan} = 530,785 \text{ kN-m}$$

Dengan mutu bahan yang sama, rasio tulangan yang sama, maka diperoleh :

$$A_{s1} = 2445 \text{ mm}^2$$

$$M_{n1} = 426,4847 \text{ kN-m}$$

$$\phi M_{n1} = 341,1878 \text{ kN-m}$$

$$\phi M_{n1} < M_u = 530,785 \text{ kN-m.}$$

Dipakai tulangan rangkap.

Sisa momen yang harus dipikul oleh balok adalah :

$$M_u / \phi - M_n$$

$$\frac{530,785}{0,8} - 426,4847 = 236,9966 \text{ kN-m}$$

$$\rho - \rho' = 0,0163$$

$$M_{n2} = A_s' \cdot f_y \cdot (d - d')$$

$$236,9966 \cdot 10^{-6} = A_s' \cdot 400 \cdot (500 - 50)$$

$$A_s' = 1316,6478 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_{s1} + A_s'$$

$$= 2445 + 1316,6478$$

$$A_s = 3761,6478 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan tarik 6D-29 dengan $A_s = 3963,1191 \text{ mm}^2$ dan tulangan desak 2D-29 dengan $A_s' = 1321,0397 \text{ mm}^2$.

Tulangan tumpuan terpasang diambil harga maksimum yaitu :

$$\text{Tulangan tumpuan atas} = 8D-29$$

$$\text{Tulangan tumpuan bawah} = 3D-36$$

c. Cek kapasitas momen tahanan balok tumpuan 151

Untuk mengecek kapasitas momen tahanan balok 151 digunakan luas tulangan yang diperoleh dari perhitungan pertama yaitu 8D-29 dan 3D-36, sehingga apabila dalam perhitungan dibawah ini ternyata hasil yang diperoleh telah memenuhi persyaratan dan aman, maka luas tulangan yang diperoleh pada perhitungan pertama dapat digunakan.

$$d_{\text{aktual}} = h - D_{\text{tulangan utama}} - P - D_{\text{senggang}} - (\text{Titik berat 2 lapis tulangan}).$$

Digunakan senggang D_{10} dan jarak antar 2 lapis tulangan adalah 25 mm.

$$d_{\text{aktual}} = 600 - 29 - 40 - 10 - (12,5)$$

$$= 508,500 \text{ mm} > d = 500 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + 1/2 \cdot 36 = 68 \text{ mm}$$

$$A_{s2} = A_s'$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

$$A_{s1} = A_s - A_{s2}$$

$$= A_s - A_s'$$

$$= 5284,160 - 3053,628$$

$$A_{s1} = 2230,53 \text{ mm}^2$$

Letak garis netral, $c = a / \beta_1$,

$$\text{dimana } a = \frac{A_{s1} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$= \frac{2230,53 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 300}$$

$$a = 116,629 \text{ mm}$$

$$c = \frac{116,629}{0,85} = 137,211 \text{ mm}$$

Pemeriksaan regangan untuk mengecek kembali asumsi yang digunakan, yang berarti bahwa kedua penulangan baik tulangan desak maupun tulangan tarik telah luluh sebelum beton hancur. Regangan yang diperhitungkan terjadi pada saat dicapai momen ultimit adalah :

$$\epsilon_s' = \frac{c - d'}{c} \cdot (0,003) = \frac{(137,211 - 68) \cdot 0,003}{137,211} = 0,0015$$

$$\epsilon_s = \frac{d - c}{c} \cdot (0,003) = \frac{(508,500 - 137,211) \cdot 0,003}{137,211} = 0,0081$$

$$\text{Untuk baja mutu 400, } \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{2 \cdot 10^5} = 0,0020$$

Karena $\epsilon_s > \epsilon_y > \epsilon_s'$ maka tulangan baja tarik telah meluluh tetapi tulangan baja tekan belum meluluh. Dengan demikian ternyata anggapan pada langkah awal tidak benar, oleh karena itu maka letak garis netral c dicari kembali dengan persamaan :

$$c = \pm \sqrt{(Q + R^2)} - R \quad (\text{Istimawan Dipohusodo, 1994})$$

dengan

$$R = \frac{600 \cdot A_s' - A_s \cdot f_y}{1,7 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1} \text{ dan}$$

$$Q = \frac{600 \cdot d' \cdot A_s'}{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1}$$

Sehingga

$$R = \frac{600 \cdot 3053,628 - 5284,160 \cdot 400}{1,7 \cdot 30 \cdot 300 \cdot 0,85} = -21,645$$

$$Q = \frac{600 \cdot 68 \cdot 3053,628}{0,85 \cdot 30 \cdot 300 \cdot 0,85} = 19160,019$$

$$\text{didapat letak garis netral, } c = \sqrt{(19160,019 + 21,645^2)} + 21,645$$

$$c = 161,747 \text{ mm}$$

Tegangan pada baja desak,

$$f_s' = \frac{(c - d')}{c} \cdot (600)$$

$$f_s' = \frac{(161,747 - 68)}{161,747} \cdot (600) = 347,754 \text{ MPa} < f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$= 0,85 \cdot 161,747$$

$$= 137,485 \text{ mm}$$

$$ND_1 = (0,85 \cdot f_c') \cdot a \cdot b$$

$$= (0,85 \cdot 30) \cdot 137,485 \cdot 300 \cdot (10^{-3}) = 1051,760 \text{ kN}$$

$$ND_2 = A_s' \cdot f_s'$$

$$= 3053,628 \cdot 347,754 \cdot (10^{-3}) = 1061,902 \text{ kN}$$

$$ND = ND_1 + ND_2$$

$$= 1051,760 + 1061,902$$

$$ND = 2113,662 \text{ kN}$$

$$NT = A_s \cdot f_y$$

$$= 5284,16 \cdot 400 \cdot (10^{-3}) = 2113,664 \text{ kN}$$

$$ND = NT$$

$$Mn_1 = ND_1 \cdot (Z_1) = ND_1 \cdot (d - a/2)$$

$$= 1051,760 \cdot (508,5 - 137,485/2) \cdot (10^{-3})$$

$$Mn_1 = 462,520 \text{ kN-m}$$

$$Mn_2 = ND_2 \cdot (Z_2) = ND_2 \cdot (d - d')$$

$$= 1061,902 \cdot (508,5 - 68) \cdot (10^{-3})$$

$$Mn_2 = 467,768 \text{ kN-m}$$

$$Mn = Mn_1 + Mn_2$$

$$= 462,520 + 467,768$$

$$Mn = 930,288 \text{ kN-m}$$

$$M_R = \phi \cdot Mn$$

$$= 0,8 \cdot 930,288 = 744,230 \text{ kN-m} > Mu = 701,920 \text{ kN-m}$$

d. Pemeriksaan daktilitas

Pemeriksaan syarat daktilitas dengan membuktikan bahwa rasio penulangan pasangan kopel gaya beton desak dan baja tarik tidak melampaui nilai max yaitu 0,75 pb. Oleh karena itu A_{s1} efektif yang berlaku dihitung ulang kembali berdasarkan keadaan bahwa tegangan pada tulangan baja desak (f_s') belum mencapai f_y .

$$NT_2 = ND_2$$

$$As_2 \cdot fy = As' \cdot fs'$$

$$As_2 = \frac{As' \cdot fs'}{fy} = \frac{3053,628 \cdot 347,754}{400} = 2654,778 \text{ mm}^2$$

$$\text{Diperoleh } As_1 = As - As_2$$

$$= 5284,160 - 2654,778$$

$$As_1 = 2629,382 \text{ mm}^2$$

Untuk pasangan kopel beton desak dengan tulangan baja tarik rasio penulangannya adalah :

$$\rho = \frac{As_1}{b \cdot d} = \frac{2629,382}{300 \cdot 508,5} = 0,0172$$

$$\rho = 0,0172 < \rho_{\max} = 0,0244$$

$$\rho = 0,0172 > \rho_{\min} = 0,0035$$

Luas tulangan balok yang digunakan ternyata memenuhi persyaratan daktilitas atau dengan kata lain balok tersebut termasuk kategori balok dengan penulangan liat. Dalam hal ini penulangan yang terpakai pada balok 151 adalah 8D-29 pada tulangan tumpuan atas dan 3D-36 pada tulangan tumpuan bawah karena telah memenuhi kapasitas momen tahanan ($M_R = \phi \cdot M_n$) untuk kondisi layan. Tetapi dalam perhitungan kuat momen rencana untuk kolom bukan kapasitas momen tahanan yang digunakan, namun kuat momen lentur nominal aktual balok berdasarkan luas tulangan sebenarnya yang terpasang (M_n) dengan memperhitungkan juga faktor *strain hardening* (ϕ_0) seperti yang akan dijelaskan pada sub bab berikutnya dibawah. Oleh karena itu nilai M_n tidak direduksi dengan faktor ϕ dan hal ini sesuai dengan

prinsip *strong column weak beam*, dimana sendi plastis dipaksa terjadi pada balok (lihat gambar 3.2 pada bab III). Apabila dalam perhitungan kuat momen rencana untuk kolom, momen yang digunakan adalah momen tahanan (M_R), berarti masih tersisa kekuatan sebenarnya sebesar $\pm 25 \%$ dari kapasitas momen nominal aktual balok berdasarkan luas tulangan sebenarnya yang terpasang. Momen nominal aktual balok ini bisa juga disebut momen ultimit atau momen plastis. Sehubungan dengan proporsi penulangan memanjang, kuat momen positif pada sisi muka join (tumpuan) tidak boleh kurang dari $1/2$ kuat momen negatif yang disediakan pada sisi muka join tersebut dan pada sembarang penampang dari balok struktur tersebut kuat momen positif maupun momen negatif tidak boleh kurang dari $1/4$ kuat momen maksimum yang terdapat pada kedua ujung join atau tumpuan tersebut (SK SNI T-15-1991-03). Perhitungan momen nominal aktual balok lainnya dilakukan dengan cara yang sama dan dapat dilihat pada tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4.6. Tulangan dan momen nominal aktual balok

Balok	M^- (kN-m)	TULANGAN ATAS		M^+ (kN-m)	TULANGAN BAWAH		$M_{nak, b}$ (kN-m)	
		Perlu (mm ²)	Terpasang (mm ²)		Perlu (mm ²)	Terpasang (mm ²)	Negatif	Positif
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
151	701,920	4950,085	8D ₋₂₉ = 5284,160	520,785	2505,085	3D ₋₃₆ = 3053,628	930,288	467,768
152	650,333	4591,844	7D ₋₂₉ = 4623,640	479,314	2146,844	3D ₋₃₆ = 3053,628	829,648	467,768
153	649,787	4588,050	7D ₋₂₉ = 4623,640	478,828	2143,050	3D ₋₃₆ = 3052,628	829,648	467,768
156	685,160	4833,694	8D ₋₂₈ = 4926,016	444,340	2388,694	3D ₋₃₆ = 3052,628	874,290	467,768

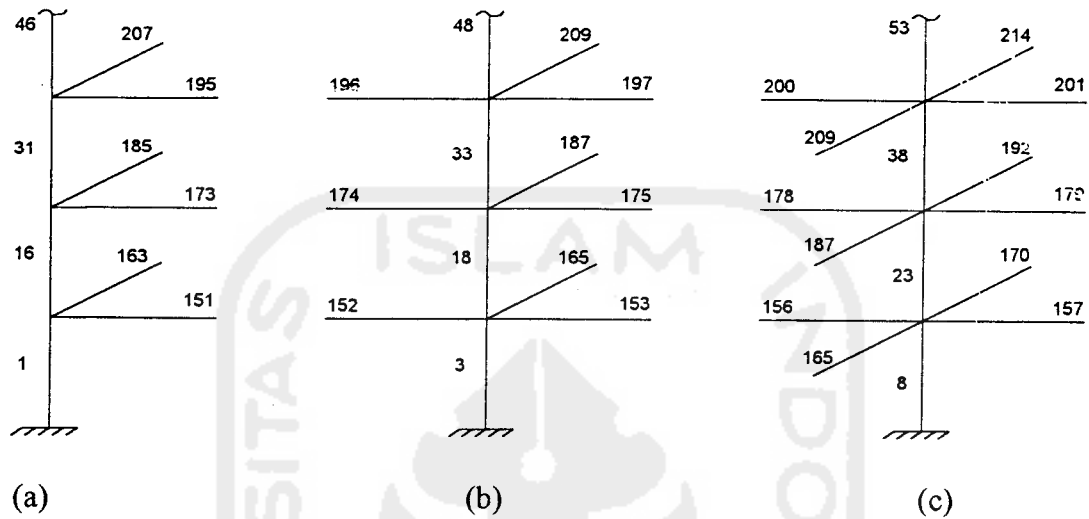
Tabel 4.6. Tulangan dan momen nominal aktual balok (lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
157	684,257	4827,428	8D ₋₂₈ = 4926,016	443,854	2382,428	3D ₋₃₆ = 3053,628	874,290	467,768
163	626,094	4423,517	7D ₋₂₉ = 4623,640	309,212	1978,517	3D ₋₃₆ = 3053,628	829,648	467,768
165	510,756	3622,556	6D ₋₂₉ = 3963,119	162,616	1177,556	4D ₋₂₈ = 2463,009	712,984	384,557
170	510,758	3622,571	6D ₋₂₉ = 3963,119	162,616	1177,556	4D ₋₂₈ = 2463,009	712,984	384,557
173	715,041	5041,203	8D ₋₂₉ = 5284,160	549,576	2596,203	3D ₋₃₆ = 3053,628	930,288	467,768
174	659,826	4657,766	8D ₋₂₈ = 4926,016	548,370	2212,766	3D ₋₃₆ = 3053,628	874,290	467,768
175	658,928	4651,529	8D ₋₂₈ = 4926,016	488,126	2206,529	3D ₋₃₆ = 3053,628	874,290	467,768
178	694,222	4896,627	8D ₋₂₈ = 4926,016	453,463	2451,627	3D ₋₃₆ = 3053,628	874,290	467,768
179	693,364	4890,668	8D ₋₂₈ = 4926,016	453,025	2445,668	3D ₋₃₆ = 3053,628	874,290	467,768
185	707,520	4988,974	8D ₋₂₉ = 5284,160	373,448	2543,974	3D ₋₃₆ = 3053,628	930,288	467,768
187	598,320	4230,639	7D ₋₂₈ = 4310,264	161,556	1785,639	4D ₋₂₈ = 2463,008	778,405	384,557
192	598,321	4230,650	7D ₋₂₈ = 4310,264	161,556	1785,650	4D ₋₂₈ = 2463,008	778,405	384,557
195	709,756	5004,502	8D ₋₂₉ = 5284,160	507,161	2559,502	3D ₋₃₆ = 3053,628	930,288	467,768
196	657,300	4640,224	8D ₋₂₈ = 4926,016	486,118	2195,224	3D ₋₃₆ = 3053,628	874,290	467,768
197	656,434	4634,210	8D ₋₂₈ = 4926,016	485,698	2189,210	3D ₋₃₆ = 3053,628	874,290	467,768
200	691,597	4878,398	8D ₋₂₈ = 4926,016	451,060	2433,398	3D ₋₃₆ = 3053,628	874,290	467,768
201	690,733	4872,398	8D ₋₂₈ = 4926,016	450,639	2427,398	3D ₋₃₆ = 3053,628	874,290	467,768
207	702,842	4956,488	8D ₋₂₉ = 5284,160	385,652	2511,488	3D ₋₃₆ = 3053,628	930,288	467,768
209	612,817	4331,317	7D ₋₂₉ = 4623,640	161,823	1886,317	4D ₋₂₈ = 2463,009	829,648	384,557
214	612,818	4331,322	7D ₋₂₉ = 4623,640	161,823	1886,322	4D ₋₂₈ = 2463,009	829,648	384,557

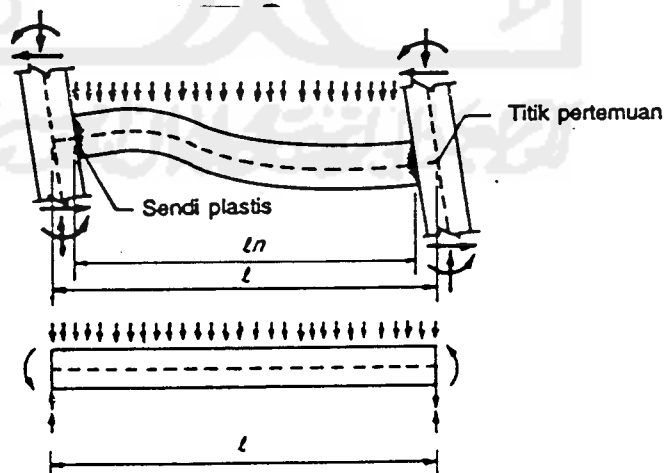
Keterangan tabel 4.6 :

1. Kolom (1) adalah nomor elemen balok (lihat gambar 4.25).
2. Kolom (2) dan (5) momen ultimit yang terjadi pada tumpuan, diperoleh dari hasil analisis struktur dengan program komputer SAP-90.
3. Kolom (3), (4), (6) dan (7) As perlu dan As terpasang.
4. Kolom (8) dan (9) momen nominal aktual berdasarkan luas tulangan sebenarnya yang terpasang atau momen plastis yang terjadi pada tumpuan yang bersebelahan dengan kedua sisi muka kolom (lihat gambar 3.2 pada bab III diatas).

4.5 Penulangan Kolom Akibat Beban Lentur Dan Aksial



Gambar 4.25. Kolom eksterior (a) dan (b) serta kolom interior (c)



Gambar 4.26. Momen rencana kolom akibat terjadinya sendi plastis pada ujung-ujung balok

4.5.1 Momen rencana dan momen maksimum kolom

Momen rencana kolom dihitung berdasar pada anggapan bahwa sendi plastis terjadi pada muka ujung-ujung balok pada pertemuan antara balok dan kolom, yang mana dalam hal ini momen kapasitas balok diperhitungkan sebagai momen rencana yang bekerja pada kolom setelah sebelumnya dikalikan dengan beberapa faktor seperti yang terdapat pada persamaan (3.2) dan (3.3).

Momen rencana kolom dari persamaan (3.2) dapat juga ditulis,

$$M_{u, k} = \frac{h}{h_n} \cdot 0,7 \cdot \omega_d \cdot \phi_o \cdot \alpha_k \cdot \left[\frac{l_{ki}}{l_{nki}} \cdot M_{nak, b_{ki}} + \frac{l_{ka}}{l_{nka}} \cdot M_{nak, b_{ka}} \right] \quad (4.1)$$

dimana,

$$\alpha_k = \frac{M_{E, k_{lti + l atas atau l bawah}}}{M_{E, k_{lti bawah}} + (M_{E, k_{lti + l atas atau l bawah}})} \quad (4.2)$$

dengan

h = tinggi kolom dari titik pertemuan ke titik pertemuan,

h_n = tinggi bersih kolom,

l_{ki} = bentang balok sebelah kiri, diukur dari titik pertemuan ke titik pertemuan,

l_{nki} = bentang bersih balok sebelah kiri,

l_{ka} = bentang balok sebelah kanan, diukur dari titik pertemuan ke titik pertemuan,

l_{nka} = bentang bersih balok sebelah kanan,

M_{nak} = kuat momen lentur nominal aktual balok yang dihitung terhadap luas tulangan yang sebenarnya ada pada penampang balok yang ditinjau.

Faktor pembesar dinamis khusus untuk lantai atas dan lantai 1 (dasar) diambil sebesar 1 ($\omega_d = 1$) karena sendi plastis diijinkan terjadi, sedangkan faktor h/h_n adalah untuk menggeser perhitungan momen kolom pada muka balok.

Dalam tugas akhir ini karena gempa arah X maupun arah Y ditahan oleh struktur portal rangka terbuka, maka menurut Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987 (SKBI-1.3.53.DPU, 1987), gaya aksial dan momen rencana untuk kolom harus diperhitungkan pula terhadap 30 % arah tegak lurusnya. Oleh karena itu untuk menyederhanakan perhitungan pada tugas akhir ini, 30 % arah tegak lurus dari sumbu utama yang ditinjau dijumlahkan secara aljabar agar tetap dapat digunakan rumus-rumus uniaksial yang ada.

1. Momen rencana kolom

a. Momen rencana kolom lantai 1 atas (nomor elemen 1).

$$\phi_0 = 1,25 \text{ untuk } f_y \leq 400 \text{ MPa}$$

$$K = 1$$

$$\omega_d = 1$$

$$l_{bx} = 6,00 \text{ m}$$

$$l_{bnx} = 5,40 \text{ m}$$

$$l_{bx}/l_{bnx} = 6,00/5,40 = 1,11$$

$$l_{by} = 8,00 \text{ m}$$

$$l_{bny} = 7,40 \text{ m}$$

$$l_{by}/l_{bny} = 8,00/7,40 = 1,08$$

$$h_{kolom} = 3,50 \text{ m}$$

$$h_{kn} = 2,90 \text{ m}$$

$$h_k/h_{kn} = 3,50/2,90 = 1,21$$

Kolom eksterior dengan nomor elemen 1 adalah kolom yang dibatasi oleh balok 151 dan balok 163, sehingga dalam perhitungan momen rencana kolom untuk arah X, momen nominal balok 151 dijumlahkan dengan 30 % momen nominal balok 163. Hal yang sama juga berlaku untuk momen rencana kolom arah Y, dimana 151 adalah balok arah X (b_x) dan 163 adalah balok arah Y (b_y). Untuk jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.25a diatas. Sehingga persamaan (4.1) dapat dituliskan kembali dalam bentuk,

$$Mu_{k_x} \text{ lt}_1 \text{ atas} = \frac{h}{h_n} \cdot 0,7 \cdot \omega_d \cdot \phi_o \cdot \alpha_k \cdot \left[\frac{l_{bx}}{l_{bnx}} \cdot M_{nax,b_x} + \frac{l_{by}}{l_{bny}} \cdot 30\% \cdot M_{nax,b_y} \right]$$

Dari hasil analisis struktur dengan program komputer SAP-90 maka didapat momen akibat gempa :

$$M_{E,k} \text{ lt}_1 \text{ atas} = 122,90 \text{ kN-m (kolom dengan nomor elemen 1).}$$

$$M_{E,k} \text{ lt}_2 \text{ bawah} = 464,10 \text{ kN-m (kolom dengan nomor elemen 16).}$$

Maka diperoleh :

$$\alpha_{k \text{ atas}} = \frac{122,90}{122,90 + 464,10} = 0,21$$

sehingga,

$$\begin{aligned}
 Mu_{k_x} \text{ lt}_1 \text{ atas} &= 1,21.0,7.1.1,25.0,21. [1,11.(930,288) + 1,08.(0,3 \cdot 829,648)] \\
 &= 289,36 \text{ kN-m.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mu_{k_y} \text{ lt}_1 \text{ atas} &= 1,21.0,7.1.1,25.0,21. [1,11.(0,3 \cdot 930,288) + 1,08.(829,648)] \\
 &= 268,10 \text{ kN-m.}
 \end{aligned}$$

b. Momen rencana kolom lantai 1 bawah (nomor elemen 1).

Khusus untuk kolom lantai 1 bawah (dasar) dimana sendi plastis dimungkinkan terjadi, maka $\alpha_k \text{ bawah} = 0$, oleh karena itu momen rencana kolom lantai bawah hanya dihitung berdasarkan gaya gempa yang diperoleh dari hasil analisis struktur dengan program komputer SAP-90. Hasil analisis yang diperoleh bisa langsung digunakan karena gaya gempa 30% tegak lurus sumbu utama telah dikalikan dengan 100% sumbu utama pada input data program SAP-90.

$$Mu_{k_x} \text{ lt}_1 \text{ bawah} = 864,51 \text{ kN-m.}$$

$$Mu_{k_y} \text{ lt}_1 \text{ bawah} = 754,25 \text{ kN-m.}$$

Perhitungan momen rencana kolom yang lain dilakukan dengan cara yang sama dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.7. Momen rencana kolom ini nilainya tidak boleh melampaui momen maksimum pada kolom, sehingga apabila momen rencana kolom nilainya melampaui momen maksimum yang terjadi, yang dipakai dalam perhitungan adalah momen maksimum kolom yang diperoleh dari perhitungan dibawah ini.

2. Momen maksimum kolom

Momen maksimum yang terjadi pada kolom dihitung dengan menggunakan persamaan (3.4) diatas.

a. Momen maksimum kolom 1 atas dan bawah arah X.

$$\begin{aligned} M_{u,k1 X \text{ atas}} &= 1,05 \cdot \left[33,95 + 4,14 + \left(\frac{4}{1} \right) \cdot 864,51 \right] \\ &= 3670,94 \text{ kN-m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{u,k1 X \text{ bawah}} &= 1,05 \cdot \left[33,95 + 4,14 - \left(\frac{4}{1} \right) \cdot 864,51 \right] \\ &= -3590,95 \text{ kN-m.} \end{aligned}$$

b. Momen maksimum kolom 1 atas dan bawah arah Y

$$\begin{aligned} M_{u,k1 Y \text{ atas}} &= 1,05 \cdot \left[62,22 + 8,21 + \left(\frac{4}{1} \right) \cdot 754,25 \right] \\ &= 3241,80 \text{ kN-m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{u,k1 Y \text{ bawah}} &= 1,05 \cdot \left[62,22 + 8,21 - \left(\frac{4}{1} \right) \cdot 754,25 \right] \\ &= -2946,51 \text{ kN-m.} \end{aligned}$$

Perhitungan momen maksimum kolom lainnya dilakukan dengan cara yang sama dan hasil yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.8 dibawah.

Tabel 4.7. Momen rencana kolom

LTi	Kolom (No E _L)	M _E , K (kN-m)		α , k _a	α , k _b	M _{nak} , b-X (kN-m)		M _{nak} , b-Y (kN-m)		M _u , k-X (kN-m)		M _u , k-Y (kN-m)	
		Atas	Bawah			Positif	Negatif	Positif	Negatif	Atas	Bawah	Atas	Bawah
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	(1)	122,90	---	0,21	---	---	930,288	---	829,648	289,36	864,51	268,10	754,25
2	(16)	327,95	464,10	0,47	0,54	---	930,288	---	930,288	862,98	991,51	850,34	976,99
3	(31)	367,57	362,79	0,54	0,53	---	930,288	---	930,288	991,51	973,15	976,99	958,90
1	(3)	326,20	---	0,30	---	467,768	829,648	---	712,984	530,79	960,87	381,00	439,82
2	(18)	621,51	748,65	0,41	0,45	467,768	874,290	---	778,405	982,97	1078,87	726,60	797,49
3	(33)	673,81	670,48	0,45	0,45	467,768	874,290	---	829,648	1089,16	1039,16	831,77	831,77
1	(8)	326,20	---	0,30	---	467,768	874,290	384,557	712,984	586,11	755,87	518,44	487,94
2	(23)	621,51	748,65	0,38	0,39	467,768	874,290	384,557	778,405	984,98	1000,90	919,89	994,09
3	(38)	673,81	670,48	0,41	0,41	467,768	874,290	384,557	829,648	1062,66	1062,66	1001,77	1001,77

Keterangan tabel 4.7 :

1. Kolom (2) adalah nomor elemen struktur (lihat gambar 4.25).
2. Kolom (3) dan (4) didapat dari analisis struktur dengan program SAP-90.
3. Kolom (7), (8), (9) dan (10) M_{nak} balok dari tabel 4.6 halaman 69.
4. Kolom (5), (6), (11), (12), (13) dan (14) lihat persamaan 4.1 dan 4.2 diatas.

Tabel 4.8. Momen maksimum kolom

LTi	Kolom (No-el)	$M_{D,k-x}$	$M_{D,k-y}$	$M_{L,k-x}$	$M_{L,k-y}$	$M_{E,k-x}$	$M_{E,k-y}$	$M_{U,k-X}$ (kN-m)		$M_{U,k-Y}$ (kN-m)	
		(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Atas	Bawah	Atas	Bawah
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
1	(1)	33,95	62,22	4,14	8,21	864,51	754,25	3670,94	-3590,95	3241,80	-2946,57
2	(16)	42,15	78,13	5,20	10,34	464,10	425,47	1903,75	-1899,50	1879,87	-1694,08
3	(31)	44,14	75,45	5,75	10,11	367,57	317,56	1596,18	-1491,41	1423,59	-1243,91
1	(3)	0	87,74	0	16,24	960,87	439,82	4035,65	-4035,65	1956,42	-1738,07
2	(18)	0	110,27	0	20,45	748,65	254,62	3144,33	-3144,33	1206,66	-932,15
3	(33)	0	106,75	0	19,94	673,81	202,14	2830,00	-2830,00	982,01	-715,96
1	(8)	0	0	0	0	755,87	487,94	3174,65	-3174,65	2049,35	-2049,35
2	(23)	0	0	0	0	748,65	399,72	3144,33	-3144,33	1678,82	-1678,82
3	(38)	0	0	0	0	673,81	352,24	2830,00	-2830,00	1479,41	-1479,41

Keterangan tabel 4.8 :

1. Kolom (2) adalah nomor elemen kolom (lihat gambar 4.25).
2. Kolom (3), (4), (5), (6), (7), (8), didapat dari analisis struktur dengan program SAP-90.
3. Kolom (9), (10), (11), dan (12) lihat persamaan 3.3 diatas.

4.5.2 Gaya aksial rencana dan gaya aksial maksimum kolom

Gaya aksial kolom dihitung dengan cara yang sama seperti pada perhitungan momen rencana kolom diatas, dengan tetap menggunakan persamaan atau rumus uniaksial yang ada (100% sumbu utama + 30% arah tegak lurus sumbu utama).

Gaya aksial rencana merupakan fungsi dari gaya aksial akibat beban gravitasi dan momen kapasitas balok setelah sebelumnya dikalikan dengan faktor reduksi R_n . Gaya aksial maksimum merupakan fungsi dari gaya gravitasi ditambah gaya aksial akibat beban gempa yang mana dalam hal ini gaya aksial akibat beban gempa dipengaruhi oleh faktor daktilitas, seperti yang terlihat pada persamaan (3.4) dan (3.5) di atas.

1. Gaya aksial rencana kolom.

Persamaan (3.4) dapat juga dituliskan dalam bentuk,

$$N_{u,k} = 1,05 N_{g,k} + 0,7 \cdot R_n \cdot \frac{\phi_0}{l_b} \cdot \left\{ \sum (M_{nk,bl_i} - M_{nk,bl_{ki}}) + 30\% \sum (M_{nk,bl_{ki}} - M_{nk,bl_{ka}}) \right\}$$

dengan

$M_{nak,bl_{ki}}$ = momen nominal aktual balok sebelah kiri yang masuk ke dalam kolom,

$M_{nak,bl_{ka}}$ = momen nominal balok sebelah kanan yang masuk ke dalam kolom,

dimana

ϕ_0 = 1,25 untuk $f_y \leq 400$ MPa.

l_{blk-x} = 6,00 m,

$$l_{\text{blk-y}} = 8,00 \text{ m},$$

$$\frac{\phi_0}{l_{\text{tx}}} = \frac{1,25}{6,00} = 0,21,$$

$$\frac{\phi_0}{l_{\text{by}}} = \frac{1,25}{8,00} = 0,16,$$

n = jumlah lantai diatas kolom yang ditinjau,

$$= n \text{ lt}_1 = 9, \quad Rn \text{ lt}_1 = 1,1 - 0,025 \cdot 9 = 0,88,$$

$$= n \text{ lt}_2 = 8, \quad Rn \text{ lt}_2 = 1,1 - 0,025 \cdot 8 = 0,90,$$

$$= n \text{ lt}_3 = 7, \quad Rn \text{ lt}_3 = 1,1 - 0,025 \cdot 7 = 0,93.$$

a. Gaya aksial rencana kolom 1 (no elemen 1) arah X.

$$\begin{aligned} Nu_{k1-x \text{ maks}} &= (1,05 \cdot 2411,15) + 0,7 \cdot 0,88 \cdot \{ 0,21 \cdot (930,288 - 467,768) \\ &\quad + (30\% \cdot 0,16 \cdot (829,648 - 467,768)) \} \end{aligned}$$

$$Nu_{k1-x \text{ maks}} = 2602,24 \text{ kN.}$$

$$\begin{aligned} Nu_{k1-x \text{ min}} &= (1,05 \cdot 2411,15) - 0,7 \cdot 0,88 \cdot \{ 0,21 \cdot (930,288 - 467,768) \\ &\quad + (30\% \cdot 0,16 \cdot (829,648 - 467,768)) \} \end{aligned}$$

$$Nu_{k1-x \text{ min}} = 2461,18 \text{ kN.}$$

b. Gaya aksial rencana kolom 1 (no elemen 1) arah Y

$$\begin{aligned} Nu_{k1-y \text{ maks}} &= (1,05 \cdot 2411,15) + 0,7 \cdot 0,88 \cdot \{ (30\% \cdot 0,21 \cdot (930,288 - 467,768)) \\ &\quad + (0,16 \cdot (829,648 - 467,768)) \} \end{aligned}$$

$$Nu_{k1-y \text{ maks}} = 2585,33 \text{ kN.}$$

$$\begin{aligned} Nu_{k1-y \text{ min}} &= (1,05 \cdot 2411,15) - 0,7 \cdot 0,88 \cdot \{ (30\% \cdot 0,21 \cdot (930,288 - 467,768)) \\ &\quad + (0,16 \cdot (829,648 - 467,768)) \} \end{aligned}$$

$$Nu_{k1-y \min} = 2478,09 \text{ kN.}$$

2. Gaya aksial maksimum kolom.

Gaya aksial maksimum kolom dihitung dengan menggunakan persamaan (3.5) diatas.

a. Gaya aksial maksimum kolom 1 (no elemen 1) arah X

$$\begin{aligned} Nu_{k1-x \text{ atas}} &= 1.05 \left(2411,15 + \frac{4,0}{1} (1722,04) \right) \\ &= 9764,28 \text{ kN.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Nu_{k1-x \text{ bawah}} &= 1.05 \left(2411,15 - \frac{4,0}{1} (1722,04) \right) \\ &= 4700,86 \text{ kN.} \end{aligned}$$

b. Gaya aksial maksimum kolom 1 (no elemen 1) arah Y

$$\begin{aligned} Nu_{k1-x \text{ atas}} &= 1.05 \left(2411,15 + \frac{4,0}{1} (1333,80) \right) \\ &= 8133,67 \text{ kN.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Nu_{k1-x \text{ bawah}} &= 1.05 \left(2411,15 - \frac{4,0}{1} (1333,80) \right) \\ &= 3070,25 \text{ kN.} \end{aligned}$$

Gaya aksial rencana kolom dan gaya aksial maksimum kolom yang lainnya dihitung dengan cara yang sama dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.9 dan tabel 4.10 dibawah ini.

Tabel 4.9. Gaya aksial rencana kolom

LTi	Kolom (No-el)	Ng,k (kN)	M nak, b-X (kN-m)		M nak, b-Y (kN-m)		Nu, k-X (kN)		Nu, k-Y (kN)	
			Positif	Negatif	Positif	Negatif	Maks	Min	Maks	Min
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1	(1)	2411,15	467,768	930,288	467,768	829,648	2602,24	2461,18	2585,33	2478,09
2	(16)	2171,48	467,768	930,288	467,768	930,288	2355,23	2204,87	2345,03	2215,07
3	(31)	1926,90	467,768	930,288	467,768	930,288	2100,93	1945,57	2090,40	1956,10
1	(3)	3728,67	467,768	829,648	384,557	712,984	3971,62	3858,58	3961,51	3868,69
2	(18)	3345,13	467,768	874,290	384,557	778,405	3578,08	3446,70	3568,22	3456,56
3	(33)	2958,46	467,768	874,290	384,557	829,648	3175,86	3036,90	3169,41	3043,35
1	(8)	5905,71	467,768	874,290	384,557	712,984	6263,30	6138,70	6249,15	6152,85
2	(23)	4980,94	467,768	874,290	384,557	778,405	5295,68	5164,30	5285,82	5174,16
3	(38)	4577,47	467,768	874,290	384,557	829,648	4875,82	4736,86	4869,37	4743,31

Keterangan tabel 4.9 :

1. Kolom (2) adalah nomor elemen kolom (lihat gambar 4.25).
2. Kolom (3), Ng, gaya aksial gravitasi didapat dari hasil analisis struktur dengan program SAP-90.
3. Kolom (4), (5), (6) dan (7) M nak balok dari tabel 4.6 halaman 69.
4. Kolom (8), (9), (10) dan (11) lihat persamaan (3.4) diatas.

Tabel 4.10. Gaya aksial maksimum kolom

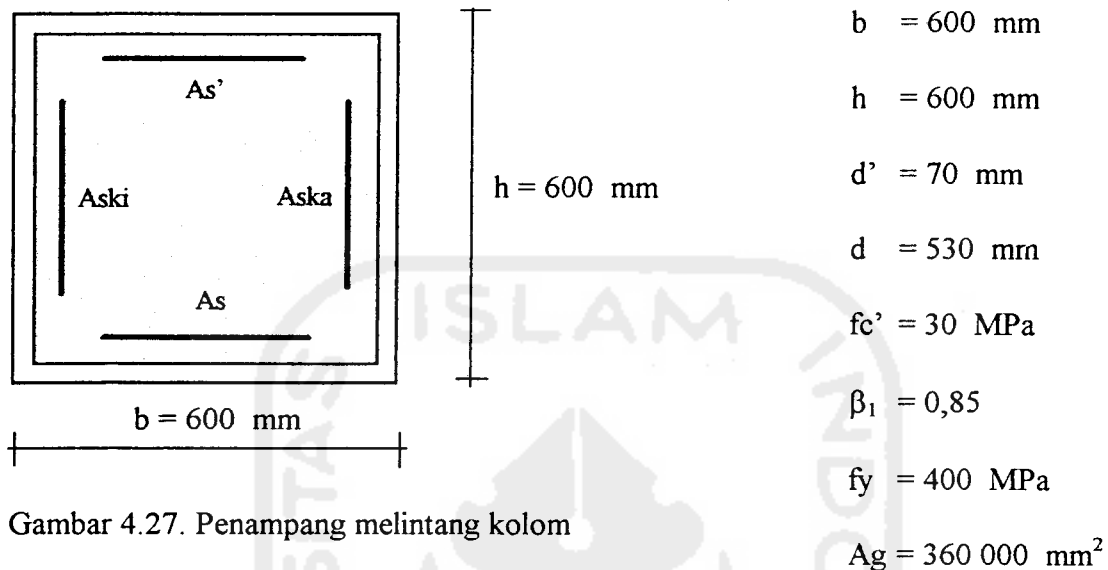
LTi	Kolom (No-El)	Ng, k (kN)	N _E , k-X (kN)	N _E , k-Y (kN)	Nu, k-X (kN)		Nu, k-Y (kN)	
					Atas	Bawah	Atas	Bawah
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	(1)	2411,15	1722,04	1333,80	9764,28	4700,86	8133,67	3070,25
2	(16)	2171,48	1499,43	1168,46	8577,66	4017,55	7187,59	2627,48
3	(31)	1926,30	1234,65	966,25	7208,78	3162,29	6081,50	2035,01
1	(3)	3728,67	176,62	585,26	4656,91	3173,30	6373,20	1457,01
2	(18)	3345,13	156,61	519,55	4170,15	2854,62	5694,50	1330,28
3	(33)	2958,46	131,31	435,81	3657,89	2554,88	4936,79	1275,98
1	(8)	5905,71	1,08	0,29	6205,53	6196,46	6202,21	6199,78
2	(23)	4980,94	0,88	0,29	5233,68	5226,29	5231,21	5228,77
3	(38)	4577,47	0,69	0,20	4809,24	4803,45	4807,18	4805,50

Keterangan tabel 4.10 :

1. Kolom (2) adalah nomor elemen kolom (lihat gambar 4.25).
2. Kolom (3), Ng, gaya aksial gravitasi didapat dari hasil analisis struktur dengan program komputer SAP-90.
3. Kolom (4) dan (5), N_E, gaya aksial akibat beban gempa, diperoleh dari hasil analisis struktur dengan program komputer SAP-90 (hasil yang diperoleh sudah merupakan kombinasi antara 100% sumbu utama + 30% tegak lurus sumbu utama, sesuai dengan yang disyaratkan SKBI-1.3.53.DPU, 1987).
4. Kolom (6), (7), (8) dan (9) lihat persamaan 3.5 diatas.

4.5.3 Grafik interaksi kolom dan contoh perhitungan

Mutu bahan dan dimensi kolom adalah



Gambar 4.27. Penampang melintang kolom

Luas tulangan total yang digunakan disebar ke 4 sisi kolom dan hal ini sesuai dengan persyaratan ketahanan gempa, karena kolom menahan beban siklis yang arahnya merupakan kombinasi dari arah X dan arah Y sehingga $As = As' = As_{ki} = As_{ka} = 0,25 Ast$. Dicoba luas tulangan minimum 1% dari luas bruto, Ag .

$$Ast = 1\% \cdot Ag$$

$$= 1\% \cdot 360\,000 \text{ mm}^2$$

$$= 3600 \text{ mm}^2$$

1. Kondisi beban sentris

Gaya desak P berimpit dengan sumbu memanjang kolom sehingga tegangan desak terjadi diseluruh penampang kolom yang mengakibatkan seluruh tulangan mengalami gaya desak, oleh karena itu luas tulangan yang digunakan adalah luas tulangan total (Ast).

$$Po = 0,85 \cdot f_c' \cdot (Ag - Ast) + f_y \cdot Ast$$

$$= (0,85 \cdot 30 \cdot (360\,000 - 3600) + 400 \cdot 3600) \cdot (10^{-3})$$

$$= 10528,20 \text{ kN}$$

$$P_n(\max) = 0,80 \cdot \{ 0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st} \}$$

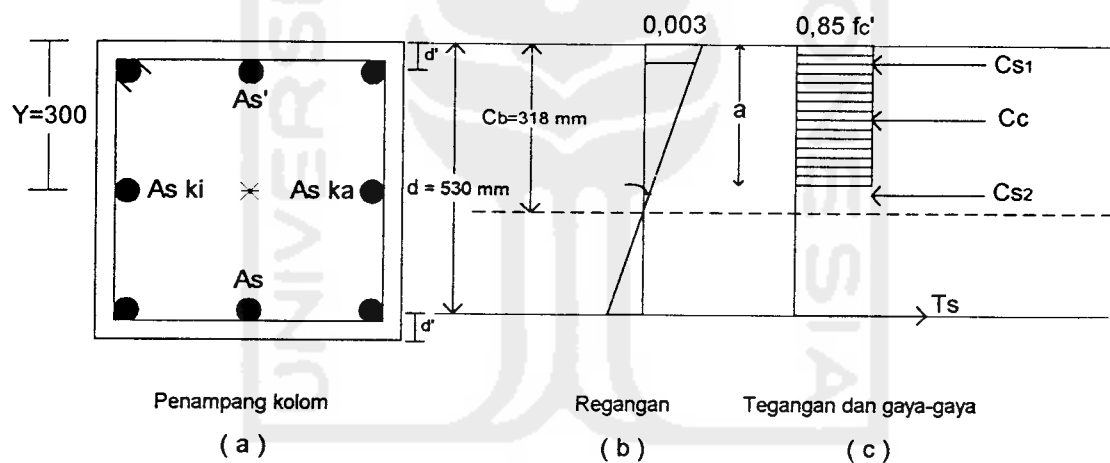
$$= 0,80 \cdot \{ 0,85 \cdot 30 \cdot (360\,000 - 3600) + 400 \cdot 3600 \} \cdot (10^{-3})$$

$$= 8422,56 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0,65 \cdot 8422,56$$

$$= 5474,66 \text{ kN}$$

2. Kondisi *balanced*



Gambar 4.28. Diagram tegangan dan regangan

Letak garis netral dalam kondisi seimbang adalah :

$$c_b = \frac{600 \cdot (d)}{600 + f_y} = \frac{600 \cdot (530)}{600 + 400} = 318 \text{ mm}$$

$$a_b = \beta_1 \cdot c_b = 0,85 \cdot 318 = 270,30 \text{ mm}$$

Cek regangan yang terjadi :

Untuk baja mutu $f_y = 400$ MPa, regangan lelehnya adalah :

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{2 \cdot 10^5} = 0,0020$$

$$\epsilon_{s'1} = \frac{cb - d'}{cb} \cdot 0,003 = \frac{318 - 70}{318} \cdot 0,003 = 0,0023 > \epsilon_y = 0,0020, \text{ baja desak leleh}$$

$$\epsilon_{s'2} = \frac{cb - y}{cb} \cdot 0,003 = \frac{318 - 300}{318} \cdot 0,003 = 0,0002 < \epsilon_y, \text{ baja desak belum leleh}$$

$$\epsilon_s = \frac{d - cb}{cb} \cdot 0,003 = \frac{530 - 318}{318} \cdot 0,003 = 0,0020 = \epsilon_y = 0,0020, \text{ baja tarik leleh}$$

Tegangan pada bagian baja desak yang belum leleh adalah

$$f_{s'2} = E_s \cdot \frac{cb - y}{cb} \cdot 0,003 = E_s \cdot \epsilon_{s'2} = 2 \cdot 10^5 \cdot 0,0002 = 40 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a_b \cdot b \cdot 10^{-3} \\ &= 0,85 \cdot 30 \cdot 270,30 \cdot 600 \cdot (10^{-3}) \\ &= 4135,59 \text{ kN} \end{aligned}$$

Penempatan tulangan simetris pada ke 4 sisi guna menahan gaya gempa arah X dan Y, oleh karena itu kemungkinan digunakan 8 tulangan (minimum), dimana pada masing-masing sisi luasnya = $0,25 \cdot A_{st}$ (lihat gambar 4.28 diatas).

Tulangan yang berada dekat garis netral mempunyai tegangan-tegangan yang lebih kecil dari tegangan luluh baja, sehingga dari sumbu netral C dapat dicari regangan baja yang terjadi yang terjadi pada penampang kolom tersebut. Berdasarkan gambar diatas, maka luas tulangan $A_s = A_s'$

$$= 0,25 + (0,25/2) \cdot A_{st}$$

$$= 0,3750 \cdot A_{st}$$

$$\text{Sehingga } A_s = A_s' = 0,3750 \cdot 3600$$

$$= 1350 \text{ mm}^2$$

$$\text{pada sisi } A_{s_{ki}} = A_{s_{ka}} = 0,25 \cdot A_{st}$$

$$= 0,25 \cdot 3600 = 900 \text{ mm}^2$$

Tegangan desak baja, $Cs_1 = As' \cdot fy$

$$= 1350 \cdot 400 \cdot (10^{-3})$$

$$= 540 \text{ kN}$$

$$Cs_2 = As_{ki} = As_{ka} \cdot fs'_2$$

$$= 900 \cdot 40 \cdot (10^{-3}) = 36 \text{ kN}$$

$$Ts = As \cdot fy$$

$$= 1350 \cdot 400 \cdot (10^{-3}) = 540 \text{ kN}$$

$$Pnb = Cc + Cs_1 + Cs_2 - Ts$$

$$= 4135 + 540 + 36 - 540$$

$$= 4171 \text{ kN}$$

$$Mnb = Cc \cdot (y - a/2) + Cs_1 \cdot (y - d') + Cs_2 \cdot (0) + Ts \cdot (d - y)$$

$$= \{4135,59 \cdot (300 - 270,30/2) + 540 \cdot (300 - 70) + 36 \cdot (0) + 540 \cdot (530 - 300)\} \cdot (10^{-3})$$

$$= 973,35 \text{ kN-m}$$

$$e_b = \frac{Mnb}{Pnb} = \frac{973,35}{4171} = 0,23 \text{ m} = 23 \text{ cm} = 230 \text{ mm}$$

$$\phi Pnb = 0,65 \cdot Pnb = 0,65 \cdot 4171 = 2711,15 \text{ kN}$$

$$\phi Mnb = 0,65 \cdot Mnb = 0,65 \cdot 973,35 = 632,68 \text{ kN-m}$$

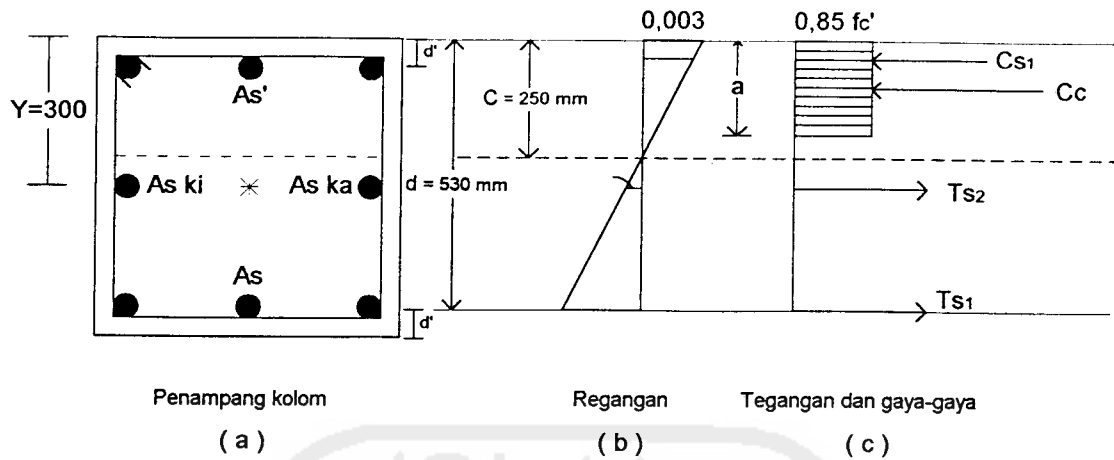
3. Kondisi Patah Tarik (Keruntuhan Tarik)

Syarat keruntuhan tarik, $e > e_b$ atau $Pn < Pnb$.

a. Diambil $c = 250 \text{ mm} < cb = 318 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 250 = 212,50 \text{ mm}$$

Cek regangan yang terjadi :



Gambar 4.29. Diagram tegangan dan regangan

$$\epsilon_s' = \frac{c - d'}{c} \cdot 0,003 = \frac{250 - 70}{250} \cdot 0,003 = 0,0022 > \epsilon_y = 0,0020$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{d - c}{d} \cdot 0,003 = \frac{530 - 250}{530} \cdot 0,003 = 0,0034 > \epsilon_y = 0,0020$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{y - c}{c} \cdot 0,003 = \frac{300 - 250}{250} \cdot 0,003 = 0,0006 < \epsilon_y = 0,0020$$

$$f_{s2} = \epsilon_{s2} \cdot E_s = 0,0006 \cdot (2 \cdot 10^5) = 120 \text{ MPa}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 212,50 \cdot 600 \cdot (10^{-3})$$

$$= 3251,25 \text{ kN}$$

$$Cs_1 = As' \cdot f_y = 1350 \cdot 400 \cdot (10^{-3}) = 540 \text{ kN}$$

$$Ts_2 = As_{ki} = As_{ka} \cdot f_{s2} = 900 \cdot 120 \cdot (10^{-3}) = 108 \text{ kN}$$

$$Ts_1 = As \cdot f_y = 1350 \cdot 400 \cdot (10^{-3}) = 540 \text{ kN}$$

$$P_n < P_{nb} = C_c + Cs_1 - Ts_2 - Ts_1$$

$$= 3251,25 + 540 - 108 - 540$$

$$= 3143,25 \text{ kN} < P_{nb} = 4171 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= Cc \cdot (y - a/2) + Cs_1 \cdot (y - d') + Ts_2 \cdot (0) + Ts_1 \cdot (y - d') \\
 &= \{ 3251,25 \cdot (300 - 212,50/2) + 540 \cdot (300 - 70) + 108 \cdot (0) + 540 \cdot (300 - 70) \} \cdot (10^{-3}) \\
 &= 878,33 \text{ kN-m}
 \end{aligned}$$

$$e = \frac{Mn}{Pn} = \frac{878,63}{3143,25} = 0,28 \text{ m} = 28 \text{ cm} = 280 \text{ mm} > e_b = 230 \text{ mm}$$

Cek faktor reduksi yang digunakan dengan persamaan $(0,1 \cdot Ag \cdot fc')$, sehingga apabila $(0,1 \cdot Ag \cdot fc') > Pn$ maka faktor reduksi (ϕ) yang digunakan $> 0,65$.

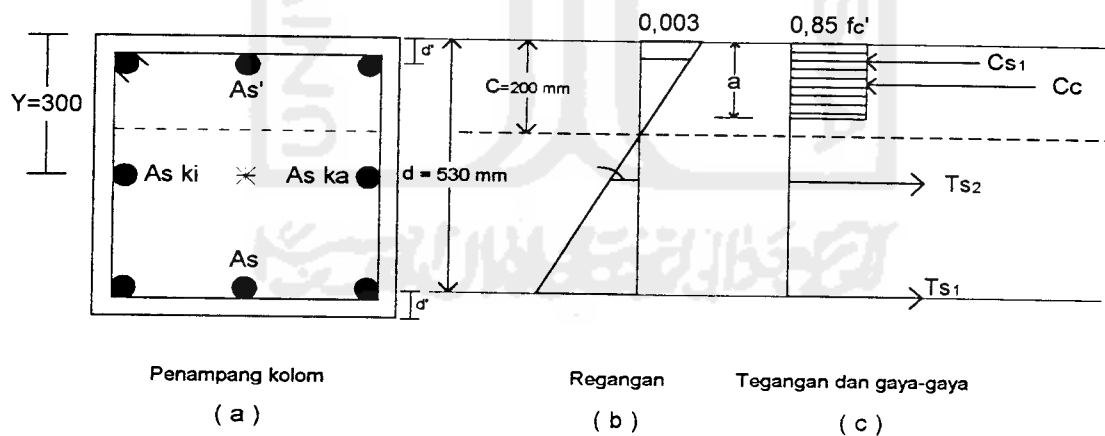
$$0,1 \cdot 360\,000 \cdot 30 \cdot (10^{-3}) = 1080 \text{ kN}$$

$$\phi Pn = 0,65 \cdot 3143,25 = 2043,11 \text{ kN} > 0,1 \cdot Ag \cdot fc', \text{ sehingga faktor } \phi \text{ tetap} = 0,65.$$

$$\phi Mn = 0,65 \cdot 878,63 = 571,11 \text{ kN-m}$$

$$b. \text{ Diambil } c = 200 \text{ mm} < c_b = 318 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 200 = 170 \text{ mm}$$



Gambar 4.30. Diagram regangan dan tegangan

Cek tegangan yang terjadi :

$$\epsilon_s' = \frac{c - d'}{c} \cdot 0,003 = \frac{200 - 70}{200} \cdot 0,003 = 0,0020 = \epsilon_y = 0,0020$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{d - c}{c} \cdot 0,003 = \frac{530 - 200}{200} \cdot 0,003 = 0,0050 > \epsilon_y = 0,0020$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{y - c}{c} \cdot 0,003 = \frac{300 - 200}{200} \cdot 0,003 = 0,0015 < \epsilon_y, \text{ baja tarik belum luluh}$$

$$f_s = \epsilon_{s2} \cdot E_s = 0,0015 \cdot (2 \cdot 10^5) = 300 \text{ MPa}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b = 0,85 \cdot 30 \cdot 170 \cdot 600 \cdot (10^{-3}) = 2601 \text{ kN}$$

$$C_{s1} = A_{s'} \cdot f_y = 1350 \cdot 400 \cdot (10^{-3}) = 540 \text{ kN}$$

$$T_{s2} = 0,25 A_{st} \cdot f_s = 900 \cdot 300 = 270 \text{ kN}$$

$$T_{s1} = A_s \cdot f_y = 1350 \cdot 400 \cdot (10^{-3}) = 540 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} P_n < P_{nb} &= C_c + C_{s1} - T_{s2} - T_{s1} \\ &= 2601 + 540 - 270 - 540 \\ &= 2331 \text{ kN} < P_{nb} = 4171 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \cdot (y - a/2) + C_{s1} \cdot (y - d') + T_{s2} \cdot (0) + T_{s1} \cdot (y - d') \\ &= \{ 2601 \cdot (300 - 170/2) + 540 \cdot (300 - 70) + 270 \cdot (0) + 540 \cdot (300 - 70) \} \cdot (10^{-3}) \\ &= 807,62 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

$$e = \frac{M_n}{P_n} = \frac{807,62}{2331} = 0,35 \text{ m} = 35 \text{ cm} = 350 \text{ mm} > e_b$$

$$\phi P_n = 0,65 \cdot 2331 = 1515,15 \text{ kN} > 0,1 \cdot A_g \cdot f_c'$$

$$\phi M_n = 0,65 \cdot 807,62 = 524,95 \text{ kN-m}$$

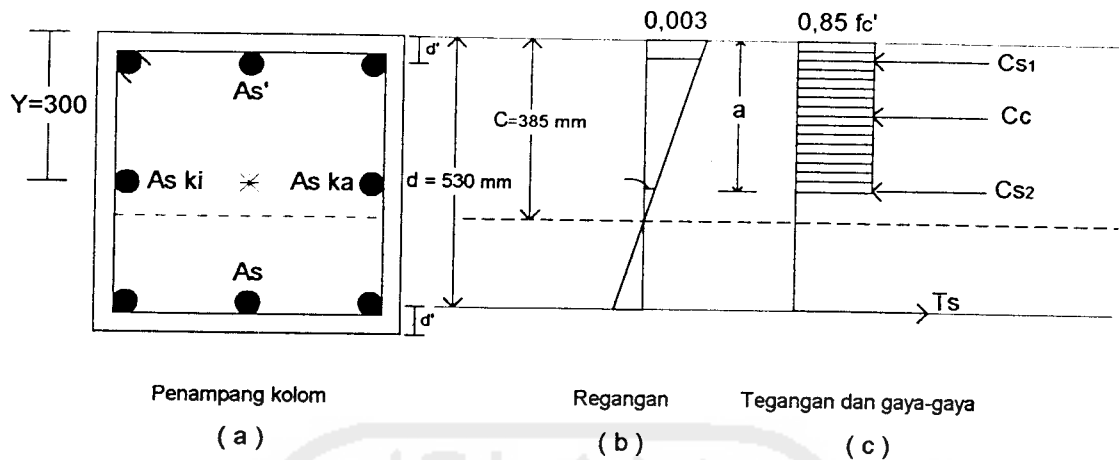
4. Kondisi Patah Tekan (Keruntuhan Tekan)

Syarat keruntuhan tekan, $e < e_b$ atau $P_n > P_{nb}$.

a. Diambil $c = 385 \text{ mm} > c_b = 318 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 385 = 327,25 \text{ mm}$$

Cek regangan yang terjadi :



Gambar 4.31. Diagram tegangan dan regangan

$$\epsilon_{s1}' = \frac{c - d'}{c} \cdot 0,003 = \frac{385 - 70}{385} \cdot 0,003 = 0,0025 > \epsilon_y$$

$$\epsilon_{s2}' = \frac{c - y}{c} \cdot 0,003 = \frac{385 - 300}{385} \cdot 0,003 = 0,0007 < \epsilon_y = 0,0020$$

$$\epsilon_s = \frac{d - c}{c} \cdot 0,003 = \frac{530 - 385}{385} \cdot 0,003 = 0,0011 < \epsilon_y = 0,0020$$

$$f_{s2}' = \epsilon_{s2}' \cdot E_s = 0,0007 \cdot (2 \cdot 10^5) = 140 \text{ MPa}$$

$$f_s = \epsilon_s \cdot E_s = 0,0011 \cdot (2 \cdot 10^5) = 220 \text{ MPa}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b = 0,85 \cdot 30 \cdot 327,25 \cdot 600 \cdot (10^{-3}) = 5006,93 \text{ kN}$$

$$C_{s1} = A_s \cdot f_y = 1350 \cdot 400 \cdot (10^{-3}) = 540 \text{ kN}$$

$$C_{s2} = 0,25 \cdot A_{st} \cdot f_y = 900 \cdot 400 \cdot (10^{-3}) = 126 \text{ kN}$$

$$T_s = A_s \cdot f_s = 1350 \cdot 220 \cdot (10^{-3}) = 297 \text{ kN}$$

$$P_n = C_c + C_{s1} + C_{s2} - T_s$$

$$= 5006,93 + 540 + 126 - 297$$

$$= 5375,93 \text{ kN} > P_{nb} = 4171 \text{ kN}$$

$$M_n = C_c \cdot (y - a/2) + C_{s1} \cdot (y - d') + C_{s2} \cdot (0) + T_s \cdot (y - d')$$

$$= \{ 5006,93.(300 - 327,25/2) + 540.(300 - 70) + 126.(0) + 297.(300 - 70) \} .(10^{-3})$$

$$= 896,93 \text{ kN-m}$$

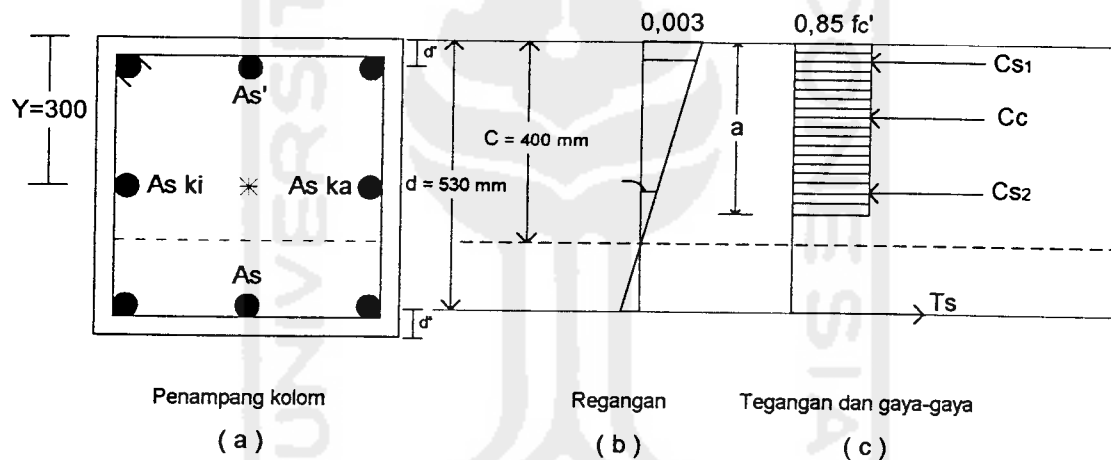
$$e = \frac{M_n}{P_n} = \frac{896,93}{5375,93} = 0,17 \text{ m} = 17 \text{ cm} = 170 \text{ mm} < e_b = 230 \text{ mm}$$

$$\phi P_n = 0,65.P_n = 0,65 \cdot 5375,93 = 3494,35 \text{ kN}$$

$$\phi M_n = 0,65.M_n = 0,65 \cdot 896,93 = 583 \text{ kN-m}$$

$$b. \text{ Ambil } c = 400 \text{ mm} > c_b = 318 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \cdot f_y = 0,85.400 = 340 \text{ mm}$$



Gambar 4.32. Diagram tegangan dan regangan

Cek regangan yang terjadi :

$$\epsilon_{s'1} = \frac{c - d'}{c} \cdot 0,003 = \frac{400 - 70}{400} \cdot 0,003 = 0,0025 > \epsilon_y = 0,0020$$

$$\epsilon_{s'2} = \frac{c - y}{c} \cdot 0,003 = \frac{400 - 300}{400} \cdot 0,003 = 0,0008 < \epsilon_y = 0,0020$$

$$\epsilon_s = \frac{d - c}{c} \cdot 0,003 = \frac{530 - 400}{400} \cdot 0,003 = 0,0010 < \epsilon_y = 0,0020$$

$$f_s'2 = \epsilon_s'2 \cdot E_s = 0,0008 \cdot (2 \cdot 10^5) = 160 \text{ MPa}$$

$$f_s = \epsilon_s \cdot E_s = 0,0010 \cdot (2 \cdot 10^5) = 200 \text{ MPa}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b = 0,85 \cdot 30 \cdot 340 \cdot 600 \cdot (10^{-3}) = 5202 \text{ kN}$$

$$C_{s1} = A_s' \cdot f_y = 1350 \cdot 400 \cdot (10^{-3}) = 540 \text{ kN}$$

$$C_{s2} = 0,25 \cdot A_{st} \cdot f_s'2 = 900 \cdot 160 \cdot (10^{-3}) = 144 \text{ kN}$$

$$T_s = A_s \cdot f_s = 1350 \cdot 200 \cdot (10^{-3}) = 270 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} P_n &= C_c + C_{s1} + C_{s2} - T_s \\ &= 5202 + 540 + 144 - 270 \\ &= 6156 \text{ kN} > P_{nb} = 4171 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \cdot (y - a/2) + C_{s1} \cdot (y - d') + C_{s2} \cdot (0) + T_s \cdot (y - d') \\ &= \{ 5202 \cdot (300 - 340/2) + 540 \cdot (300 - 70) + 144 \cdot (0) + 270 \cdot (300 - 70) \} \cdot (10^{-3}) \\ &= 862,56 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

$$e = \frac{M_n}{P_n} = \frac{862,56}{6156} = 0,14 \text{ m} = 14 \text{ cm} = 140 \text{ mm} < e_b$$

$$\phi P_n = 0,65 \cdot 6156 = 4001,40 \text{ kN}$$

$$\phi M_n = 0,65 \cdot 862,56 = 560,66 \text{ kN-m}$$

5. Kondisi Momen Murni

Pada kondisi momen murni gaya aksial $P = 0$, sehingga kontribusi tulangan desak A_s' dapat diabaikan dalam perhitungan, karena untuk $P = 0$, luas tulangan desak ini tidak menentukan (Nawy, 1990).

$A_s = 1350 \text{ mm}^2$, dianggap tulangan tarik telah luluh sehingga,

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1350 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 600} = 35,29 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{35,29}{0,85} = 41,52 \text{ mm}$$

Cek regangan yang terjadi :

$$\epsilon_{s2} = \frac{y - c}{c} \cdot 0,003 = \frac{300 - 41,52}{41,52} \cdot 0,003 = 0,0187 > \epsilon_y = 0,0020$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{d - c}{c} \cdot 0,003 = \frac{530 - 41,52}{41,52} \cdot 0,003 = 0,0353 > \epsilon_y = 0,0020$$

$$\begin{aligned} M_{n0} &= A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2) + (0,25 \cdot A_{st}) \cdot f_y \cdot (y - a/2) \\ &= 1350 \cdot 400 \cdot (530 - 35,29/2) + 900 \cdot 400 (300 - 35,29/2) \cdot (10^{-6}) \\ &= 378,32 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

Perhitungan grafik interaksi kolom selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama dengan luas tulangan yang digunakan masing-masing setelah 1% adalah 2%, 3%, 4%, 5% dan 6% dan disajikan dalam bentuk tabel sebelum di plotkan pada grafik interaksi kolom. Hasil yang diperoleh merupakan gaya aksial nominal dan momen nominal dari kolom yang mempunyai ukuran tampang 600 x 600 (mm) yang dalam penggambaran grafik interaksi kolom tidak direduksi dengan faktor reduksi $\phi = 0,65$, dimana gaya aksial di plot ke arah sumbu Y dan momen di plot ke arah sumbu X. (halaman 96_b).

Pada dasarnya tidak ada perbedaan pada penggunaan faktor ϕ di dalam penggambaran grafik interaksi kolom karena hasil yang diperoleh akan sama, hal ini karena untuk mencari suatu luasan tulangan yang diperlukan pada suatu penampang kolom tertentu, gaya aksial rencana dan momen rencana pada kolom dibagi dengan faktor reduksi $\phi = 0,65$ sehingga hasil yang diperoleh setelah di plotkan pada grafik interaksi kolom lebih besar dari gaya aksial dan momen rencana. Persyaratan luas tulangan terhadap luas tampang yang digunakan harus memenuhi $1 \% \leq A_s \leq 6 \%$.

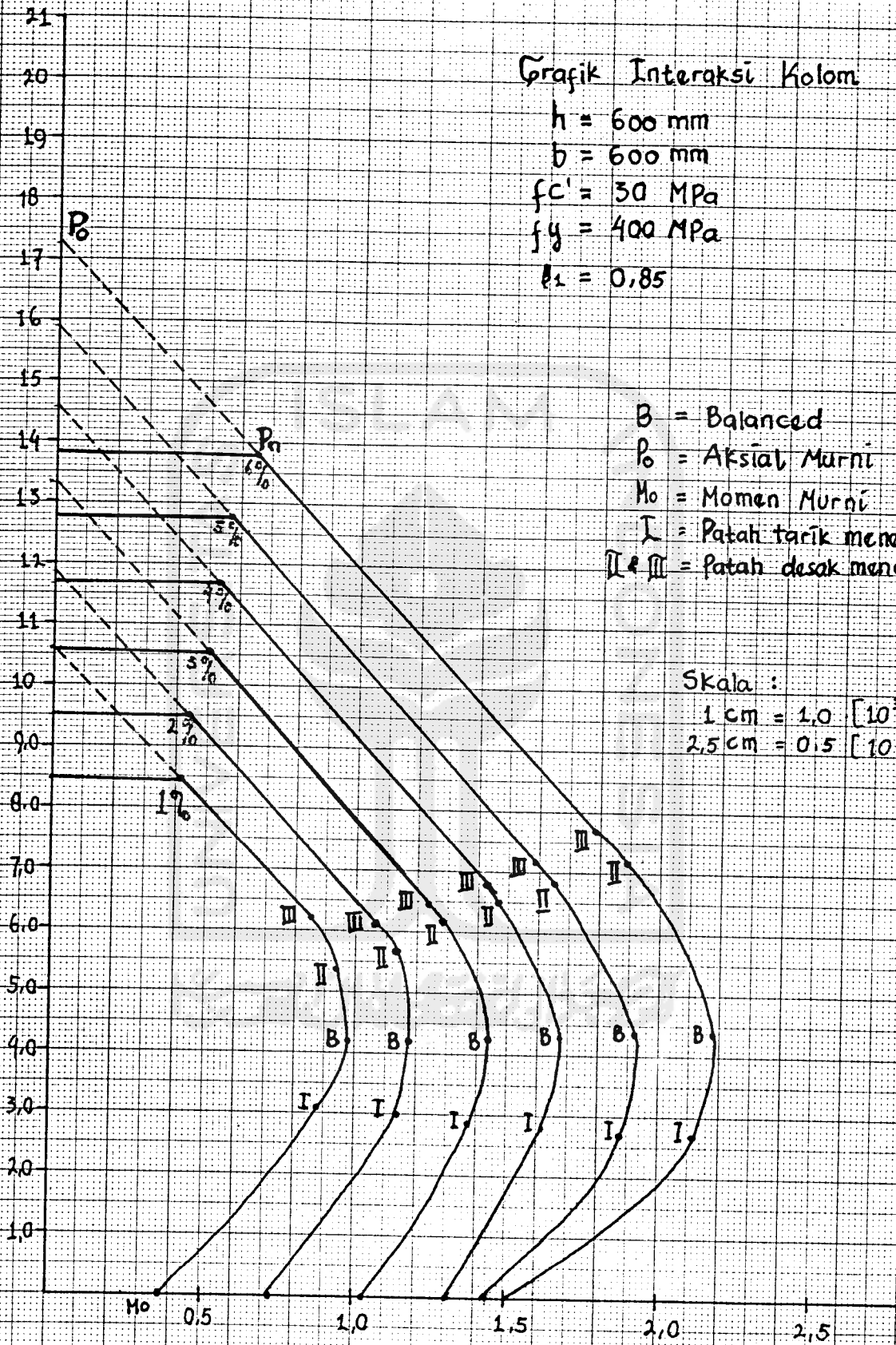
Tabel 4.10.a. Hasil perhitungan grafik interaksi kolom

r (%)	Po (kN)	Pn (maks) (kN)	Pnb (kN)	Mnb (kN-m)	Pn _{trk} (kN)	Mn _{trk} (kN-m)	Pn _{tdn} (kN)	Mn _{tdn} (kN-m)	Mo (kN-m)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	10528,20	8422,56	4171,00	973,35	3143,25	878,33 (I)	5375,93 (II) 6156,00 (III)	896,93 (II) 862,56 (III)	378,32
2	11876,40	9501,12	4207,59	1178,55	3035,25	1126,73 (I)	5744,93 (II) 6030,00 (III)	1179,62 (II) 1048,86 (III)	724,86
3	13224,60	10579,68	4243,59	1426,95	2927,25	1375,13 (I)	6113,93 (II) 6444,00 (III)	1260,35 (II) 1235,16 (III)	1039,66
4	14572,80	11658,24	4279,59	1675,35	2819,25	1623,53 (I)	6482,93 (II) 6858,00 (III)	1452,86 (II) 1421,46 (III)	1322,68
5	15921,00	12736,80	4315,59	1923,75	2711,25	1871,93 (I)	6851,93 (II) 7272,00 (III)	1645,37 (II) 1607,76 (III)	1440,51
6	17269,20	13815,36	4351,59	2172,15	2603,25	2120,33 (I)	7220,93 (II) 7686,00 (III)	1837,88 (II) 1794,06 (III)	1499,94

Keterangan tabel a :

1. Kolom (1) rasio tulangan yang digunakan dalam perhitungan grafik interaksi kolom.
2. Kolom (2) kuat beban aksial nominal sentris.
3. Kolom (3) kuat beban aksial nominal maksimum dengan eksentrisitas minimum untuk kolom sengkang, $P_n = 0,80 \cdot P_o$.
4. Kolom (4) dan (5), kuat beban aksial nominal kolom dan kuat momen nominal kolom dalam kondisi seimbang (*balanced*).
5. Kolom (6) dan (7), kuat beban aksial nominal kolom dan kuat momen nominal kolom dalam kondisi keruntuhan tarik menentukan.
6. Kolom (8) dan (9), kuat beban aksial nominal kolom dan kuat momen nominal kolom dalam kondisi keruntuhan tekan menentukan.
7. Kolom (10) kuat momen murni nominal kolom dimana eksentrisitas kolom tak terhitung sehingga P_n bernilai 0.

P_n
[$10^3 \cdot \text{KN}$]



Grafik Interaksi Kolom

$h = 600 \text{ mm}$

$b = 600 \text{ mm}$

$f_c' = 30 \text{ MPa}$

$f_y = 400 \text{ MPa}$

$\rho_l = 0,85$

B = Balanced

P_o = Aksial Murni

M_o = Momen Murni

I = Patah tarik menentukan

II & III = Patah desak menentukan

Skala :

1 cm = 1,0 [10^3] ($\uparrow$)

2,5 cm = 0,5 [10^3] ($\rightarrow$)

$M_n = P_n \cdot e$ [$10^3 \cdot \text{KN-M}$] $\rightarrow$

Tabel 4.11. Penulangan kolom akibat M_u , K_{-x} dan N_u , K_{-x}

Lt	kolom (no el)	Nu, k-x (kN)		Nu, k-x/ ϕ (kN)		Mu, k-x (kN-m)	Mu, k-x/ ϕ (kN-m)	r (%)	As Perlu (mm ²)	Tulangan terpasang	As Aktual (mm ²)	r Aktual (%)
		Max	Min	Max	Min							
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
1	(1)	2602,24	2461,18	4003,45	3786,43	864,51	1330,02	2,65	9540,00	16D-28	9812,035	2,74
2	(16)	2355,23	2204,87	3623,43	3392,11	991,51	1525,40	3,54	12744,00	16D-32	12867,964	3,57
3	(31)	2100,93	1945,57	3232,20	2993,18	991,51	1525,40	3,46	12456,00	16D-32	12867,964	3,57
1	(3)	3971,62	3173,30	6110,18	4882,00	960,87	1478,26	3,92	14112,00	16D-36	16286,016	4,52
2	(18)	3578,08	2854,62	5504,73	4391,72	1078,87	1659,80	4,40	15840,00	16D-36	16286,016	4,52
3	(33)	3175,86	2554,88	4885,94	3930,58	1089,16	1675,63	4,15	14940,00	16D-36	16286,016	4,52
1	(8)	6205,53	6138,70	9546,97	9444,15	755,87	1162,88	5,00	18000,00	24D-32	19301,945	5,36
2	(23)	5233,68	5164,30	8051,82	7945,08	1010,90	1555,23	5,30	19152,00	24D-32	19301,945	5,36
3	(38)	4809,24	4736,86	7398,83	7287,48	1062,66	1634,86	5,25	18324,00	24D-32	19301,945	5,36

Keterangan tabel 4.11 :

1. Kolom (2) adalah nomor elemen struktur (lihat gambar 4.25).
2. Kolom (3), (4) dan (7) lihat tabel 4.7, 4.8, 4.9 dan tabel 4.10.
3. Kolom (5), (6) dan (8) gaya aksial dan momen desain kolom.
(Diperoleh dari gaya aksial dan momen yang dibagi dengan faktor reduksi $\phi = 0,65$).
4. Kolom (9) hasil dari pembacaan grafik interaksi kolom.
5. Kolom (13) adalah r_{aktual} berdasarkan luas tulangan sebenarnya yang terpasang pada kolom.

Tabel 4.12. Penulangan kolom akibat Mu, K-y dan Nu, K-y

Lt	kolom (no el)	Nu, k-y (kN)		Nu, k-y/ ϕ (kN)		Mu, k-y (kN-m)	Mu, k-y/ ϕ (kN-m)	r (%)	As Perlu (mm ²)	Tulangan terpasang	As Aktual (mm ²)	r Aktual (%)
		Max	Min	Max	Min							
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
1	(1)	2585,33	2478,09	3977,43	3812,45	754,25	1160,38	2,00	7200,00	16D-28	9852,035	2,74
2	(16)	2345,03	2215,07	3607,74	3407,80	976,99	1503,06	3,42	12312,00	16D-32	12867,964	3,57
3	(31)	2090,40	1956,10	3216,00	3009,38	976,99	1503,06	3,38	12168,00	16D-32	12867,964	3,57
1	(3)	3961,51	1457,01	6094,63	2241,55	439,82	676,65	1,0*	3600,00	8D-28	4926,017	1,37
2	(18)	3568,22	1330,28	5489,57	2046,58	797,49	1226,91	2,41	8676,00	16D-28	9852,035	2,74
3	(33)	3169,41	1275,98	4876,02	1963,05	831,77	1279,65	2,54	9144,00	16D-28	9852,035	2,74
1	(8)	6202,21	6152,85	9541,86	9465,92	536,19	824,91	3,63	13068,00	24D-28	14778,052	4,11
2	(23)	5231,21	5174,16	8048,02	7960,25	994,09	1529,37	5,27	18972,00	24D-32	19301,945	5,36
3	(38)	4807,18	4743,31	7395,66	7297,40	1001,77	1541,18	4,85	17460,00	24D-32	19301,945	5,36

Keterangan tabel 4.11 :

1. Kolom (2) adalah nomor elemen struktur (lihat gambar 4.25).
2. Kolom (3), (4) dan (7) lihat tabel 4.7, 4.8, 4.9 dan tabel 4.10.
3. Kolom (5), (6) dan (8) gaya aksial dan momen desain kolom.
(Diperoleh dari gaya aksial dan momen yang dibagi dengan faktor reduksi $\phi = 0,65$).
4. Kolom (9) hasil dari pembacaan grafik interaksi kolom.
5. Kolom (13) adalah r_{aktual} berdasarkan luas tulangan sebenarnya yang terpasang pada kolom.

* luas tulangan minimum kolom 1%.

Dari kedua tabel penulangan kolom diatas maka dapat disusun tabel untuk tulangan terpasang kolom seperti yang terdapat pada tabel 4.13 dibawah ini.

Tabel 4.13. Tulangan terpasang kolom

Lt	Kolom	Tulangan terpasang	As aktual terpasang	r
	(No-el)		(mm ²)	(%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	(1)	16 D- ₂₈	9852,035	2,74
2	(16)	16 D- ₃₂	12867,964	3,57
3	(31)	16 D- ₃₂	12867,964	3,57
1	(3)	16 D- ₃₆	16286,016	4,52
2	(18)	16 D- ₃₆	16286,016	4,52
3	(33)	16 D- ₃₆	16286,016	4,52
1	(8)	24 D- ₃₂	19301,945	5,36
2	(23)	24 D- ₃₂	19301,945	5,36
3	(38)	24 D- ₃₂	19301,945	5,36

4.6 Gaya Geser dan Perhitungan Tulangan Geser Kolom

Gaya geser rencana kolom diperoleh dari persamaan (3.6) dan (3.7) untuk kolom lantai atas dan kolom lantai dasar, tetapi gaya geser rencana kolom tidak boleh melampaui gaya geser maksimum yang diperoleh dari persamaan (3.8).

Pada kolom lantai dasar dan kolom lantai paling atas (atap) yang memperbolehkan terjadinya sendi plastis pada kolom (*beam sway mechanism*), gaya geser rencana dihitung berdasar pada momen kapasitas dari kolom yaitu momen nominal aktual dari kolom yang dikalikan dengan faktor penambah kekuatan (*over strength factor*) ϕ_0 sebesar 1,25 untuk $f_y \leq 400$ MPa (lihat gambar 3.3).

Pada tugas akhir ini, dari hasil analisis gaya-gaya pada portal terbuka beton bertulang 10 lantai (dengan menggunakan program komputer SAP-90) dan hasil studi yang dilakukan oleh para ahli setelah suatu daerah tertentu dilanda gempa, menunjukkan bahwa peristiwa keruntuhan pada suatu struktur bangunan akibat beban gempa dengan kekakuan kolom antar lantai yang relatif sama, karena beban geser yang sangat besar, banyak terjadi pada kolom lantai dasar, lantai 1, 2, atau pada lantai 3 (seperti pada hasil studi terakhir dari gempa Kobe, 1995).



Gambar 4.34. Kolom yang mengalami kegagalan geser, pecah dalam arah diagonal

Hal ini menggambarkan bahwa suatu struktur yang mengalami beban dinamis seperti beban gempa, kolom yang menahan beban geser paling besar justru terjadi pada lantai dasar, lantai 1, lantai 2 atau pada lantai 3 tergantung pada jumlah lantai struktur tersebut.

Keruntuhan akibat geser pada kolom struktur suatu gedung atau yang lebih dikenal dengan nama *short column effects*, adalah keruntuhan yang getas dan terjadi akibat tidak adanya pengekangan pada inti beton serta kurang rapatnya jarak sengkang sehingga mengakibatkan tertekuknya tulangan longitudinal dan pecahnya inti beton yang sebelumnya diawali dengan pecahnya selimut beton dalam arah diagonal (lihat gambar 1.3 dan gambar 4.33).

Oleh karena itu dalam tugas akhir ini, perhitungan dan analisis geser pada kolom hanya dilakukan dari lantai 1 sampai dengan lantai 3 sebagai bagian dari suatu struktur yang mengalami gaya geser yang paling besar, selain karena terbatasnya waktu yang diberikan karena sesuai dengan prinsip desain kapasitas, untuk menghitung dan menganalisis gaya geser yang terjadi pada kolom, terlebih dahulu harus diketahui jumlah dan luasan tulangan yang terpasang pada balok serta jumlah dan luasan tulangan yang terpasang pada kolom, yang mana hal ini berarti hampir mendekati dan meliputi desain struktur secara keseluruhan.

Seperti yang telah dijelaskan di atas, khusus untuk daerah ujung kolom (ujung kolom bawah lantai 1 atau lantai dasar dan ujung kolom bagian atas lantai atap, pada tugas akhir ini ujung kolom bagian atas lantai atap tidak dihitung karena analisis yang dilakukan hanya sampai pada lantai 3) yang diharapkan akan terjadi sendi plastis, kemampuan geser oleh beton diabaikan sehingga semua gaya geser dipikul oleh

tulangan geser ($V_c = 0$), sedangkan pada daerah yang lain kontribusi nilai V_c tetap diperhitungkan dalam menahan gaya geser ($V_c \neq 0$).

Besarnya gaya geser yang mampu disumbangkan oleh beton dapat dihitung dengan persamaan 4.3 di bawah. Persamaan 4.3 ini menunjukkan bahwa kemampuan beton dalam menahan geser sangat dipengaruhi oleh dimensi tampang dari kolom serta mutu beton itu sendiri.

$$V_c = (1 + N_u / 14 \cdot A_g) \cdot (\sqrt{f'_c} / 6) \cdot b \cdot d \quad (4.3)$$

dengan,

N_u = gaya aksial minimum yang terjadi pada kolom yang ditinjau,

A_g = luas bruto dari penampang kolom,

f'_c = mutu beton,

b = lebar kolom yang ditinjau,

d = tinggi efektif dari kolom yang ditinjau.

Tulangan geser kolom harus dipasang pada seluruh tinggi kolom dengan jarak maksimum sebagai berikut (SK SNI 3.14.4-4.2),

1. $1/4$ dimensi komponen struktur terkecil $= 1/4 \cdot 600 = 150$ mm,
2. 8 kali diameter tulangan longitudinal, diambil ukuran terkecil $= 8 \cdot 28 = 224$ mm,
3. ≤ 100 mm.

Jarak spasi kait silang ataupun kaki sengkang tertutup majemuk tidak boleh lebih dari 350 mm.

Pada setiap muka join dan pada kedua sisi setiap penampang yang berpotensi mengalami sendi plastis akibat terjadinya perpindahan lateral *inelastis* dari struktur,

harus dipasang tulangan transversal (sengkang) sepanjang l_0 dari muka yang ditinjau, dimana panjang l_0 tidak boleh kurang dari,

1. Tinggi komponen dimensi struktur, h , untuk $N_u < 0,3 \cdot A_g \cdot f_c' \text{ (kN)}$,

$$h = 600 \text{ mm, untuk } N_u < 3240 \text{ kN,}$$

2. $1,5 \cdot h$ untuk $N_u > 0,3 \cdot A_g \cdot f_c' \text{ (kN)}$,

$$1,5 \cdot 600 = 900 \text{ mm,}$$

3. $1/6$ bentang bersih komponen struktur

$$\text{Untuk arah X} = 1/6 \cdot L_{nx} = 1/6 \cdot 5400 = 900 \text{ mm,}$$

$$\text{Untuk arah Y} = 1/6 \cdot L_{ny} = 1/6 \cdot 7400 = 1233,33 \text{ mm} \approx 1240 \text{ mm,}$$

4. Lebih besar dari 450 mm.

4.6.1 Geser rencana dan geser maksimum kolom

a. Momen kapasitas kolom

Untuk mencari momen kapasitas kolom dilakukan interpolasi linier berdasarkan luas tulangan aktual yang terpasang pada kolom, setelah momen nominal aktual kolom diperoleh maka momen nominal aktual kolom dikalikan dengan faktor penambah kekuatan atau dengan kata lain,

$$M_{\text{kapasitas kolom}} = \phi_0 \cdot M_{\text{nominal kolom}}$$

a.1. Kolom lantai 1, nomor elemen 1

Tulangan yang digunakan adalah 16 D-28 dengan luas, $A_{s\text{total}} = 9852,035 \text{ mm}^2$.

$$\text{Rasio tulangan, } r = A_{s\text{total}} / A_g$$

$$= 9852,035 / (600^2) = 2,74 \%$$

$$N_{u,k} \text{ yang dianggap bekerja} = N_{u,k} / \phi$$

$$= 2602,24 / 0,65 = 4003,45 \text{ kN}$$

Dari grafik interaksi kolom diperoleh nilai batas untuk rasio penulangan versus momen adalah sebagai berikut :

$$\text{- rasio 2 \%} = 1,18 \cdot (10^3 \text{ kN-m})$$

$$\text{- rasio 3 \%} = 1,42 \cdot (10^3 \text{ kN-m})$$

$$\text{- rasio 2,74 \%} = X \cdot (10^3 \text{ kN-m}),$$

dengan cara interpolasi linier dapat diperoleh nilai momen nominal aktual kolom,

$$X = 1,36 \cdot (10^3 \text{ kN-m}).$$

$$\begin{aligned} M_{\text{nominal kolom}} &= 1360 \text{ kN-m} > M_{u,k} / \phi \\ &> 864,51 / 0,65 = 1330,02 \text{ kN-m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{kapasitas kolom}} &= 1,25 \cdot 1360 \\ &= 1700 \text{ kN-m.} \end{aligned}$$

a.2. Kolom lantai 1, nomor elemen 3

Dengan cara yang sama untuk rasio penulangan $r = 4,52 \%$ (16 D-36, $A_{s\text{total}} = 16286,016 \text{ mm}^2$) didapat momen nominal aktual kolom, $M_{\text{nak, k}} = 1687,10 \text{ kN-m}$.

$$\begin{aligned} M_{\text{kapasitas kolom}} &= 1,25 \cdot 1687,10 \\ &= 2108,88 \text{ kN-m.} \end{aligned}$$

a.3. Kolom lantai 1, nomor elemen 8

$r = 5,36 \%$ (24 D-32, $A_{s\text{total}} = 19301,945 \text{ mm}^2$), $M_{\text{nak, k}} = 1721,25 \text{ kN-m}$.

$$\begin{aligned} M_{\text{kapasitas kolom}} &= 1,25 \cdot 1721,25 \\ &= 2151,56 \text{ kN-m.} \end{aligned}$$

b. Gaya geser rencana kolom

Gaya geser rencana kolom ($V_{u,k}$) dihitung dengan persamaan 3.6 dan 3.7.

$$V_{u,k} \text{ kolom lantai 1, nomor elemen 1} = \frac{289,36 + 1700,00}{2,90} = 685,99 \text{ kN}$$

Gaya geser rencana kolom yang lain diperoleh dengan cara yang sama dan hasilnya disusun dalam bentuk tabel pada tabel 4.14 di bawah.

c. Gaya geser maksimum kolom

Gaya geser maksimum pada kolom untuk arah sumbu X dan arah sumbu Y dihitung dengan menggunakan persamaan 3.8. Gaya geser maksimum yang dihitung merupakan penjumlahan dari gaya geser akibat beban mati, gaya geser akibat beban hidup dan gaya geser akibat beban gempa yang dikalikan dengan faktor daktilitas yang direncanakan.

Sesuai dengan persyaratan yang ditentukan oleh Peraturan Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987, bahwa gaya geser yang dihitung harus memperhitungkan juga pengaruh gempa 30% tegak lurus dari arah sumbu utama yang ditinjau, oleh karena itu input data pada program komputer SAP-90 sesuai dengan persyaratan diatas juga telah memperhitungkan pengaruh gempa 30% tegak lurus sumbu utama yang ditinjau, sehingga hasil yang diperoleh bisa langsung digunakan dalam perhitungan.

c.1. Gaya geser maksimum kolom lantai 1 (nomor elemen 1) arah sumbu X

$$V_{u,k1-x \text{ maks}} = 1,05 \cdot [14,68 + 1,80 + ((4/1) \cdot 282,11)]$$

$$= 1202,17 \text{ kN-m.}$$

c.2. Gaya geser maksimum kolom lantai 1 (nomor elemen 1) arah sumbu Y

$$V_{u,k1-y \text{ maks}} = 1,05 \cdot [26,62 + 3,51 + ((4/1) \cdot 223,49)]$$

$$= 970,29 \text{ kN-m.}$$

Gaya geser maksimum kolom yang lain untuk arah sumbu X dan sumbu Y dihitung dengan cara yang sama dan hasilnya disusun dalam bentuk tabel pada tabel 4.14.

Tabel 4.14. Gaya geser rencana dan gaya geser maksimum kolom

Lt	Kolom	Mu, k ^{-atas}	Mu, k ^{-bawah}	V _d , k-x	V _d , k-y	V _i , k-x	V _i , k-y	V _E , k-x	V _E , k-y	V _u , k	V _u , kx ^{-maks}	V _u , ky ^{-maks}
(1)	(2)	(kN-m) (3)	(kN-m) (4)	(kN) (5)	(kN) (6)	(kN) (7)	(kN) (8)	(kN) (9)	(kN) (10)	(kN) (11)	(kN) (12)	(kN) (13)
1	(1)	289,36	1700,00*	14,68	26,62	1,80	3,51	282,11	223,49	685,99	1202,17	970,29
2	(16)	862,98	991,51	23,75	43,30	2,96	5,74	226,30	192,09	639,48	978,51	858,27
3	(31)	991,57	973,15	24,91	42,80	3,23	5,72	208,67	177,98	677,47	905,96	797,41
1	(3)	530,79	2108,88*	0	37,53	0	6,95	367,63	127,20	910,23	1544,47	580,94
2	(18)	982,97	1078,87	0	61,15	0	11,36	391,48	112,18	710,98	1644,22	547,29
3	(33)	1089,16	1089,16	0	60,54	0	11,30	384,08	105,61	751,14	1613,14	518,96
1	(8)	586,11	2151,56*	0	0	0	0	367,73	169,69	944,04	1544,47	711,44
2	(23)	984,98	1010,90	0	0	0	0	391,48	197,12	688,23	1644,22	827,90
3	(38)	1062,66	1062,66	0	0	0	0	384,08	197,47	732,87	1613,14	829,37

Keterangan tabel 4.14 :

- Kolom (2) adalah nomor elemen struktur (lihat gambar 4.25).
- Kolom (3) dan (4) lihat tabel 4.7.
- * = Momen kapasitas kolom = ϕM_{nak} , k.
- Kolom (5), (6), (7), (8), (9) dan (10) diperoleh dari hasil analisis struktur dengan program komputer SAP-90.
- Kolom (11) lihat persamaan 3.8.
- Kolom (12) dan (13) lihat persamaan 3.9 diatas.

4.6.2 Gaya geser dan tulangan geser kolom

Seperti yang telah disebutkan di atas bahwa gaya geser rencana nilainya tidak boleh melampaui nilai gaya geser maksimum, sehingga apabila terjadi nilai gaya geser rencana melampaui gaya geser maksimum maka yang digunakan adalah nilai gaya geser maksimum, oleh karena itu dari tabel 4.14 dapat diperoleh nilai V_u , $k_{rencana}$ yang digunakan untuk mencari tulangan geser yang dibutuhkan.

Pada tugas akhir ini tulangan geser yang digunakan untuk kolom adalah sengkang *deform* sehingga kemampuan sengkang sebagai tulangan geser dalam menahan gaya geser yang terjadi sangat dipengaruhi oleh :

1. Luas tulangan sengkang yang digunakan,
2. Mutu baja dari sengkang yang akan digunakan,
3. Besarnya gaya geser yang terjadi,
4. Tinggi efektif dari penampang kolom yang digunakan dan,
5. Spasi (S) atau tingkat kerapatan sengkang yang digunakan dalam menahan gaya geser.

Kelima hal tersebut mempunyai pengaruh terhadap tahanan geser yang mampu diberikan oleh sengkang (V_s) terutama pada bagian bawah dari struktur kolom lantai 1 dasar yang memungkinkan terjadinya sendi plastis dimana kontribusi beton dalam menahan geser, $V_c = 0$, tetapi dengan mengingat sifat dari bahan beton yang relatif getas, oleh karena itu meskipun pada bagian lain dari kolom dimana kontribusi dari beton dalam menahan gaya geser tetap diperhitungkan, kolom sebagai bagian dari suatu elemen struktur yang memikul beban kombinasi berupa momen dan gaya aksial yang besar akibat pengaruh dari beban dinamis gempa (beban siklis), kemampuan

beton dalam menahan geser akibat sifat pembeban seperti di atas tidak dapat diharapkan (V_c berkurang secara *significant*).

Oleh karena itu untuk menghindari keruntuhan getas akibat beban geser yang besar pada seluruh tinggi kolom harus dipasang sengkang dengan jarak spasi yang tidak terlalu besar (lihat halaman 102 dan halaman 103 tentang persyaratan jarak spasi, S dan l_0). Meskipun begitu penggunaan jarak spasi yang terlalu rapat tidak disarankan karena hal ini akan mengakibatkan kesulitan dalam pekerjaan pengecoran beton maupun pekerjaan pemasangan tulangan balok ke kolom, dengan mengingat kedua hal tersebut jarak spasi minimal yang disarankan tidak boleh kurang dari 60 mm kecuali pada daerah yang berbatasan langsung dengan muka titik buhul (*joint*) yang akan dibahas pada sub bab berikutnya. Jarak spasi minimal yang disarankan ini diambil berdasarkan ukuran agregat kasar terbesar adalah 30 mm dan diameter tulangan terbesar 36 mm sehingga jarak yang digunakan cukup *moderate*.

Jarak spasi yang diperlukan dapat diperoleh dari persamaan 4.4 berikut ini,

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{\left(\frac{V_u}{\phi} \right)} \quad (4.4)$$

sedangkan gaya geser yang dapat disumbangkan oleh sengkang adalah,

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \quad (4.5)$$

dengan,

S = jarak spasi sengkang yang dibutuhkan (mm),

A_v = luas sengkang yang digunakan (mm²),

f_y = mutu baja sengkang yang digunakan (MPa),

d = tinggi efektif penampang kolom (mm),

$V_{u,k}$ = gaya geser ultimit rencana (kN),

ϕ = faktor reduksi kekuatan untuk beban geser = 0,60,

V_s = gaya geser yang mampu ditahan oleh sengkang (kN).

a. Tulangan geser kolom lantai 1_{bawah}, (nomor elemen 1)

Digunakan sengkang *deform* D-12 dengan mutu baja $f_y = 400$ MPa, dengan luas 1 sengkang (A_v) menurut SK SNI T-15-1991-03 adalah 2 kali luas dari diameter tulangan sengkang yang digunakan,

$$\begin{aligned} \text{sehingga } A_v &= 2 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot d^2) \\ &= 2 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot 12^2) \\ &= 2 \cdot (113,10) = 226,20 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pada lantai 1_{bawah} $V_c = 0$, sehingga seluruh gaya geser yang terjadi ditahan oleh tulangan sengkang, yang berarti $V_{u,k}$ desain tidak direduksi dengan nilai V_c .

$$V_{u,k} \text{ desain} = V_{u,k} / \phi$$

$$\begin{aligned} V_{u,k} \text{ desain} &= 685,99 / 0,60 \\ &= 1143,32 \text{ kN} \end{aligned}$$

Jarak sengkang perlu adalah,

$$S = \frac{226,20 \cdot 400 \cdot 530}{1143,32 \cdot 10^3} = 41,94 \text{ mm}$$

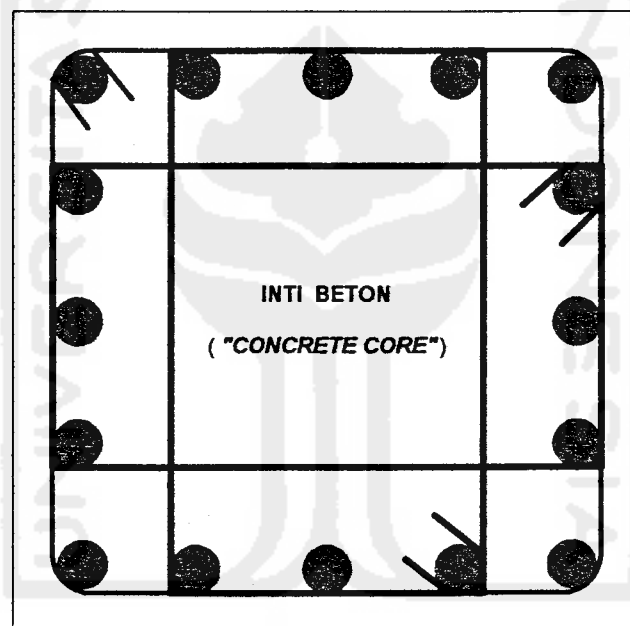
Jarak sengkang perlu yang diperoleh ternyata terlalu rapat untuk digunakan sehingga luas tulangan sengkang yang digunakan ditingkatkan dengan menggunakan 2 sengkang *cross tie* (lihat gambar 4.35) pada penampang kolom lantai 1_{bawah} sehingga luas sengkang, $A_v = 226,20 + (2 \cdot 113,10) = 452,40 \text{ mm}^2$.

$$S = \frac{452,40 \cdot 400 \cdot 530}{1143,32 \cdot 10^3} = 83,89 \text{ mm} \approx 80 \text{ mm}$$

Digunakan jarak spasi antar sengkang, $S = 80$ mm, sehingga gaya geser yang mampu ditahan oleh sengkang adalah,

$$V_s = \frac{452,40 \cdot 400 \cdot 530}{80} = 1198,86 \text{ kN} > V_{u,k} / \phi = 1143,32 \text{ kN}$$

Jarak spasi antar sengkang yang digunakan, $S = 80 \text{ mm} < 100 \text{ mm}$ telah memenuhi persyaratan yang ditentukan oleh SK SNI T-15-1991-03 (lihat halaman 102).



Gambar 4.35. Kolom sengkang segi 4 dengan 2 sengkang pengikat tambahan (*cross tie*)

b. Tulangan geser kolom lantai 1_{atas}, (nomor elemen 1)

Pada kolom lantai 1_{atas}, kontribusi V_c diperhitungkan dalam memberikan tahanan geser. Kemampuan beton dalam menahan geser, V_c dihitung dengan menggunakan persamaan 4.3.

$$V_c = (1 + (N_u / 14 \cdot A_g) \cdot (\sqrt{f_c'} / 6) \cdot b \cdot d$$

Gaya aksial (N_u) yang digunakan diambil nilai terkecil dari tabel 4.9 dan tabel 4.10.

Dari tabel 4.9 dan tabel 4.10 diperoleh nilai terkecil dari $N_u = 2461,18$ kN.

$$\begin{aligned} V_c &= \{ 1 + (2461180 / (14 \cdot 600^2)) \} \cdot (\sqrt{30} / 6) \cdot 600 \cdot 530 \cdot (10^{-3}) \\ &= 431,18 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya geser yang digunakan dalam perhitungan adalah gaya geser yang didapat dari pengurangan gaya geser rencana ($V_{u,k}$) dengan gaya geser yang mampu disumbangkan oleh beton (V_c) sehingga,

$$\begin{aligned} V_{u,k,r} &= (685,99 / 0,60) - 431,18 \\ &= 712,14 \text{ kN} \end{aligned}$$

Jarak sengkang perlu adalah :

$$S = \frac{226,20 \cdot 400 \cdot 530}{712,14 \cdot 10^3} = 67,34 \text{ mm} \approx 60 \text{ mm}$$

Luas sengkang ditingkatkan dengan menggunakan 3 sengkang (1 sengkang segi 4 dan 2 sengkang ikat tambahan) sehingga luas sengkang $A_v = 452,40 \text{ mm}^2$.

Jarak sengkang perlu dihitung kembali,

$$\begin{aligned} S &= \frac{452,40 \cdot 400 \cdot 530}{712,14 \cdot 10^3} = 134,68 \text{ mm} \approx 120 \text{ mm} \\ &= 120 \text{ mm} < 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya geser yang mampu ditahan oleh 1 sengkang segi 4 dan 2 sengkang pengikat tambahan adalah,

$$V_s = \frac{452,40 \cdot 400 \cdot 530}{120} = 737,76 \text{ kN}$$

Sehingga gaya geser aktual yang mampu ditahan oleh sengkang dan beton adalah :

$$V_c + V_s > V_{u,k} / \phi$$

$$431,18 + 737,76 > 685,99 / \phi$$

$$1230,42 \text{ kN} > 1143,32 \text{ kN}$$

Dengan cara yang sama tulangan geser dan jarak spasi yang digunakan untuk kolom yang lain diperoleh dan hasilnya disusun dalam bentuk tabel pada tabel 4.15.

Tabel 4.15. Gaya geser rencana dan tulangan geser kolom

Lt	Kolom	Vu, k	Nu, k	Vc	Tulangan Geser	Geser aktual, Vu, k / $\phi < Vc + Vs$
	(no el)	(kN)	(kN)	(kN)	(mm)	(kN)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	(1) a	685,99	2461,18	431,18	3 D ₁₂ - 120	1143,32 < 1230,42
	(1) b	685,99	2461,18	0,00	3 D ₁₂ - 80	1143,32 < 1198,86
2	(16)	639,48	2204,87	416,71	3 D ₁₂ - 120	1065,80 < 1215,95
3	(31)	677,47	1945,57	402,24	3 D ₁₂ - 120	1129,12 < 1201,48
1	(3) a	580,94	1457,01	373,30	3 D ₁₂ - 140	968,23 < 1058,36
	(3) b	580,94	1457,01	0,00	3 D ₁₂ - 90	968,23 < 1065,65
2	(18)	547,29	1330,28	364,62	3 D ₁₂ - 140	912,15 < 1049,68
3	(33)	518,96	1275,98	361,73	3 D ₁₂ - 150	864,93 < 1001,12
1	(8) a	711,44	6138,70	642,42	3 D ₁₂ - 130	1185,73 < 1380,18
	(8) b	711,44	6138,70	0,00	3 D ₁₂ - 75	1185,73 < 1278,78
2	(23)	688,23	5164,30	584,55	3 D ₁₂ - 130	1147,05 < 1322,31
3	(38)	732,87	4736,86	561,40	3 D ₁₂ - 130	1221,45 < 1299,16

Keterangan tabel 4.15 :

- Kolom (2) adalah nomor elemen struktur (lihat gambar 4.25).
a = atas, b = bawah.
- Kolom (3) gaya geser rencana, lihat tabel 4.14, diambil nilai terkecil.
- Kolom (4) gaya aksial, diperoleh dari tabel 4.9 tabel 4.10 dan diambil nilai yang terkecil.
- Kolom (5) gaya geser yang disumbangkan oleh beton, lihat persamaan 4.3.
- Kolom (6) dari persamaan 3.26, angka di depan diameter D, menunjukkan banyaknya sengkang yang digunakan (1 sengkang segi 4 dan 2 cross tie).
- Kolom (7) gaya geser nominal aktual, dari persamaan 4.3 dan 4.5.

Hasil yang diperoleh dari perhitungan gaya geser dan sengkang yang digunakan (tabel 4.15) menunjukkan bahwa kemampuan kolom dalam menahan geser tidak hanya dipengaruhi oleh besarnya gaya geser yang terjadi, tetapi juga dipengaruhi oleh gaya aksial yang bekerja pada kolom tersebut.

Gaya geser yang terjadi pada kolom merupakan fungsi dari momen yang terjadi pada kolom tersebut akibat mekanisme goyangan dari balok sebagai suatu elemen struktur yang berfungsi menyerap dan memencarkan energi gempa (prinsip desain kapasitas). Mekanisme goyangan dari balok mempengaruhi besarnya momen yang bekerja pada kolom, sehingga kolom yang dirancang lebih kuat dari balok (*strong column weak beam*) selain menahan momen, juga menerima gaya geser yang terjadi akibat momen nominal aktual yang disediakan oleh balok dan gaya geser yang terjadi akibat beban dinamis gempa (lihat persamaan 3.6, 3.7 dan 3.8 di atas).

Pembebanan secara siklis atau bolak-balik pada kolom struktur menyebabkan kolom mengalami gaya aksial desak dan gaya aksial tarik secara bergantian (terutama pada kolom eksterior). Pada saat kolom mengalami gaya aksial tarik, tulangan longitudinal kolom akan mengalami regangan tarik *inelastis* yang besar, sehingga pada saat gaya aksial berbalik arah menjadi gaya aksial desak maka tulangan yang telah bertambah panjang dan telah berkurang kekakuannya akan mengalami desak yang mengakibatkan tertekuknya tulangan longitudinal kolom (*buckling*) setelah sebelumnya diawali oleh pecahnya selimut beton pada kolom.

Pecahnya selimut beton mengakibatkan hilangnya dukungan lateral tulangan longitudinal kolom, sehingga pada tulangan longitudinal kolom terjadi peristiwa tekuk pada bagian yang tidak ditahan oleh sengkang. Setelah terjadi tekuk pada tulangan longitudinal kolom dan pecahnya selimut beton, beban eksternal yang bekerja ditahan

oleh inti beton (*concrete core*) yang dengan sangat cepat berkurang kekuatannya akibat hilangnya efek pengekangan dari tulangan longitudinal pada inti beton, sehingga apabila inti beton telah mencapai kekuatan runtuhnya, keseluruhan kolom runtuh secara mendadak (*suddenly*). Hal ini menunjukkan bahwa selimut beton pada kolom tidak ikut menyumbangkan kekuatan atau tahanan geser pada kolom struktur (lihat gambar 3.1).

Peristiwa keruntuhan seperti yang tersebut di atas terjadi pada kolom sengkang biasa (tanpa ikatan melintang) yang hanya dirancang untuk tipe pembebanan statis tetapi mengalami pembebanan dinamis gempa, dimana fungsi sengkang hanya untuk "memegang" tulangan longitudinal kolom agar tetap kokoh ditempatnya dengan spasi antar sengkang yang relatif jauh.

Tipe keruntuhan seperti di atas adalah keruntuhan getas akibat gaya geser dan gaya aksial. Kolom sebagai suatu elemen struktur yang memikul momen, gaya geser dan gaya aksial tentunya harus dilindungi dari keruntuhan getas dengan menyediakan pengekangan arah lateral pada tulangan longitudinal kolom dan inti beton dengan pemasangan sengkang yang mempunyai luasan dan jarak yang cukup untuk melindungi tulangan dan inti beton, sehingga tipe keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan daktail.

Kuat geser yang disumbangkan beton pada kolom (V_c) merupakan akibat adanya sifat saling mengunci (*interlocking*) antar butiran agregat kasar pada beton yang akan membentuk suatu strat desak beton diagonal. Akibat dari gaya geser yang terjadi maka kolom akan mengalami retak dalam arah diagonal. Hal ini disebabkan jalur retak umumnya akan menghindari butiran agregat kasar dengan melalui celah antar butiran agregat kasar sehingga apabila kapasitas geser dari kolom terlampaui

maka beton akan menjadi pecah atau terbelah dalam arah diagonal. Oleh karena itu seperti yang terlihat pada persamaan 4.3, kekuatan geser yang mampu disumbangkan oleh beton sangat dipengaruhi oleh mutu beton dan berhubungan langsung dengan gaya aksial yang terjadi dimana gaya aksial tarik akan memperkecil kontribusi beton dalam menahan geser, sedangkan gaya aksial desak akan memperbesar kontribusi beton dalam menahan geser.

Meskipun begitu kolom sebagai suatu elemen struktur yang berfungsi menahan atau meneruskan beban-beban vertikal dari elevasi atas ke elevasi di bawahnya, gaya aksial yang lebih dominan bekerja adalah gaya aksial desak sehingga kontribusi kuat geser beton tetap dapat diperhitungkan kecuali untuk lantai 1 bawah kolom struktur. Sehubungan dengan itu maka gaya aksial yang digunakan selalu gaya aksial desak minimum agar didapat tahanan geser beton yang lebih kecil sebagai faktor keamanan.

Dari uraian di atas jelas terlihat bahwa keruntuhan geser pada kolom struktur mempunyai kaitan secara langsung antara besarnya gaya geser yang terjadi dengan gaya aksial yang bekerja pada kolom sehingga ketahanan geser yang mampu dikembangkan oleh kolom dipengaruhi oleh kedua parameter ini.

Baik pada daerah bawah kolom lantai dasar yang memungkinkan terjadinya sendi plastis ($V_c = 0$) maupun pada kolom yang lain diatas lantai dasar ($V_c \neq 0$), dari perhitungan sengkang pada *trial* pertama diperoleh hasil yang terlalu rapat sehingga tidak mungkin dipakai. Agar kolom tetap mampu menahan geseran yang terjadi dengan jarak spasi antar sengkang (S) yang cukup *moderate*, maka luas sengkang yang digunakan ditingkatkan dengan sengkang ikat tambahan (*cross tie*).

Penentuan jarak maksimum spasi antar sengkang (S) seperti yang disyaratkan oleh SK SNI 3.14 4-4.2, dipengaruhi oleh dimensi terkecil dari kolom dan ukuran

tulangan longitudinal yang digunakan. Dari tabel 4.15 dapat dilihat bahwa jarak spasi antar sengkang yang digunakan memenuhi persyaratan yang ditentukan. Hasil perhitungan juga menunjukkan bahwa kontribusi kuat geser beton cenderung berkurang setiap kenaikan elevasi antar lantai karena pengaruh gaya aksial yang makin mengecil, sedangkan gaya geser yang terjadi hanya sedikit mengalami penurunan atau boleh dikatakan relatif konstan (fenomena seperti ini telah dijelaskan diatas). Sehingga untuk menahan gaya geser yang terjadi pada kolom struktur tetap digunakan jarak antar spasi sengkang yang sama agar didapat nilai tahanan geser sengkang (V_s) yang lebih besar dari gaya geser yang terjadi.

Sedangkan tinggi bagian kritis kolom yang harus dikekang dengan sengkang ikat melintang (l_0) untuk melindungi kolom dari perpindahan lateral *inelastis* adalah $2 \cdot (l_0) = 2480$ mm dari tinggi kolom struktur keseluruhan, dimana tinggi kolom struktur keseluruhan 3500 mm (lihat persyaratan l_0 pada halaman 102 dan 103 dan diambil nilai yang maksimum). Walaupun begitu disarankan pengekangan pada keseluruhan tinggi kolom struktur karena respon *inelastis* kolom akibat geser yang sangat besar pada lantai 1 sampai dengan lantai 3. Selain itu sisa daerah yang tidak dikekang sebesar 1020 mm terletak pada bagian tengah kolom struktur yang diproporsikan sebagai tempat penyambungan tulangan longitudinal kolom, sehingga apabila tidak dikekang dengan baik akan mengakibatkan perlemahan pada kolom struktur (*soft storey*).

Penggunaan sengkang *deform* sebagai tulangan geser pada tugas akhir ini dimaksudkan agar dapat diperoleh lekatan atau tahanan geser yang lebih baik antara sengkang dengan beton. Efek lekatan ini didapat dari bentuk sirip yang ada pada sengkang, sehingga pada saat kolom mengalami gaya aksial siklis maupun gaya geser,

senggang yang digunakan mampu berfungsi dengan optimal dalam menahan gaya-gaya tersebut.

Secara keseluruhan senggang ikat melintang yang didistribusikan secara merata keseluruh tinggi kolom mempunyai beberapa keuntungan yaitu :

1. Memberikan dukungan arah lateral pada tulangan longitudinal kolom untuk mengimbangi pecahnya selimut beton akibat beban yang sangat besar sehingga tulangan longitudinal kolom tidak mengalami tekuk,
2. Memberikan tahanan geser yang merata pada seluruh penampang kolom struktur untuk melawan gaya geser yang terjadi akibat beban siklis,
3. Memberikan pengekangan (*confinement*) pada inti beton sehingga kolom tetap mampu memikul beban setelah kuat batas runtuh terlewati. Akibat efek pengekangan pada inti kolom, regangan dan tegangan desak beton dapat meningkat. (lihat gambar 1.4),
4. Memberikan daktilitas atau keliatan pada kolom untuk memaksa agar sendi plastis terjadi lebih dahulu pada balok.

4.7 Titik Buhul Balok Kolom

Titik buhul diantara batang-batang seperti panel pertemuan balok dan kolom sangat peka terhadap terhadap keretakan awal dibandingkan dengan batang yang didukungnya akibat kerusakan pada semuanya titik buhulnya.

Untuk menghindari hal itu maka perencanaan titik buhul dilakukan dengan konsep desain kapasitas dengan 2 mekanisme yang terjadi yakni mekanisme *strut* beton diagonal yang melewati daerah tekan ujung titik buhul dan mekanisme panel

rangka yang terdiri dari sengkang horizontal dan *strut* diagonal beton daerah tarik titik buhul.

Dalam peraturan beton yang ada diseluruh dunia belum ada kesepakatan dalam perencanaan, yakni tentang ragam keruntuhan yang dapat diterima pada titik buhul balok kolom. Ada yang mengharapkan titik buhul balok kolom tetap dalam keadaan elastis, ada pula yang memperkenankan terjadinya kerusakan-kerusakan (*slip*) pada titik buhul balok kolom asal perilakunya masih tetap daktail. Peraturan ACI memperkenankan terjadinya *slip* pada titik buhul balok kolom dan dapat menerima konsekuensinya, sedangkan SK SNI T-15-1991-03 yang menggunakan perhitungan titik buhul balok kolom berdasarkan CEB 1985 tidak memberikan ketentuan khusus tentang kemungkinan terjadinya *slip*.

Secara ringkas kriteria perencanaan titik buhul balok kolom untuk struktur beton bertulang portal terbuka harus memenuhi ketentuan yang diatur oleh SK SNI T-15-1991-03 sebagai berikut :

1. Kekuatan titik buhul tidak boleh lebih kecil dari kekuatan komponen struktur yang dihubungkan,
2. Titik buhul harus tetap dalam keadaan elastis karena kesulitan dalam perbaikan dan penurunan kemampuan memancarkan energi pada mekanisme keruntuhan titik buhul,
3. Kekuatan kolom tidak boleh diperlemah oleh perilaku titik buhul yang berdekatan,
4. Deformasi titik buhul tidak boleh memperbesar simpangan antar tingkat.

Ketentuan ini dimaksudkan agar dalam perencanaan titik buhul didapat cara yang cukup sederhana tetapi rasional untuk digunakan dalam analisis gaya-gaya yang terjadi pada titik buhul.

4.7.1 Ragam keruntuhan pada titik buhul

Ada 2 ragam keruntuhan pada titik buhul yaitu keruntuhan ikatan (*bond*) dan keruntuhan yang berhubungan dengan kekuatan geser. Dari kedua ragam keruntuhan ini yang terpenting adalah ragam keruntuhan yang berhubungan dengan kekuatan geser.

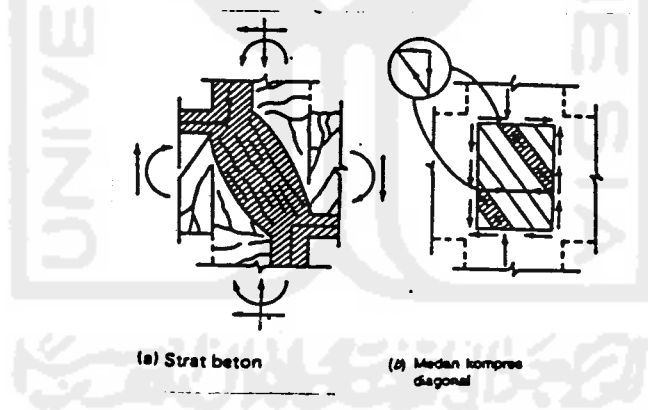
Gaya geser yang didapat dari perencanaan kapasitas besarnya dapat mencapai 4 sampai dengan 5 kali gaya yang terjadi pada kolom yang berdekatan dan gaya ini akan mengakibatkan keruntuhan diagonal tarik (geser) bila di dalam titik buhul tersebut tidak terdapat penulangan geser yang cukup. Keruntuhan geser pada titik buhul balok kolom dapat terjadi sebelum daktilitas di dalam sendi-sendi plastis pada balok struktur tercapai.

Kuat geser atau tahanan geser titik buhul balok kolom sangat ditentukan oleh interaksi dari kedua mekanisme yaitu mekanisme *strut* beton diagonal yang melewati daerah desak ujung titik buhul dan mekanisme panel rangka seperti yang telah dijelaskan di atas.

Pada mekanisme yang pertama, beban lentur yang bekerja pada keempat komponen struktur yang berdekatan secara bersama-sama membentuk suatu *strut* diagonal sepanjang titik buhul (lihat gambar 4.36a). Apabila sendi-sendi plastis dibatasi terjadi pada balok-balok yang bersebelahan dan tegangan geser nominal titik buhul tidak terlalu besar seperti yang biasa terjadi, maka tegangan-tegangan diagonal desak pada inti titik buhul menjadi tidak terlalu besar dan masih dapat ditahan.

Sedangkan pada mekanisme yang kedua, seperti yang tampak pada gambar 4.36b, adalah untuk mengimbangi jumlah gaya lekat yang harus disalurkan oleh

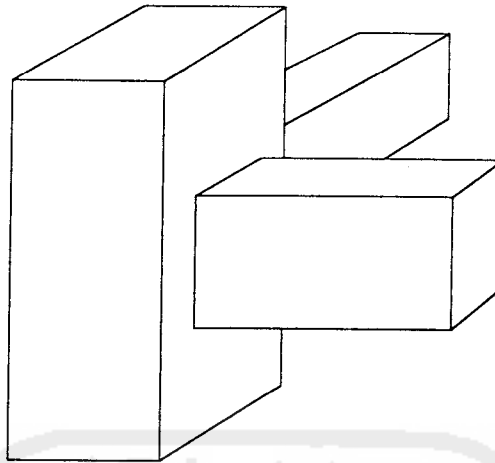
tulangan balok dan kolom kepada beton pada inti titik buhul. Tampak bahwa setelah terjadi retak diagonal maka suatu "aliran geser" di sekeliling penampang membentuk daerah-daerah desak diagonal. *Strat-strat* diagonal seperti tampak pada gambar 4.36b akan segera memikul tegangan-tegangan desak apabila gaya-gaya kekang vertikal dan horizontal pada tepi-tepi titik buhul dapat dijamin bekerja. Untuk ini diperlukan tulangan geser horizontal guna menjamin adanya gaya kekang horizontal pada tepi titik buhul, sedangkan gaya kekang vertikal pada titik buhul dijamin oleh adanya gaya desak kolom, yang mana hal ini menunjukkan bahwa gaya desak pada kolom menambah kontribusi tahanan geser vertikal pada titik buhul. Keseimbangan gaya-gaya yang dibentuk oleh kedua mekanisme ini dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 4.36. Mekanisme tahanan geser pada titik buhul balok kolom

4.7.2 Titik buhul 1 luar (tipe a)

Data-data umum meliputi lebar kolom (b_k) dan tinggi kolom (h_k) yang masing-masing mempunyai ukuran 600 mm, lebar balok (b_b) = 300 mm, tinggi balok (h_b) = 600 mm dengan mutu baja sengkang, $f_y = 400$ MPa.



Gambar 4.37 Titik buhul balok kolom luar tipe (a)

Lebar titik buhul yang digunakan harus memenuhi persamaan dibawah ini dan diambil nilai yang minimum.

$$b_{\text{titik buhul}} = b_k = 600 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} b_{\text{titik buhul}} &= b_b + 1/2 \cdot h_k \\ &= 300 + 1/2 \cdot 600 = 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Lebar titik buhul, } b_j = 600 \text{ mm} = 0,60 \text{ m}$$

1. Perhitungan gaya-gaya dalam titik buhul (arah sumbu X)

Gaya geser kolom pada titik buhul diperoleh dari persamaan 3.12

$$V_{\text{kol}} = \frac{0,70 \left(\frac{l_{ki}}{l_{nki}} M_{\text{kap, ki}} + \frac{l_{ka}}{l_{nka}} M_{\text{kap, ka}} \right)}{\frac{1}{2} (H_{k, a} + H_{k, b})}$$

dengan,

l_{ki} dan l_{ka} = bentang as ke as balok kiri dan kanan titik buhul,

l_{nki} dan l_{nka} = bentang bersih balok kiri dan kanan titik buhul,

$H_{k,a}$ dan $H_{k,b}$ = bentang as ke as kolom diatas dan dibawah titik buhul.

Pengaruh dari balok 151

$$l_{ki} = 6,0 \text{ m,}$$

$$l_{nki} = 5,40 \text{ m,}$$

$$H_k = 3,50 \text{ m.}$$

karena pertemuan dengan kolom luar, maka $M_{nak,ki} = 0$

$$M_{nak, bka} = 930,288 \text{ kN-m (diambil dari tabel 4.6)}$$

$$M_{kap, bka} = \phi_0 \cdot M_{nak,ka} = 1,25 \cdot 930,288 = 1162,86 \text{ kN-m}$$

$$V_{kol} = \frac{0,70 \left(\frac{6,0}{5,4} \cdot 1162,86 + 0 \right)}{\frac{1}{2} (3,5 + 3,5)} = 258,41 \text{ kN}$$

$$T_{ka} = \frac{0,7 \cdot M_{kap, ka}}{Z_{ka}}$$

dengan Z_{ka} = jarak dari titik berat tulangan ke resultan bagian desak beton,

$$Z_{151} = d - a/2$$

$$Z_{151} = 508,5 - \frac{137,485}{2}$$

$$= 439,76 \text{ mm}$$

$$= 0,43976 \text{ m}$$

$$T_{ka} = \frac{0,7 \cdot 1162,86}{0,43976} = 1851,01 \text{ kN}$$

$$V_{j, h} = T_{ka} - V_{kol}$$

$$= 1851,01 - 258,41 = 1592,60 \text{ kN}$$

$$V_{j, v} = (b_j / h_k) \cdot V_{j, h}$$

$$= (0,6 / 0,6) \cdot 1592,60 = 1592,60 \text{ kN}$$

2. Kontrol tegangan geser horizontal minimal

$$\begin{aligned}
 v_{j,h} &= \frac{V_{j,h}}{b_j \cdot h_k} < 1,5 \cdot \sqrt{f_c} \\
 &= \frac{1592,60 \cdot 10^3}{600 \cdot 600} < 1,5 \cdot \sqrt{30} \\
 &= 4,42 \text{ N / mm}^2 < 8,22 \text{ N / mm}^2
 \end{aligned}$$

3. Penulangan geser horizontal

Nilai tahanan geser beton ($V_{c,h}$) yang dipikul oleh *strat* beton harus diperhitungkan sama dengan nol, kecuali apabila tegangan desak pada penampang bruto kolom akibat beban aksial eksternal lebih besar dari tegangan desak rata-rata minimum yang disumbangkan oleh mutu beton. $0,1 f_c$.

Gaya aksial N_u yang bekerja diambil yang maksimum = 2602,24 kN

$$\begin{aligned}
 v_{c,h} &= \frac{N_u}{A_g} = \frac{2602,24 \cdot 10^3}{600 \cdot 600} = 7,23 \text{ N / mm}^2 > 0,1 \cdot f_c \\
 &= 7,23 \text{ N / mm}^2 > 0,1 \cdot 30 = 3 \text{ N / mm}^2
 \end{aligned}$$

Tahanan geser yang disumbangkan oleh beton dihitung kembali dengan persamaan 3.14.

$$\begin{aligned}
 V_{c,h} &= \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{2602,24 \cdot 10^3}{600 \cdot 600} - 0,1 \cdot 30 \right) \cdot 600 \cdot 600 \cdot (10^{-3})} \\
 &= 493,52 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Keseimbangan gaya-gaya di dalam titik buhul harus dipenuhi, sehingga

$$V_{j,h} = V_{s,h} + V_{c,h}$$

$$V_{s,h} = V_{j,h} - V_{c,h}$$

$$= 1592,60 - 493,50$$

$$= 1099,10 \text{ kN}$$

Luas tulangan geser horizontal yang dibutuhkan adalah,

$$A_{s, h} = \frac{V_{s, h}}{f_y} = \frac{1099,10 \cdot 10^3}{400}$$

$$= 2747,75 \text{ mm}^2$$

Digunakan 1 sengkang ikat dan 2 sengkang ikatan melintang *cross tie* dengan luas 1 sengkang *deform* D-12 = 113,10 mm² sehingga

$$A_v = (2) \cdot 2 \cdot 113,10 = 452,40 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah lapis sengkang dalam titik buhul (n)} = \frac{2747,75}{452,40} = 6,07 \approx 7 \text{ lapis sengkang}$$

Lapis sengkang dalam titik buhul didistribusikan secara merata diantara tulangan atas balok dan tulangan bawah balok.

Jarak bersih yang tersedia, $y = b'_j - \text{tulangan}_{\text{utama bawah}} - \text{tulangan}_{\text{utama atas}}$

dengan, $b'_j = b_j - \text{jarak penutup beton ke tulangan utama}$

$$= 600 - (2 \cdot 50)$$

$$b'_j = 500 \text{ mm}$$

$$y = 500 - 36 - (2 \cdot 29) - 25 = 381 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi antar sengkang dalam titik buhul, (S)} = y / (n + 1)$$

$$= 381 / 8 = 47,63 \text{ mm}$$

Spasi yang diperoleh terlalu rapat sehingga diameter sengkang yang digunakan diperbesar, digunakan sengkang D-14 yang mempunyai luas 1 sengkang = 153,94 mm² sehingga luas keseluruhan (1 + 2 *cross tie*) = 615,76 mm².

$$\text{Jumlah lapis sengkang dalam titik buhul (n)} = \frac{2747,75}{615,76} = 4,46 \approx 5 \text{ lapis sengkang}$$

Spasi antar sengkang, (S) = $381 / 6 = 63,50 \text{ mm} \approx 63 \text{ mm}$.

Dari perhitungan di atas maka sengkang yang digunakan sebagai tulangan geser adalah sengkang 3D-14 dengan spasi = 63 mm

4. Penulangan geser vertikal

$$V_{c,v} = V_{j,v} \cdot \left(0,6 + \frac{N_u}{A_g \cdot f_c} \right)$$

$$V_{c,v} = 1592,60 \cdot 10^3 \cdot \left(0,6 + \frac{2602,24 \cdot 10^3}{(600^2 \cdot 30)} \right) \cdot (10^{-3})$$

$$= 1339,29 \text{ kN}$$

$$V_{s,v} = V_{j,v} - V_{c,v}$$

$$= 1592,60 - 1339,29$$

$$= 253,31 \text{ kN}$$

$$A_{j,v} = V_{s,v} / f_y$$

$$= 253,31 \cdot 10^3 / 400$$

$$= 633,28 \text{ mm}^2$$

Tulangan terpasang kolom pada 1 sisi 4D-28, $A_s = 2463,01 \text{ mm}^2 > A_{j,v}$ sehingga telah memenuhi persyaratan 1 tulangan antara pada muka kolom.

5. Kontrol jarak tulangan vertikal

$$b_k = 600 \text{ mm}, d = 40 \text{ mm}, \phi_{\text{sengkang}} = 14 \text{ mm}$$

Lebar kolom bruto dikurangi penutup beton dan sengkang,

$$b'_k = 600 - 2 \cdot (40 + 14) = 492 \text{ mm}$$

Lebar yang ditempati oleh tulangan longitudinal kolom, $5 D_{-28} = 140 \text{ mm}$

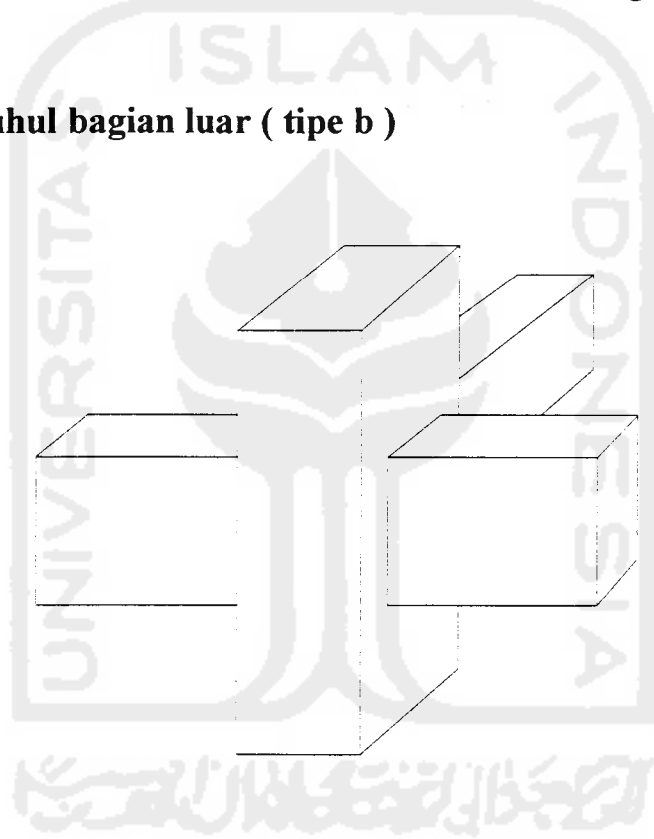
$$\text{Lebar bersih kolom, } b_{k_n} = 492 - 140 = 352 \text{ mm}$$

Jarak bersih antar tulangan yang tersedia = $352 / 4 = 88 \text{ mm} > 40 \text{ mm}$ (SNI 91).

$$P_{k p} = 88 + 28 = 116 \text{ mm} < 200 \text{ mm}$$

Perhitungan gaya-gaya pada titik buhul 1 untuk arah Y (balok dengan elemen 163) dilakukan dengan cara yang sama. Hasil yang diperoleh ternyata lebih kecil karena momen kapasitas yang diberikan oleh balok 163 lebih kecil, sehingga tulangan geser yang digunakan untuk titik buhul didasarkan dari hasil hitungan yang pertama.

4.7.3 Titik buhul bagian luar (tipe b)



Gambar 4.38 Titik buhul balok kolom luar tipe (b)

Mutu bahan dan dimensi balok kolom yang digunakan pada titik buhul tipe b (nomor *joint 3*) sama dengan titik buhul tipe a (nomor *joint 1*).

1. Perhitungan gaya-gaya dalam titik buhul (arah sumbu X)

Pertemuan dari balok 152 dan balok 153

$$l_{ki} = 6,0 \text{ m},$$

$$l_{nki} = 5,40 \text{ m},$$

$$H_k = 3,50 \text{ m}.$$

$$M_{nak, bki} = 467,768 \text{ kN-m (diambil dari tabel 4.6)}$$

$$M_{kap, bki} = \phi_0 \cdot M_{nak, ka} = 1,25 \cdot 467,768 = 584,71 \text{ kN-m}$$

$$M_{nak, bka} = 829,648 \text{ kN-m (diambil dari tabel 4.6)}$$

$$M_{kap, bka} = \phi_0 \cdot M_{nak, ka} = 1,25 \cdot 829,648 = 1037,06 \text{ kN-m}$$

$$V_{kol} = \frac{0,70 \left(\frac{6,0}{5,4} \cdot 584,86 + \frac{6,0}{5,4} \cdot 1037,06 \right)}{\frac{1}{2} (3,5 + 3,5)} = 360,03 \text{ kN}$$

Balok 152 dan balok 153 simetris sehingga $Z_{ka} = Z_{ki}$

$$\begin{aligned} Z_{152} = Z_{153} &= d - a/2 \\ &= 512,36 - \frac{118,792}{2} = 452,96 \text{ mm} = 0,45296 \text{ m} \end{aligned}$$

Keseimbangan gaya-gaya dalam titik buhul 3 harus dipenuhi sehingga,

$$C_{ki} = \frac{0,7 \cdot M_{kap, ki}}{Z_{ki}} = \frac{0,7 \cdot 584,71}{0,45296} = 903,60 \text{ kN}$$

$$T_{ka} = \frac{0,7 \cdot M_{kap, ka}}{Z_{ka}} = \frac{0,7 \cdot 1037,06}{0,45296} = 1602,65 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_{j, h} &= C_{ki} + T_{ka} - V_{kol} \\ &= 903,60 + 1602,65 - 360,03 \end{aligned}$$

$$V_{j, h} = 2146,22 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_{j, v} &= (b_j / h_k) \cdot V_{j, h} \\ &= (0,6 / 0,6) \cdot 2146,22 = 2146,22 \text{ kN} \end{aligned}$$

2. Kontrol tegangan geser horizontal minimal

$$\begin{aligned}
 v_{j,h} &= \frac{V_{j,h}}{b_j \cdot h_k} < 1,5 \cdot \sqrt{f_c} \\
 &= \frac{2146,22 \cdot 10^3}{600 \cdot 600} < 1,5 \cdot \sqrt{30} \\
 &= 5,96 \text{ N / mm}^2 < 8,22 \text{ N / mm}^2
 \end{aligned}$$

3. Penulangan geser horizontal

Nilai tahanan geser beton ($V_{c,h}$) yang dipikul oleh *strat* beton harus diperhitungkan sama dengan nol, kecuali apabila tegangan desak pada penampang bruto kolom akibat beban aksial eksternal lebih besar dari tegangan desak rata-rata minimum yang disumbangkan oleh mutu beton. $0,1 f_c$.

Nu yang bekerja diambil yang maksimum = 3971,62 kN

$$\begin{aligned}
 v_{c,h} &= \frac{N_u}{A_g} = \frac{3971,62 \cdot 10^3}{600 \cdot 600} = 11,03 \text{ N / mm}^2 > 0,1 \cdot f_c \\
 &= 11,03 \text{ N / mm}^2 > 0,1 \cdot 30 = 3 \text{ N / mm}^2
 \end{aligned}$$

Tahanan geser yang disumbangkan oleh beton dihitung kembali dengan persamaan 3.14.

$$\begin{aligned}
 V_{c,h} &= 2/3 \sqrt{\left(\frac{3971,62 \cdot 10^3}{600 \cdot 600} - 0,1 \cdot 30 \right) \cdot 600 \cdot 600 \cdot (10^{-3})} \\
 &= 680,09 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Keseimbangan gaya-gaya di dalam titik buhul harus dipenuhi, sehingga

$$V_{j,h} = V_{s,h} + V_{c,h}$$

$$V_{s,h} = V_{j,h} - V_{c,h}$$

$$= 2146,22 - 680,09$$

$$= 1466,13 \text{ kN}$$

Luas tulangan geser horizontal yang dibutuhkan adalah,

$$A_{s, h} = \frac{V_{s, h}}{f_y} = \frac{1466,13 \cdot 10^3}{400}$$

$$= 3665,33 \text{ mm}^2$$

Digunakan 1 sengkang ikat segi 4 dan 2 sengkang ikatan melintang (*crosstie*) *deform*

diameter D-14 dengan luas 1 sengkang = 153,94 mm² sehingga

$$A_v = 615,76 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah lapis sengkang dalam titik buhul (} n \text{)} = \frac{3665,33}{615,76} = 5,96 \approx 6 \text{ lapis sengkang}$$

Lapis sengkang dalam titik buhul didistribusikan secara merata diantara tulangan atas balok dan tulangan bawah balok yang masuk ke dalam titik buhul. Dengan jarak bersih yang digunakan sama seperti pada titik buhul 1 (berdasarkan diameter tulangan yang terpasang pada balok).

$$\text{Spasi antar sengkang dalam titik buhul, (} S \text{)} = y / (n + 1)$$

$$= 381 / 7 = 54,43 \text{ mm}$$

Digunakan sengkang 3D-14 dengan spasi antar sengkang = 54 mm

4. Penulangan geser vertikal

$$V_{c, v} = V_{j, v} \cdot \left(0,6 + \frac{N_u}{A_g \cdot f_c} \right)$$

$$V_{c, v} = 2146,22 \cdot 10^3 \cdot \left(0,6 + \frac{3971,62 \cdot 10^3}{(600^2 \cdot 30)} \right) (10^{-3})$$

$$= 2076,99 \text{ kN}$$

$$V_{s, v} = V_{j, v} - V_{c, v}$$

$$= 2146,22 - 2076,99 = 69,23 \text{ kN}$$

$$A_{j,v} = V_{s,v} / f_y$$

$$= 69,23 \cdot 10^3 / 400 = 173,08 \text{ mm}^2$$

Tulangan terpasang kolom pada 1 sisi, $4D_{32}$, dengan $A_s = 3216,99 \text{ mm}^2 > A_{j,v}$ dan telah memenuhi persyaratan minimal 1 tulangan antara pada muka titik buhul kolom.

5. Kontrol jarak tulangan vertikal

$$b_k = 600 \text{ mm}, d = 40 \text{ mm}, \phi_{\text{senggang}} = 14 \text{ mm}$$

Lebar kolom bruto dikurangi penutup beton dan sengkang,

$$b'_k = 600 - 2 \cdot (40 + 14) = 492 \text{ mm}$$

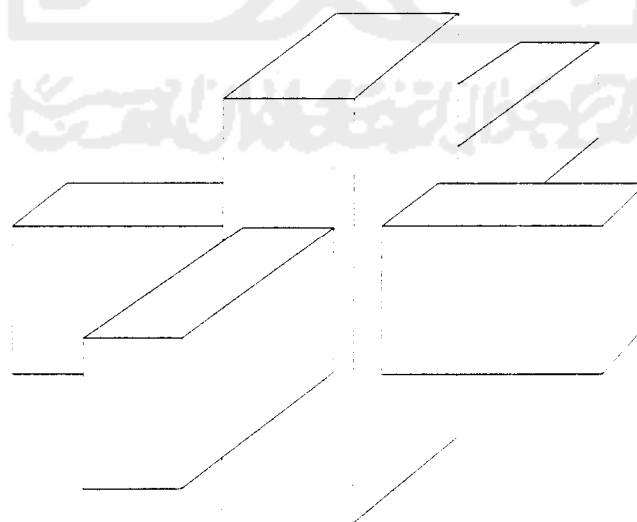
Lebar yang ditempati oleh tulangan longitudinal kolom, $5 D_{36} = 180 \text{ mm}$

$$\text{Lebar bersih kolom, } b_{k_n} = 492 - 180 = 312 \text{ mm}$$

Jarak bersih antar tulangan yang tersedia $= 312 / 4 = 78 \text{ mm} > 40 \text{ mm}$ (SNI 91).

$$P_k p = 78 + 36 = 114 \text{ mm} < 200 \text{ mm}.$$

4.7.4 Titik buhul bagian dalam (tipe c)



Gambar 4.37 Titik buhul balok kolom dalam tipe (c)

1. Perhitungan gaya-gaya dalam titik buhul (arah sumbu X)

Pertemuan dari balok 156 dan balok 157

$$l_{ki} = 6,0 \text{ m,}$$

$$l_{nki} = 5,40 \text{ m,}$$

$$H_k = 3,50 \text{ m.}$$

$$M_{nak, bki} = 467,768 \text{ kN-m (balok elemen 156, diambil dari tabel 4.6)}$$

$$M_{kap, bki} = \phi_0 \cdot M_{nak, ka} = 1,25 \cdot 467,768 = 584,71 \text{ kN-m}$$

$$M_{nak, bka} = 874,290 \text{ kN-m (balok elemen 157, diambil dari tabel 4.6)}$$

$$M_{kap, bka} = \phi_0 \cdot M_{nak, ka} = 1,25 \cdot 874,290 = 1092,86 \text{ kN-m}$$

$$V_{kol} = \frac{0,70 \left(\frac{6,0}{5,4} \cdot 584,86 + \frac{6,0}{5,4} \cdot 1092,86 \right)}{\frac{1}{2} (3,5 + 3,5)} = 372,42 \text{ kN}$$

Balok 156 dan balok 157 simetris sehingga $Z_{ka} = Z_{ki}$

$$Z_{152} = Z_{152} = d - a/2$$

$$= 509,50 - \frac{127,038}{2} = 445,98 \text{ mm} = 0,44598 \text{ m}$$

Keseimbangan gaya-gaya dalam titik buhul harus dipenuhi sehingga,

$$C_{ki} = \frac{0,7 \cdot M_{kap, ki}}{Z_{ki}} = \frac{0,7 \cdot 584,71}{0,44598} = 917,75 \text{ kN}$$

$$T_{ka} = \frac{0,7 \cdot M_{kap, ka}}{Z_{ka}} = \frac{0,7 \cdot 1092,86}{0,44598} = 1715,33 \text{ kN}$$

$$V_{j, h} = C_{ki} + T_{ka} - V_{kol}$$

$$= 917,75 + 1715,33 - 372,42$$

$$V_{j, h} = 2260,66 \text{ kN}$$

$$V_{j, v} = (b_j / h_k) \cdot V_{j, h}$$

$$= (0,6 / 0,6) \cdot 2260,66 = 2260,66 \text{ kN}$$

2. Kontrol tegangan geser horizontal minimal

$$v_{j,h} = \frac{V_{j,h}}{b_j \cdot h_k} < 1,5 \cdot \sqrt{f_c}$$

$$= \frac{2260,66 \cdot 10^3}{600 \cdot 600} < 1,5 \cdot \sqrt{30}$$

$$= 6,28 \text{ N / mm}^2 < 8,22 \text{ N / mm}^2$$

3. Penulangan geser horizontal

Nilai tahanan geser beton ($V_{c,h}$) yang dipikul oleh *strat* beton harus diperhitungkan sama dengan nol, kecuali apabila tegangan desak pada penampang bruto kolom akibat beban aksial eksternal lebih besar dari tegangan desak rata-rata minimum yang disumbangkan oleh mutu beton. $0,1 f_c$.

Nu yang bekerja diambil yang maksimum = 6205,53 kN

$$v_{c,h} = \frac{N_u}{A_g} = \frac{6205,53 \cdot 10^3}{600 \cdot 600} = 17,24 \text{ N / mm}^2 > 0,1 \cdot f_c$$

$$= 17,24 \text{ N / mm}^2 > 0,1 \cdot 30 = 3 \text{ N / mm}^2$$

Tahanan geser yang disumbangkan oleh beton dihitung kembali dengan persamaan 3.14.

$$V_{c,h} = 2/3 \sqrt{\left(\frac{6205,53 \cdot 10^3}{600 \cdot 600} - 0,1 \cdot 30 \right) \cdot 600 \cdot 600 \cdot (10^{-3})}$$

$$= 905,66 \text{ kN}$$

Keseimbangan gaya-gaya di dalam titik buhul harus dipenuhi, sehingga

$$V_{j,h} = V_{s,h} + V_{c,h}$$

$$V_{s,h} = V_{j,h} - V_{c,h}$$

$$= 2260,66 - 905,66$$

$$= 1355,00 \text{ kN}$$

Luas tulangan geser horizontal yang dibutuhkan adalah,

$$A_{s, h} = \frac{V_{s, h}}{f_y} = \frac{1355,00 \cdot 10^3}{400}$$

$$= 3387,50 \text{ mm}^2$$

Digunakan 1 sengkang ikat segi 4 dan 2 sengkang ikatan melintang (*crosstie*) *deform* diameter D-14 dengan luas 1 sengkang = 153,94 mm² sehingga,

$$A_v = 615,76 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah lapis sengkang dalam titik buhul (n)} = \frac{3387,50}{615,76} = 5,50 \approx 6 \text{ lapis sengkang}$$

Lapis sengkang dalam titik buhul didistribusikan secara merata diantara tulangan atas balok dan tulangan bawah balok yang masuk ke dalam titik buhul.

Jarak bersih yang tersedia, $y = b'_j - \text{tulangan}_{\text{utama bawah}} - \text{tulangan}_{\text{utama atas}}$

dengan, $b'_j = b_j - \text{jarak penutup beton ke tulangan utama}$

$$= 600 - (2 \cdot 50)$$

$$b'_j = 500 \text{ mm}$$

$$y = 500 - 36 - (2 \cdot 28) - 25 = 383 \text{ mm}$$

Spasi antar sengkang dalam titik buhul, $(S) = y / (n + 1)$

$$= 383 / 7 = 54,71 \text{ mm}$$

Digunakan sengkang 3D-14 dengan spasi antar sengkang = 54 mm

4. Penulangan geser vertikal

$$V_{c, v} = V_{j, v} \cdot \left(0,6 + \frac{N_u}{A_g \cdot f_c} \right)$$

$$V_{c, v} = 2260,66 \cdot 10^3 \cdot \left(0,6 + \frac{6205,53 \cdot 10^3}{(600^2 \cdot 30)} \right) \cdot (10^{-3})$$

$$= 2655,34 \text{ kN}$$

$$V_{s, v} = V_{j, v} - V_{c, v}$$

$$= 2260,66 - 2655,34$$

$$= -394,68 \text{ kN}$$

Hasil yang diperoleh menunjukkan nilai negatif, hal ini dikarenakan gaya aksial desak yang bekerja pada titik buhul dalam (*interior*) sangat besar sehingga menambah kekuatan beton dalam menahan geser vertikal titik buhul. Karena gaya geser vertikal titik buhul yang bekerja pada titik buhul lebih kecil dari tahanan geser yang mampu disumbangkan oleh titik buhul, dapat dipastikan titik buhul tidak membutuhkan penulangan geser vertikal. Tetapi untuk memastikan hal ini, tulangan geser vertikal titik buhul yang dibutuhkan tetap dihitung seperti semula (tanda negatif diabaikan).

$$A_{j, v} = V_{s, v} / f_y$$

$$= 394,68 \cdot 10^3 / 400$$

$$= 986,70 \text{ mm}^2$$

Tulangan terpasang kolom pada 1 sisi, 6D₃₂, dengan $A_s = 4825,49 \text{ mm}^2 > A_{j,v}$ dan telah memenuhi persyaratan minimal 1 tulangan antara pada muka titik buhul kolom.

5. Kontrol jarak tulangan vertikal

$$b_k = 600 \text{ mm}, d = 40 \text{ mm}, \phi_{\text{senggang}} = 14 \text{ mm}$$

Lebar kolom bruto dikurangi penutup beton dan sengkang,

$$b'_k = 600 - 2 \cdot (40 + 14)$$

$$= 492 \text{ mm}$$

Lebar yang ditempati oleh tulangan longitudinal kolom, $7 D_{-32} = 224 \text{ mm}$

Lebar bersih kolom, $b_{k_n} = 492 - 224 = 268 \text{ mm}$

Jarak bersih antar tulangan yang tersedia $= 268 / 6 = 44,67 \text{ mm} > 40 \text{ mm}$ (SNI 91).

$P k p = 44,67 + 32 = 76,67 \text{ mm} < 200 \text{ mm}$.

Perhitungan titik buhul balok kolom yang lain untuk semua arah (arah sumbu X dan arah sumbu Y) dilakukan dengan cara yang sama seperti di atas dan tulangan sengkang yang digunakan diambil nilai yang maksimum dari kedua arah. Hasil perhitungan ke 9 titik buhul balok kolom ini dapat dilihat pada tabel 4.16 di bawah.

Dari tabel 4.16 terlihat bahwa gaya desak dan gaya tarik pada titik buhul relatif konstan pada titik buhul yang sama karena penggunaan tulangan pada balok yang simetris pada arah yang ditinjau, sehingga gaya geser yang terjadi pada titik buhul, baik arah vertikal maupun arah horizontal besarnya sama antar lantai. Sedangkan kontribusi beton dalam menahan geser horizontal (V_c, h) semakin berkurang setiap kenaikan elevasi antar lantai, karena seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 4.6, gaya aksial desak mempunyai andil dalam menambah kekuatan beton dalam menahan gaya geser. Semakin berkurangnya kontribusi beton dalam menahan gaya geser mengakibatkan semakin besar luas tulangan geser arah horizontal (A_s, h) yang dibutuhkan.

Gejala yang sama juga terjadi pada kuat geser beton arah vertikal (V_c, h), bahkan pada titik buhul dalam (*interior*) kuat geser yang disumbangkan oleh beton lebih besar dari gaya geser yang terjadi dalam arah vertikal (tanda negatif menjelaskan kontribusi beton tersebut).

Secara keseluruhan penulangan pada kolom telah memenuhi persyaratan tahanan geser dalam arah vertikal karena luas tulangan longitudinal kolom tiap 1 sisi dari titik buhul lebih besar dari luas yang dibutuhkan dan telah memenuhi persyaratan jarak minimal antar tulangan longitudinal dalam satu penampang kolom.



Tabel 4.16. Tulangan geser horizontal dan vertikal titik buhul balok jolom

Type join	Join	Vkol	T	C	Vj, h dan Vj, v	Vc, h	Vs, h	As, h	Seng- kang	Lapis dan jarak (mm)	Av, h	Vc, v	Vs, v	Aj, v	As tul	S tul < 200
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
eks a	1	258,41	1851,01		1592,60	493,52	1099,10	2747,75	3 D-14	5-63	3078,80	1339,29	253,31	633,28	2463,01	116
	16	258,41	1851,01		1592,60	451,70	1140,90	2852,24	3 D-14	5-63	3078,80	1302,87	289,73	724,33	3216,99	115
	31	258,41	1851,01		1592,60	404,16	1188,44	2971,10	3 D-14	5-63	3078,80	1265,37	327,23	818,08	3216,99	115
eks b	3	360,26	1602,87	903,60	2146,33	680,19	1466,14	3665,35	3 D-14	6-54	3694,56	2077,09	69,24	173,103	4071,50	114
	18	372,42	1715,64	917,91	2260,66	632,21	1628,92	4072,30	3 D-14	7-47	4310,32	2105,80	155,33	388,33	4071,50	114
	33	372,42	1715,64	917,91	2260,66	579,08	1628,92	4205,10	3 D-14	7-47	4310,32	2021,59	239,54	598,85	4071,50	114
int c	8	372,42	1715,64	917,75	2260,66	905,59	1355,54	3387,50	3 D-14	6-54	3694,56	2655,89	394,76	986,90	4825,49	76
	23	372,42	1715,64	917,75	2260,66	815,22	1445,91	3616,10	3 D-14	6-54	3694,56	2452,42	191,29	478,23	4825,49	76
	38	372,42	1715,64	917,75	2260,66	772,45	1488,68	3720,53	3 D-14	7-47	4310,32	2363,56	102,43	256,08	4825,49	76

Keterangan tabel 4.16 :

- Kolom (1) dan (2) nomor titik buhul, eks a dan eks b = kolom eksterior tipe (a) dan tipe (b), int c = kolom interior c (lihat gambar 4.25).
- Kolom (3) geser kolom akibat Mnak balok, lihat persamaan 3.12.
- Kolom (4) dan (5) gaya tarik dan desak pada titik buhul akibat Mnak balok, lihat persamaan 3.10 dan 3.11.
- Kolom (6) gaya geser horizontal dan vertikal pada titik buhul, lihat persamaan 3.9.
- Kolom (7) dan (13) gaya geser horizontal dan vertikal aktual yang terjadi pada titik buhul setelah dikurangi kemampuan tahanan geser beton.
- Kolom (8) dan (14) gaya geser horizontal dan vertikal aktual yang dibutuhkan.
- Kolom (9) luas tulangan geser horizontal (luas sengkang yang digunakan).
- Kolom (12) luas tulangan geser aktual (luas sengkang yang digunakan).
- Kolom (15) luas tulangan geser vertikal yang dibutuhkan.
- Kolom (16) luas tulangan vertikal yang disumbangkan oleh tulangan longitudinal kolom.
- Kolom (17) jarak pusat ke pusat antar tulangan longitudinal kolom.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Dari semua uraian di atas, dapat diambil kesimpulan berikut ini :

1. Gaya geser yang terjadi pada kolom akibat pembebanan dinamis sangat besar sehingga keruntuhan geser yang getas dapat terjadi apabila kolom tidak diberi perlindungan dengan sengkang sebagai tulangan geser.
2. Banyaknya tulangan geser (sengkang) serta tipe dan luasan yang dibutuhkan oleh suatu kolom struktur dipengaruhi oleh :
 - a. besarnya gaya geser yang bekerja, V_u ,
 - b. mutu baja dari sengkang yang akan digunakan, f_y ,
 - c. diameter sengkang yang digunakan, ϕ_s ,
 - d. tahanan geser beton yang dipengaruhi oleh mutu beton yang digunakan, V_c dan f'_c ,
 - e. dimensi dari kolom struktur, b_k dan h_k .
3. Tahanan geser yang mampu disumbangkan oleh beton selain dipengaruhi oleh mutu beton dan dimensi tampang dari kolom, juga dipengaruhi oleh gaya aksial yang bekerja pada kolom tersebut.

4. Kemampuan sengkang sebagai tulangan geser selain dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti yang tersebut di atas, juga dipengaruhi oleh :
 - a. luas aktual sengkang yang digunakan, A_v ,
 - b. tinggi efektif dari penampang kolom struktur yang ditinjau, d ,
 - c. jarak spasi antar sengkang yang digunakan, S .
5. Spasi antar sengkang, tipe dan banyaknya sengkang yang digunakan dipengaruhi oleh besarnya gaya geser yang bekerja pada kolom. Akibat gaya geser yang besar, maka jarak spasi antar sengkang yang diperlukan menjadi sangat rapat. Meskipun begitu penggunaan jarak spasi yang terlalu rapat tidak disarankan karena menjadi tidak ekonomis dan efektif, sehingga diperlukan peningkatan luasan sengkang yang digunakan ke arah horizontal dengan sengkang *crosstie* agar dapat diperoleh jarak yang cukup *moderate*.
6. Penggunaan sengkang segi 4 dan sengkang *crosstie* pada penampang suatu kolom selain untuk menahan gaya geser yang terjadi juga memberikan beberapa keuntungan yaitu :
 - a. memberikan dukungan arah lateral pada tulangan longitudinal kolom sehingga mencegah tekuk pada tulangan longitudinal kolom akibat beban siklis.
 - b. memberikan pengekanan pada inti beton sehingga kekuatan kolom bertambah dalam menahan beban siklis.
7. Untuk mencegah keruntuhan getas pada kolom akibat beban siklis, sengkang dengan ikatan melintang (*crosstie*) dengan jarak spasi tertentu harus didistribusikan secara merata keseluruh tinggi kolom.
8. Gaya geser yang bekerja pada titik buhul balok kolom suatu struktur dipengaruhi oleh besarnya momen kapasitas balok yang ditahan oleh titik buhul sehingga

apabila tulangan balok yang digunakan sama pada arah titik buhul yang ditinjau, besarnya gaya geser yang bekerja memperlihatkan nilai yang konstan.

9. Untuk memberikan perlindungan pada titik buhul balok kolom dari keruntuhan geser yang getas maka kekuatan geser titik buhul balok kolom harus lebih besar dari pada kekuatan geser balok dan kolom yang bekerja pada titik buhul yang bersangkutan dengan memberikan penulangan geser arah horizontal berupa sengkang dengan ikatan melintang yang didistribusikan secara merata diantara tulangan atas dan bawah dari balok yang berhubungan pada titik buhul sehingga membentuk suatu kerangka penulangan horizontal.
10. Gaya aksial yang bekerja pada titik buhul mempengaruhi besarnya kontribusi beton dalam menahan geser.

5.2 Saran-saran

1. Analisis yang dilakukan pada tugas akhir ini masih terbatas pada metode statis ekuivalen sehingga dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menggunakan metode dinamis.
2. Model struktur yang digunakan dalam analisis geser ini adalah portal beton yang simetris pada semua sisi dengan beban gravitasi yang bekerja adalah beban terbagi rata, sehingga studi lebih lanjut dapat dikembangkan dengan menggunakan model struktur yang tidak simetris (asimetris) dengan beberapa kombinasi pembebanan yang menggunakan beban terbagi rata dan beban titik sehingga analisis geser pada kolom dan titik buhul balok kolom memperhitungkan juga adanya pengaruh torsi yang bekerja pada struktur.

3. Perlu dilakukan penelitian laboratorium pada kolom struktur dengan menggunakan suatu model kolom pada skala tertentu, dengan menggunakan alat yang bisa "menirukan" perilaku kolom yang mengalami pembebanan secara siklis, sehingga bisa diketahui perilaku geser pada kolom struktur yang diberi sengkang *cross tie* secara lebih nyata dengan berdasar pada spesifikasi bahan yang ada di Indonesia.
4. Perlunya studi lebih lanjut akibat pengaruh dari sengkang *crosstie* pada daktilitas yang mampu diberikan oleh kolom pada suatu struktur yang menahan lateral dinamis.
5. Karena pada tugas akhir ini perhitungan dan analisis geser pada kolom struktur dilakukan dengan cara uniaksial momen, maka perlu suatu studi lebih lanjut pada kolom struktur yang dipengaruhi oleh biaksial momen dengan menggunakan grafik interaksi kolom biaksial momen.
6. Analisis yang dilakukan pada tugas akhir ini tidak memperhitungkan pengaruh $P-\Delta$ effect, sehingga tinjauan struktur secara keseluruhan akibat pengaruh $P-\Delta$ effect perlu dilakukan untuk memperhitungkan kemungkinan lebih besarnya gaya-gaya yang terjadi pada kolom struktur.

DAFTAR PUSTAKA

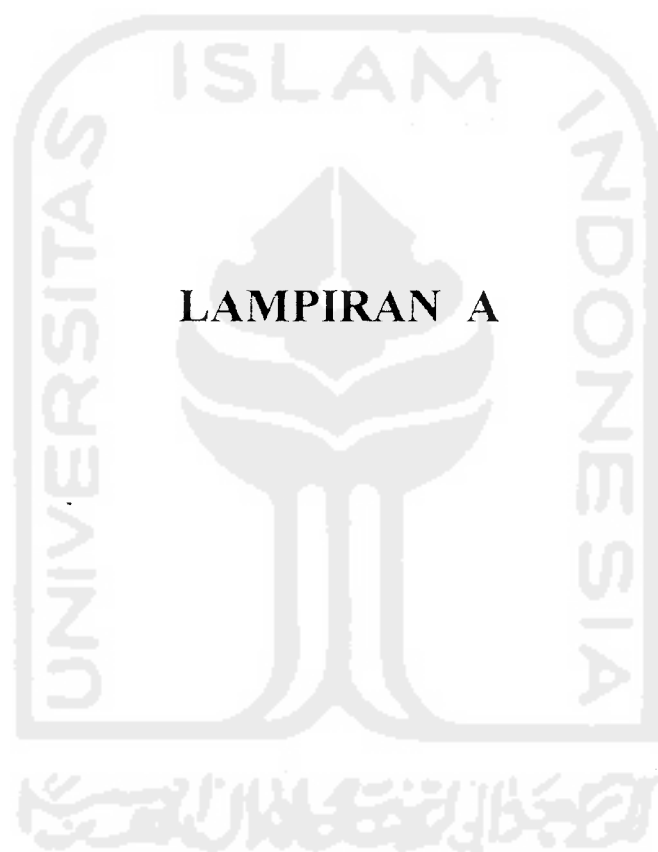
1. Ferguson, Phil.M., 1986, **DASAR-DASAR BETON BERTULANG**, edisi ke-4, Erlangga, Jakarta.
2. Gideon, Kusuma., dan Takim, Andriono., 1994, **DISAIN STRUKTUR RANGKA BETON BERTULANG DI DAERAH RAWAN GEMPA**, Erlangga, Jakarta.
3. Gideon, Kusuma., Hamdan, I.O., dan Bambang, Wyanto., 1984, **PERENCANAAN STRUKTUR TAHAN GEMPA JENIS A, B₂, D**, Penerbitan Universitas Kristen Petra, Surabaya.
4. Hutchison, L.David, Edisi ke 4, 1983, **DESAIN BANGUNAN TINGKAT BANYAK TAHAN GEMPA**, DPU, Cipta Karya, LPMB, Bandung
5. Istimawan, Dipohusodo., 1994, **STRUKTUR BETON BERTULANG**, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
6. Kadir, Aboe., 1992, **CATATAN KULIAH TEKNIK GEMPA**, Jurusan Teknik Sipil, FTSP UII.
7. Kardiyo, Tjokrodinuljo., 1993, **BUKU AJAR TEKNIK GEMPA**, Jurusan Teknik Sipil, UGM.
8. Muto, Kiyoshi., 1993, **ANALISIS PERANCANGAN GEDUNG TAHAN GEMPA**, Erlangga, Jakarta.
9. Nawy, E.G., 1990, **BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN DASAR**, Eresco, Bandung.

10. Park, R., Paulay, T., 1975, **REINFORCED CONCRETE STRUCTURES**, John Wiley & Sons, Inc, New York, USA
11. Soewandojo, Siddiq., 1993, **BETON PRECAST SEBAGAI STRUKTUR BANGUNAN BERTINGKAT BANYAK DI WILAYAH GEMPA**, Studium Generale UII, FTSP UII.
12. Soewandojo, Siddiq., 1995, **KERUSAKAN STRUKTUR BANGUNAN AKIBAT GEMPA BESAR HANSHIN-KOBE HYOGO-KEN SELATAN 17-JANUARI-1995**, Diskusi Panel Dosen-Dosen FTSP UII, PTN dan PTS, UII.
13. Soewandojo, Siddiq., 1996, **STUDI KINERJA STRUKTUR RANGKA BETON DENGAN TULANGAN DEFORM DAN POLOS**, Jurnal Teknisia, No. 2, Th. 1, FTSP, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
14. Vis, W.C., dan Kusuma, Gideon., 1994, **DASAR-DASAR PERENCANAAN BETON BERTULANG**, Erlangga, Jakarta.
15. Wang, C.K. dan Salmon, C.G., 1990, **DISAIN BETON BERTULANG**, Edisi ke-4, Erlangga, Jakarta.
16. Widodo, 1995, **PROBLEM PARAMETER DAN EFEK GEMPA TERHADAP STRUKTUR TERMASUK GEMPA KOBE 17-JANUARI-1995**, Diskusi Panel FTSP UII, UII.
17. Widodo, 1995, **KONSTRUKSI BETON DI DAERAH RAWAN GEMPA, DUKTILITAS DARI ANALISIS DAN HASIL TEST DI LABORATORIUM**, Seminar Nasional "Bahaya Gempa dan Angin Topan Terhadap Struktur Bangunan Gedung", 22 - 23 September 1995, Kerja sama Kopertis Wilayah V, FTSP-UII, HAKI Komda DIY, Yogyakarta.
18. Widodo, 1996, **DIKTAT KULIAH TEKNIK GEMPA**, Jurusan Teknik Sipil, FTSP UII.
19. Widodo, 1996, **EVALUASI KERUSAKAN BANGUNAN MULAI DARI GEMPA EL CENTRO 1940 SAMPAI GEMPA KOBE 1995**, Jurnal Teknisia No. 2, Th. 1, FTSP, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

20. **Majalah Konstruksi**, Edisi No : 248 April - A, Tahun ke-XXI, 1997, PT Tren Pembangunan, Jakarta.
21. Departemen Pekerjaan Umum, 1991, **STANDAR SK SNI T-15-1991-03: TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG**, Yayasan LPMB, Bandung.
22. Departemen Pekerjaan Umum, 1987, **PEDOMAN PERENCANAAN KETAHANAN GEMPA UNTUK RUMAH DAN GEDUNG**, SKBI-1.3.53.1987, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.
23. Departemen Pekerjaan Umum, 1983, **PERATURAN PEMBEBANAN INDONESIA UNTUK GEDUNG 1983**, DPU, DitJen Cipta Karya, DPMB, Bandung.
24. Departemen Pekerjaan Umum, 1983, **BUKU PEDOMAN PERENCANAAN UNTUK STRUKTUR BETON BERTULANG BIASA DAN STRUKTUR TEMBOK BERTULANG UNTUK GEDUNG 1983**, DPU, DitJen Cipta Karya, DPMB, Bandung.



LAMPIRAN



LAMPIRAN A

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M
SYSTEM

L=4 :ADA 4 KONDISI PEMBEBANAN

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0	
5	X=24	Y=0	Z=0	
11	X=0	Y=16	Z=0	
15	X=24	Y=16	Z=0	Q=1,5,11,15,1,5
16	X=0	Y=0	Z=3.5	
20	X=24	Y=0	Z=3.5	
26	X=0	Y=16	Z=3.5	
30	X=24	Y=16	Z=3.5	Q=16,20,26,30,1,5
31	X=0	Y=0	Z=7	
35	X=24	Y=0	Z=7	
41	X=0	Y=16	Z=7	
45	X=24	Y=16	Z=7	Q=31,35,41,45,1,5
46	X=0	Y=0	Z=10.5	
50	X=24	Y=0	Z=10.5	
56	X=0	Y=16	Z=10.5	
60	X=24	Y=16	Z=10.5	Q=46,50,56,60,1,5
61	X=0	Y=0	Z=14	
65	X=24	Y=0	Z=14	
71	X=0	Y=16	Z=14	
75	X=24	Y=16	Z=14	Q=61,65,71,75,1,5
76	X=0	Y=0	Z=17.5	
80	X=24	Y=0	Z=17.5	
86	X=0	Y=16	Z=17.5	
90	X=24	Y=16	Z=17.5	Q=76,80,86,90,1,5
91	X=0	Y=0	Z=21	
95	X=24	Y=0	Z=21	
101	X=0	Y=16	Z=21	
105	X=24	Y=16	Z=21	Q=91,95,101,105,1,5
106	X=0	Y=0	Z=24.5	
110	X=24	Y=0	Z=24.5	
116	X=0	Y=16	Z=24.5	
120	X=24	Y=16	Z=24.5	Q=106,110,116,120,1,5
121	X=0	Y=0	Z=28	
125	X=24	Y=0	Z=28	
131	X=0	Y=16	Z=28	
135	X=24	Y=16	Z=28	Q=121,125,131,135,1,5
136	X=0	Y=0	Z=31.5	
140	X=24	Y=0	Z=31.5	
146	X=0	Y=16	Z=31.5	
150	X=24	Y=16	Z=31.5	Q=136,140,146,150,1,5
151	X=0	Y=0	Z=35	
155	X=24	Y=0	Z=35	
161	X=0	Y=16	Z=35	
165	X=24	Y=16	Z=35	Q=151,155,161,165,1,5

:

RESTRAINTS

1 15 1 R=1,1,1,1,1,1

:

FRAME

C CONTROL INFORMATION DATA

NM=2 NL=16 Nsec=3 X=0 Y=0 Z=-1

C MATERIAL PROPERTIES

1 SH=R T=0.6,0.6 E=2.5743E9 W=0.6*0.6*2400

2 SH=R T=0.6,0.3 E=2.5743E9 W=0.6*0.3*2400

C SPAN LOADING DATA

1 TRAP=0,-1093,0,8,-1093,0 :BM ATAP PRTL A (=PRTL E) ARAH Y

2 TRAP=0,-2383,0,8,-2383,0 :BM LANTAI PRTL A (=PRTL E) ARAH Y

3 TRAP=0,-147,0,8,-147,0 :BH ATAP PRTL A (=PRTL E) ARAH Y

4 TRAP=0,-366,0,8,-366,0 :BH LANTAI PRTL A (=PRTL E) ARAH Y
 5 TRAP=0,-1339,0,8,-1339,0 :BM ATAP PRTL C (=PRTL B;PRTL D) ARAH Y
 6 TRAP=0,-3544,0,8,-3544,0 :BM LANTAI PRTL C (=PRTL B;PRTL D) ARAH Y
 7 TRAP=0,-293,0,8,-293,0 :BH ATAP PRTL C (=PRTL B;PRTL D) ARAH Y
 8 TRAP=0,-732,0,8,-732,0 :BH LANTAI PRTL C (=PRTL B;PRTL D) ARAH Y
 9 TRAP=0,-1570,0,6,-1570,0 :BM ATAP PRTL II ARAH X
 10 TRAP=0,-3125,0,6,-3125,0 :BM LANTAI PRTL II ARAH X
 11 TRAP=0,-240,0,6,-240,0 :BH ATAP PRTL II ARAH X
 12 TRAP=0,-600,0,6,-600,0 :BH LANTAI PRTL II ARAH X
 13 TRAP=0,-958,0,6,-958,0 :BM ATAP PRTL III (=PRTL I) ARAH X
 14 TRAP=0,-2173,0,6,-2173,0 :BM LANTAI PRTL III (=PRTL I) ARAH X
 15 TRAP=0,-120,0,6,-120,0 :BH ATAP PRTL III (=PRTL I) ARAH X
 16 TRAP=0,-300,0,6,-300,0 :BH LANTAI PRTL III (=PRTL I) ARAH X
 C ELEMENT LOCATION DATA
 C COLUMN LANTAI DASAR-1
 1 16 M=1 G=14,1,1,1 LP=-2,0
 C COLUMN LANTAI 1-2
 16 31 M=1 G=14,1,1,1 LP=-2,0
 C COLUMN LANTAI 2-3
 31 46 M=1 G=14,1,1,1 LP=-2,0
 C COLUMN LANTAI 3-4
 46 61 M=1 G=14,1,1,1 LP=-2,0
 C COLUMN LANTAI 4-5
 61 76 M=1 G=14,1,1,1 LP=-2,0
 C COLUMN LANTAI 5-6
 76 91 M=1 G=14,1,1,1 LP=-2,0
 C COLUMN LANTAI 6-7
 91 106 M=1 G=14,1,1,1 LP=-2,0
 C COLUMN LANTAI 7-8
 106 121 M=1 G=14,1,1,1 LP=-2,0
 C COLUMN LANTAI 8-9
 121 136 M=1 G=14,1,1,1 LP=-2,0
 C COLUMN LANTAI 9-10(ATAP)
 136 151 M=1 G=14,1,1,1 LP=-2,0
 C BEAM LANTAI 1
 151 16 17 M=2 G=3,1,1,1 NSL=14,16 LP=-2,0
 155 21 22 M=2 G=3,1,1,1 NSL=10,12 LP=-2,0
 159 26 27 M=2 G=3,1,1,1 NSL=14,16 LP=-2,0
 163 16 21 M=2 G=1,5,5,5 NSL=2,4 LP=3,0
 167 20 25 M=2 G=1,5,5,5 NSL=2,4 LP=3,0
 164 17 22 M=2 G=1,5,5,5 NSL=6,8 LP=3,0
 165 18 23 M=2 G=1,5,5,5 NSL=6,8 LP=3,0
 166 19 24 M=2 G=1,5,5,5 NSL=6,8 LP=3,0
 C BEAM LANTAI 2
 173 31 32 M=2 G=3,1,1,1 NSL=14,16 LP=-2,0
 177 36 37 M=2 G=3,1,1,1 NSL=10,12 LP=-2,0
 181 41 42 M=2 G=3,1,1,1 NSL=14,16 LP=-2,0
 185 31 36 M=2 G=1,5,5,5 NSL=2,4 LP=3,0
 186 32 37 M=2 G=1,5,5,5 NSL=6,8 LP=3,0
 187 33 38 M=2 G=1,5,5,5 NSL=6,8 LP=3,0
 188 34 39 M=2 G=1,5,5,5 NSL=6,8 LP=3,0
 189 35 40 M=2 G=1,5,5,5 NSL=2,4 LP=3,0
 C BEAM LANTAI 3
 195 46 47 M=2 G=3,1,1,1 NSL=14,16 LP=-2,0
 199 51 52 M=2 G=3,1,1,1 NSL=10,12 LP=-2,0
 203 56 57 M=2 G=3,1,1,1 NSL=14,16 LP=-2,0
 207 46 51 M=2 G=1,5,5,5 NSL=2,4 LP=3,0
 208 47 52 M=2 G=1,5,5,5 NSL=6,8 LP=3,0
 209 48 53 M=2 G=1,5,5,5 NSL=6,8 LP=3,0
 210 49 54 M=2 G=1,5,5,5 NSL=6,8 LP=3,0
 211 50 55 M=2 G=1,5,5,5 NSL=2,4 LP=3,0
 C BEAM LANTAI 4

217	61	62	M=2	G=3,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
221	66	67	M=2	G=3,1,1,1	NSL=10,12	LP=-2,0
225	71	72	M=2	G=3,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
229	61	66	M=2	G=1,5,5,5	NSL=2,4	LP=3,0
230	62	67	M=2	G=1,5,5,5	NSL=6,8	LP=3,0
231	63	68	M=2	G=1,5,5,5	NSL=6,8	LP=3,0
232	64	69	M=2	G=1,5,5,5	NSL=6,8	LP=3,0
233	65	70	M=2	G=1,5,5,5	NSL=2,4	LP=3,0
C BEAM LANTAI 5						
239	76	77	M=2	G=3,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
243	81	82	M=2	G=3,1,1,1	NSL=10,12	LP=-2,0
247	86	87	M=2	G=3,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
251	76	81	M=2	G=1,5,5,5	NSL=2,4	LP=3,0
252	77	82	M=2	G=1,5,5,5	NSL=6,8	LP=3,0
253	78	83	M=2	G=1,5,5,5	NSL=6,8	LP=3,0
254	79	84	M=2	G=1,5,5,5	NSL=6,8	LP=3,0
255	80	85	M=2	G=1,5,5,5	NSL=2,4	LP=3,0
C BEAM LANTAI 6						
261	91	92	M=2	G=3,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
265	96	97	M=2	G=3,1,1,1	NSL=10,12	LP=-2,0
269	101	102	M=2	G=3,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
273	91	96	M=2	G=1,5,5,5	NSL=2,4	LP=3,0
274	92	97	M=2	G=1,5,5,5	NSL=6,8	LP=3,0
275	93	98	M=2	G=1,5,5,5	NSL=6,8	LP=3,0
276	94	99	M=2	G=1,5,5,5	NSL=6,8	LP=3,0
277	95	100	M=2	G=1,5,5,5	NSL=2,4	LP=3,0
C BEAM LANTAI 7						
283	106	107	M=2	G=3,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
287	111	112	M=2	G=3,1,1,1	NSL=10,12	LP=-2,0
291	116	117	M=2	G=3,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
295	106	111	M=2	G=1,5,5,5	NSL=2,4	LP=3,0
296	107	112	M=2	G=1,5,5,5	NSL=6,8	LP=3,0
297	108	113	M=2	G=1,5,5,5	NSL=6,8	LP=3,0
298	109	114	M=2	G=1,5,5,5	NSL=6,8	LP=3,0
299	110	115	M=2	G=1,5,5,5	NSL=2,4	LP=3,0
C BEAM LANTAI 8						
305	121	122	M=2	G=3,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
309	126	127	M=2	G=3,1,1,1	NSL=10,12	LP=-2,0
313	131	132	M=2	G=3,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
317	121	126	M=2	G=1,5,5,5	NSL=2,4	LP=3,0
318	122	127	M=2	G=1,5,5,5	NSL=6,8	LP=3,0
319	123	128	M=2	G=1,5,5,5	NSL=6,8	LP=3,0
320	124	129	M=2	G=1,5,5,5	NSL=6,8	LP=3,0
321	125	130	M=2	G=1,5,5,5	NSL=2,4	LP=3,0
C BEAM LANTAI 9						
327	136	137	M=2	G=3,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
331	141	142	M=2	G=3,1,1,1	NSL=10,12	LP=-2,0
335	146	147	M=2	G=3,1,1,1	NSL=14,16	LP=-2,0
339	136	141	M=2	G=1,5,5,5	NSL=2,4	LP=3,0
340	137	142	M=2	G=1,5,5,5	NSL=6,8	LP=3,0
341	138	143	M=2	G=1,5,5,5	NSL=6,8	LP=3,0
342	139	144	M=2	G=1,5,5,5	NSL=6,8	LP=3,0
343	140	145	M=2	G=1,5,5,5	NSL=2,4	LP=3,0
C BEAM LANTAI 10						
349	151	152	M=2	G=3,1,1,1	NSL=13,15	LP=-2,0
353	156	157	M=2	G=3,1,1,1	NSL=9,11	LP=-2,0
357	161	162	M=2	G=3,1,1,1	NSL=13,15	LP=-2,0
361	151	156	M=2	G=1,5,5,5	NSL=1,3	LP=3,0
362	152	157	M=2	G=1,5,5,5	NSL=5,7	LP=3,0
363	153	158	M=2	G=1,5,5,5	NSL=5,7	LP=3,0
364	154	159	M=2	G=1,5,5,5	NSL=5,7	LP=3,0
365	155	160	M=2	G=1,5,5,5	NSL=1,3	LP=3,0

```

:
LOADS
C GEMPA
C ARAH X
16 26 5 F=3330,0,0,0,0,0 L=3
31 41 5 F=6660,0,0,0,0,0 L=3
46 56 5 F=9980,0,0,0,0,0 L=3
61 71 5 F=13310,0,0,0,0,0 L=3
76 86 5 F=16640,0,0,0,0,0 L=3
91 101 5 F=19970,0,0,0,0,0 L=3
106 116 5 F=23300,0,0,0,0,0 L=3
121 131 5 F=26620,0,0,0,0,0 L=3
136 146 5 F=29950,0,0,0,0,0 L=3
151 161 5 F=20360,0,0,0,0,0 L=3
C ARAH Y
16 20 4 F=0,2910,0,0,0,0 L=4
31 35 4 F=0,5820,0,0,0,0 L=4
46 50 4 F=0,8740,0,0,0,0 L=4
61 65 4 F=0,11650,0,0,0,0 L=4
76 80 4 F=0,14560,0,0,0,0 L=4
91 95 4 F=0,17470,0,0,0,0 L=4
106 110 4 F=0,20380,0,0,0,0 L=4
121 125 4 F=0,23300,0,0,0,0 L=4
136 140 4 F=0,26210,0,0,0,0 L=4
151 155 4 F=0,17820,0,0,0,0 L=4
:
COMBO
1 C=1,0,0,0 :BM
2 C=0,1,0,0 :BH
3 C=0,0,1,0.3 :BGX+0.3BGY (BM & BH KOSONG)
4 C=0,0,1,-0.3 :BGX-0.3BGY (BM & BH KOSONG)
5 C=0,0,-1,-0.3 :-BGX-0.3BGY (BM & BH KOSONG)
6 C=0,0,-1,0.3 :-BGX+0.3BGY (BM & BH KOSONG)
7 C=0,0,0.3,1 :0.3BGX+BGY (BM & BH KOSONG)
8 C=0,0,0.3,-1 :0.3BGX-BGY (BM & BH KOSONG)
9 C=0,0,-0.3,-1 :-0.3BGX-BGY (BM & BH KOSONG)
10 C=0,0,-0.3,1 :-0.3BGX+BGY (BM & BH KOSONG)
11 C=1.2,1.6,0,0 :BM+BH (BEBAN BERFAKTOR,TANPA BEBAN
GEMPA)
12 C=1.05,0.63,1.05,0.32 :1.05(DL+ 0.6LL+ Ex+0.3Ey)
13 C=1.05,0.63,1.05,-0.32 :1.05(DL+ 0.6LL+ Ex-0.3Ey)
14 C=1.05,0.63,-1.05,0.32 :1.05(DL+ 0.6LL- Ex+0.3Ey)
15 C=1.05,0.63,-1.05,-0.32 :1.05(DL+ 0.6LL- Ex-0.3Ey)
16 C=1.05,0.63,0.32,1.05 :1.05(DL+ 0.6LL+ 0.3Ex+Ey)
17 C=1.05,0.63,0.32,-1.05 :1.05(DL+ 0.6LL+ 0.3Ex-Ey)
18 C=1.05,0.63,-0.32,1.05 :1.05(DL+ 0.6LL- 0.3Ex+Ey)
19 C=1.05,0.63,-0.32,-1.05 :1.05(DL+ 0.6LL- 0.3Ex-Ey)
20 C=0.9,0,0.9,0.27 :0.9(DL+Ex+0.3Ey), LL KOSONG
21 C=0.9,0,0.9,-0.27 :0.9(DL+Ex-0.3Ey), LL KOSONG
22 C=0.9,0,-0.9,0.27 :0.9(DL-Ex+0.3Ey), LL KOSONG
23 C=0.9,0,-0.9,-0.27 :0.9(DL-Ex-0.3Ey), LL KOSONG
24 C=0.9,0,0.27,0.9 :0.9(DL+0.3Ex+Ey), LL KOSONG
25 C=0.9,0,0.27,-0.9 :0.9(DL+0.3Ex-Ey), LL KOSONG
26 C=0.9,0,-0.27,0.9 :0.9(DL-0.3Ex+Ey), LL KOSONG
27 C=0.9,0,-0.27,-0.9 :0.9(DL-0.3Ex-Ey), LL KOSONG
:

```

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
1	1*****					-1.08
	.0	-1497.22	1778.10	-2714.03	3154.71	
	1.8	-1497.22	-842.03	-2714.03	-1594.84	
	3.5	-1497.22	-3462.16	-2714.03	-6344.39	
2-24377.64						-.34
	.0	-183.33	219.14	-358.11	416.50	
	1.8	-183.33	-101.68	-358.11	-210.20	
	3.5	-183.33	-422.50	-358.11	-836.90	
3175599.36						-697.55
	.0	28736.21	-88094.08	6836.86	-23073.72	
	1.8	28736.21	-37805.72	6836.86	-11109.22	
	3.5	28736.21	12482.65	6836.86	855.29	
4120654.00						697.55
	.0	28767.83	-88155.53	-6836.86	23073.72	
	1.8	28767.83	-37811.83	-6836.86	11109.22	
	3.5	28767.83	12531.88	-6836.86	-855.29	
5*****						697.55
	.0	-28736.21	88094.08	-6836.86	23073.72	
	1.8	-28736.21	37805.72	-6836.86	11109.22	
	3.5	-28736.21	-12482.65	-6836.86	-855.29	
6*****						-697.55
	.0	-28767.83	88155.53	6836.86	-23073.72	
	1.8	-28767.83	37811.83	6836.86	-11109.22	
	3.5	-28767.83	-12531.88	6836.86	855.29	
7136013.59						-2325.17
	.0	8572.90	-26335.02	22789.53	-76912.40	
	1.8	8572.90	-11332.45	22789.53	-37030.72	
	3.5	8572.90	3670.13	22789.53	2850.96	
8-47137.58						2325.17
	.0	8678.31	-26539.87	-22789.53	76912.40	
	1.8	8678.31	-11352.82	-22789.53	37030.72	
	3.5	8678.31	3834.23	-22789.53	-2850.96	
9*****						2325.17
	.0	-8572.90	26335.02	-22789.53	76912.40	
	1.8	-8572.90	11332.45	-22789.53	37030.72	
	3.5	-8572.90	-3670.13	-22789.53	-2850.96	
10 47137.58						-2325.17
	.0	-8678.31	26539.87	22789.53	-76912.40	
	1.8	-8678.31	11352.82	22789.53	-37030.72	
	3.5	-8678.31	-3834.23	22789.53	2850.96	
11*****						-1.85
	.0	-2089.98	2484.35	-3829.82	4452.06	
	1.8	-2089.98	-1173.12	-3829.82	-2250.13	
	3.5	-2089.98	-4830.58	-3829.82	-8952.31	
12-63079.99						-745.41
	.0	28485.18	-90493.20	4217.31	-21037.12	
	1.8	28485.18	-40644.14	4217.31	-13656.84	
	3.5	28485.18	9204.93	4217.31	-6276.55	
13*****						742.70
	.0	28518.91	-90558.76	-10367.99	28186.81	
	1.8	28518.91	-40650.66	-10367.99	10042.82	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD	AXIAL	DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL
ID COMB	FORCE	ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
		3.5	28518.91	9257.44	-10367.99	-8101.17	
14*****							-745.41
		.0	-31894.06	94568.89	4217.31	-21037.12	
		1.8	-31894.06	38754.28	4217.31	-13656.84	
		3.5	-31894.06	-17060.32	4217.31	-6276.55	
15*****							742.70
		.0	-31860.33	94503.34	-10367.99	28186.81	
		1.8	-31860.33	39747.77	-10367.99	10042.82	
		3.5	-31860.33	-17007.81	-10367.99	-8101.17	
15*****							-2442.78
		.0	7457.73	-26087.32	20853.66	-77183.13	
		1.8	7457.73	-13036.30	20853.66	-40689.27	
		3.5	7457.73	14.73	20853.66	-4195.35	
17*****							2440.08
		.0	7568.42	-26302.42	-27004.35	84332.87	
		1.8	7568.42	-13057.69	-27004.35	37075.25	
		3.5	7568.42	187.04	-27004.35	-10182.37	
18*****							-2442.78
		.0	-10943.56	30312.55	20853.66	-77183.13	
		1.8	-10943.56	11161.32	20853.66	-40689.27	
		3.5	-10943.56	-7989.92	20853.66	-4195.35	
19*****							2440.08
		.0	-10832.88	30097.46	-27004.35	84332.87	
		1.8	-10832.88	11139.93	-27004.35	37075.25	
		3.5	-10832.88	-7817.61	-27004.35	-10182.37	
20-41297.11							-628.77
		.0	24515.09	-77684.38	3710.55	-17927.11	
		1.8	24515.09	-34782.97	3710.55	-11433.65	
		3.5	24515.09	8118.44	3710.55	-4940.20	
21-90747.92							626.82
		.0	24543.55	-77739.69	-8595.80	23605.59	
		1.8	24543.55	-34788.47	-8595.80	8562.94	
		3.5	24543.55	8162.75	-8595.80	-6479.71	
22*****							-628.77
		.0	-27238.54	80940.27	3710.55	-17927.11	
		1.8	-27238.54	33272.82	3710.55	-11433.65	
		3.5	-27238.54	-14394.63	3710.55	-4940.20	
23*****							626.82
		.0	-27210.08	80884.96	-8595.80	23605.59	
		1.8	-27210.08	33267.32	-8595.80	8562.94	
		3.5	-27210.08	-14350.32	-8595.80	-6479.71	
24-76924.30							-2093.63
		.0	6368.11	-22101.22	18067.95	-66381.92	
		1.8	6368.11	-10957.03	18067.95	-34763.01	
		3.5	6368.11	187.17	18067.95	-3144.09	
25*****							2091.68
		.0	6462.99	-22285.59	-22953.21	72060.40	
		1.8	6462.99	-10975.36	-22953.21	31892.29	
		3.5	6462.99	334.87	-22953.21	-8275.82	
26*****							-2093.63
		.0	-9157.98	25486.17	18067.95	-66381.92	
		1.8	-9157.98	9459.71	18067.95	-34763.01	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
27*****	3.5	-9157.98	-6566.75	18067.95	-3144.09	2091.68
	.0	-9063.10	25301.81	-22953.21	72060.40	
	1.8	-9063.10	9441.38	-22953.21	31892.29	
	3.5	-9063.10	-6419.06	-22953.21	-8275.82	
2	-----					
1*****						-1.54
	.0	-125.11	196.31	-3815.89	4435.68	
	1.8	-125.11	-22.63	-3815.89	-2242.10	
	3.5	-125.11	-241.57	-3815.88	-8919.89	
2-44075.79						-.52
	.0	-24.05	34.84	-705.15	819.93	
	1.8	-24.05	-7.24	-705.15	-414.08	
	3.5	-24.05	-49.33	-705.15	-1643.09	
3 21676.54						-636.31
	.0	37739.25	-98259.45	4682.69	-16110.74	
	1.8	37739.25	-32215.76	4682.69	-7916.04	
	3.5	37739.25	33827.92	4682.69	278.67	
4-20013.08						636.31
	.0	37772.72	-98314.60	-4682.69	16110.74	
	1.8	37772.72	-32212.33	-4682.69	7916.04	
	3.5	37772.72	33889.93	-4682.69	-278.67	
5-21676.54						636.31
	.0	-37739.25	98259.45	-4682.69	16110.74	
	1.8	-37739.25	32215.76	-4682.69	7916.04	
	3.5	-37739.25	-33827.92	-4682.69	-278.67	
6 20013.08						-636.31
	.0	-37772.72	98314.60	4682.69	-16110.74	
	1.8	-37772.72	32212.33	4682.69	-7916.04	
	3.5	-37772.72	-33889.93	4682.69	278.67	
7 69732.23						-2121.02
	.0	11271.00	-29394.19	15608.96	-53702.48	
	1.8	11271.00	-9669.93	15608.96	-26386.80	
	3.5	11271.00	10054.32	15608.96	928.89	
8-69233.19						2121.02
	.0	11382.59	-29578.03	-15608.96	53702.48	
	1.8	11382.59	-9658.50	-15608.96	26386.80	
	3.5	11382.59	10261.04	-15608.96	-928.89	
9-69732.23						2121.02
	.0	-11271.00	29394.19	-15608.96	53702.48	
	1.8	-11271.00	9669.93	-15608.96	26386.80	
	3.5	-11271.00	-10054.32	-15608.96	-928.89	
10 69233.19						-2121.02
	.0	-11382.59	29578.03	15608.96	-53702.48	
	1.8	-11382.59	9658.50	15608.96	-26386.80	
	3.5	-11382.59	-10261.04	15608.96	928.89	
11*****						-2.79
	.0	-188.61	291.32	-5707.29	6634.71	
	1.8	-188.61	-38.74	-5707.29	-3353.05	
	3.5	-188.61	-368.80	-5707.29	-13340.82	
12*****						-680.77
	.0	39479.42	-102943.88	543.95	-12010.77	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
		1.8	10131.73	-8713.01	-17482.36	21730.22	
		3.5	10131.73	9017.52	-17482.36	-8863.90	
26*****							-1910.39
		.0	-10356.93	26796.90	10613.78	-44340.12	
		1.8	-10356.93	8672.28	10613.78	-25766.01	
		3.5	-10356.93	-9452.34	10613.78	-7131.90	
27*****							1907.44
		.0	-10256.50	26631.45	-17482.36	52324.35	
		1.8	-10256.50	8682.58	-17482.36	21730.22	
		3.5	-10256.50	-9266.30	-17482.36	-8863.90	
3 -----							
1*****							.00
		.0	.00	.00	-3827.41	4449.32	
		1.8	.00	.00	-3827.41	-2248.64	
		3.5	.00	.00	-3827.41	-3946.60	
2-45536.19							.00
		.0	.00	.00	-708.75	324.13	
		1.8	.00	.00	-708.75	-416.13	
		3.5	.00	.00	-708.75	-1656.44	
3 17783.68							.00
		.0	37498.60	-97981.52	3891.17	-13454.65	
		1.8	37498.60	-32358.98	3891.17	-6645.10	
		3.5	37498.60	33263.57	3891.17	164.46	
4-18005.95							.00
		.0	37498.60	-97981.52	-3891.17	13454.65	
		1.8	37498.60	-32358.98	-3891.17	6645.10	
		3.5	37498.60	33263.57	-3891.17	-164.46	
5-17783.68							.00
		.0	-37498.60	97981.52	-3891.17	13454.65	
		1.8	-37498.60	32358.98	-3891.17	6645.10	
		3.5	-37498.60	-33263.57	-3891.17	-164.46	
6 18005.95							.00
		.0	-37498.60	97981.52	3891.17	-13454.65	
		1.8	-37498.60	32358.98	3891.17	-6645.10	
		3.5	-37498.60	-33263.57	3891.17	164.46	
7 59616.03							.00
		.0	11249.58	-29394.46	12970.58	-44848.84	
		1.8	11249.58	-9707.69	12970.58	-22150.33	
		3.5	11249.58	9979.07	12970.58	548.18	
8-59682.71							.00
		.0	11249.58	-29394.46	-12970.58	44848.84	
		1.8	11249.58	-9707.69	-12970.58	22150.33	
		3.5	11249.58	9979.07	-12970.58	-548.18	
9-59616.03							.00
		.0	-11249.58	29394.46	-12970.58	44848.84	
		1.8	-11249.58	9707.69	-12970.58	22150.33	
		3.5	-11249.58	-9979.07	-12970.58	-548.18	
10 59682.71							.00
		.0	-11249.58	29394.46	12970.58	-44848.84	
		1.8	-11249.58	9707.69	12970.58	-22150.33	
		3.5	-11249.58	-9979.07	12970.58	548.18	
11*****							.00

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL TORQ
	.0	.00	.00	-5726.89	6657.89	
	1.8	.00	.00	-5726.89	-3364.17	
	3.5	.00	.00	-5726.89	-13386.23	
12*****						.00
	.0	39373.53	-102880.60	-314.71	-9160.60	
	1.8	39373.53	-33976.92	-314.71	-9711.34	
	3.5	39373.53	34926.75	-314.71	-10262.07	
13*****						.00
	.0	39373.53	-102880.60	-8615.33	19542.66	
	1.8	39373.53	-33976.92	-8615.33	4464.87	
	3.5	39373.53	34926.75	-8615.33	-10612.91	
14*****						.00
	.0	-39373.53	102880.60	-314.71	-9160.60	
	1.8	-39373.53	33976.92	-314.71	-9711.34	
	3.5	-39373.53	-34926.75	-314.71	-10262.07	
15*****						.00
	.0	-39373.53	102880.60	-8615.33	19542.66	
	1.8	-39373.53	33976.92	-8615.33	4464.87	
	3.5	-39373.53	-34926.75	-8615.33	-10612.91	
16*****						.00
	.0	11999.55	-31354.09	9153.82	-41900.26	
	1.8	11999.55	-10354.87	9153.82	-25881.08	
	3.5	11999.55	10644.34	9153.82	-9861.90	
17*****						.00
	.0	11999.55	-31354.09	-18084.40	52282.31	
	1.8	11999.55	-10354.87	-18084.40	20634.61	
	3.5	11999.55	10644.34	-18084.40	-11013.08	
18*****						.00
	.0	-11999.55	31354.09	9153.82	-41900.26	
	1.8	-11999.55	10354.87	9153.82	-25881.08	
	3.5	-11999.55	-10644.34	9153.82	-9861.90	
19*****						.00
	.0	-11999.55	31354.09	-18084.40	52282.31	
	1.8	-11999.55	10354.87	-18084.40	20634.61	
	3.5	-11999.55	-10644.34	-18084.40	-11013.08	
20*****						.00
	.0	33748.74	-88183.37	57.39	-8104.80	
	1.8	33748.74	-29123.08	57.39	-8004.37	
	3.5	33748.74	29937.21	57.39	-7903.93	
21*****						.00
	.0	33748.74	-88183.37	-6946.72	16113.58	
	1.8	33748.74	-29123.08	-6946.72	3956.81	
	3.5	33748.74	29937.21	-6946.72	-8199.95	
22*****						.00
	.0	-33748.74	88183.37	57.39	-8104.80	
	1.8	-33748.74	29123.08	57.39	-8004.37	
	3.5	-33748.74	-29937.21	57.39	-7903.93	
23*****						.00
	.0	-33748.74	88183.37	-6946.72	16113.58	
	1.8	-33748.74	29123.08	-6946.72	3956.81	
	3.5	-33748.74	-29937.21	-6946.72	-8199.95	
24*****						.00

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
	.0	10124.62	-26455.01	8228.85	-36359.57	
	1.8	10124.62	-8736.92	8228.85	-21959.07	
	3.5	10124.62	8981.16	8228.85	-7558.58	
25*****						
	.0	10124.62	-26455.01	-15118.19	44368.35	.00
	1.8	10124.62	-8736.92	-15118.19	17911.52	
	3.5	10124.62	8981.16	-15118.19	-8545.31	
26*****						
	.0	-10124.62	26455.01	8228.85	-36359.57	.00
	1.8	-10124.62	8736.92	8228.85	-21959.07	
	3.5	-10124.62	-8981.16	8228.85	-7558.58	
27*****						
	.0	-10124.62	26455.01	-15118.19	44368.35	.00
	1.8	-10124.62	8736.92	-15118.19	17911.52	
	3.5	-10124.62	-8981.16	-15118.19	-8545.31	
4 -----						
1*****						
	.0	125.11	-196.31	-3815.88	4435.68	1.64
	1.8	125.11	22.63	-3815.88	-2242.10	
	3.5	125.11	241.57	-3815.88	-3919.89	
2-44075.79						
	.0	24.05	-34.84	-705.15	819.93	.52
	1.8	24.05	7.24	-705.15	-414.08	
	3.5	24.05	49.33	-705.15	-1648.09	
3 19796.69						
	.0	37623.02	-97967.69	4682.69	-16110.74	636.31
	1.8	37623.02	-32127.40	4682.69	-7916.04	
	3.5	37623.02	33712.88	4682.69	278.67	
4-21892.94						
	.0	37589.55	-97912.54	-4682.69	16110.74	-636.31
	1.8	37589.55	-32130.84	-4682.69	7916.04	
	3.5	37589.55	33650.87	-4682.69	-278.67	
5-19796.69						
	.0	-37623.02	97967.69	-4682.69	16110.74	-636.31
	1.8	-37623.02	32127.40	-4682.69	7916.04	
	3.5	-37623.02	-33712.88	-4682.69	-278.67	
6 21892.94						
	.0	-37589.55	97912.54	4682.69	-16110.74	636.31
	1.8	-37589.55	32130.84	4682.69	-7916.04	
	3.5	-37589.55	-33650.87	4682.69	278.67	
7 69168.27						
	.0	11337.68	-29473.95	15608.96	-53702.48	2121.02
	1.8	11337.68	-9633.02	15608.96	-26386.80	
	3.5	11337.68	10207.92	15608.96	928.89	
8-69797.15						
	.0	11226.09	-29290.12	-15608.96	53702.48	-2121.02
	1.8	11226.09	-9644.46	-15608.96	26386.80	
	3.5	11226.09	10001.20	-15608.96	-928.89	
9-69168.27						
	.0	-11337.68	29473.95	-15608.96	53702.48	-2121.02
	1.8	-11337.68	9633.02	-15608.96	26386.80	
	3.5	-11337.68	-10207.92	-15608.96	-928.89	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M B E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE SHEAR MOMENT	1-3 PLANE SHEAR MOMENT	AXIAL TORQ
22-41591.89	3.5	26989.67	14152.50	-8595.80
	.0	-24294.68	77110.75	-6479.71
	1.8	-24294.68	34595.07	-17927.11
	3.5	-24294.68	-7920.61	-11433.65
23-91042.70				-4940.20
	.0	-24323.14	77166.06	-626.82
	1.8	-24323.14	34500.57	23605.59
	3.5	-24323.14	-7954.92	8562.94
24*****				-6479.71
	.0	9091.85	-25314.08	2093.63
	1.8	9091.85	-9403.34	-66381.92
	3.5	9091.85	6507.40	-34763.01
25*****				-3144.09
	.0	8996.98	-25129.72	-2091.68
	1.8	8996.98	-9385.00	-22953.21
	3.5	8996.98	6359.71	72060.40
26-77012.73				31892.29
	.0	-6301.99	21929.14	-8275.82
	1.8	-6301.99	10900.66	2093.63
	3.5	-6301.99	-127.82	-66381.92
27*****				-34763.01
	.0	-6396.86	22113.50	-3144.09
	1.8	-6396.86	10918.99	-2091.68
	3.5	-6396.86	-275.52	-22953.21
6				-8275.82
1*****				
	.0	-2060.96	2451.05	.00
	1.8	-2060.96	-1155.62	.00
	3.5	-2060.96	-4762.30	.00
2-46031.43				.00
	.0	-360.40	430.43	.00
	1.8	-360.40	-200.26	.00
	3.5	-360.40	-830.96	.00
3148105.52				
	.0	28752.10	-88124.99	-338.45
	1.8	28752.10	-37808.81	8958.31
	3.5	28752.10	12507.38	-25445.60
4148147.84				-9768.55
	.0	28751.94	-88124.63	5908.49
	1.8	28751.94	-37808.74	-338.45
	3.5	28751.94	12507.15	-8958.31
5*****				-5908.49
	.0	-28752.10	88124.99	338.45
	1.8	-28752.10	37808.81	-8958.31
	3.5	-28752.10	-12507.38	25445.60
6*****				9768.55
	.0	-28751.94	88124.63	-338.45
	1.8	-28751.94	37808.74	8958.31
	3.5	-28751.94	-12507.15	-9768.55
7 44367.48				5908.49
	.0	8625.89	-26438.05	-1128.16
				-84818.67

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD	AXIAL DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL
ID COMB	FORCE ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
8 44508.53	1.8	8625.89	-11342.74	29861.04	-32561.85	
	3.5	8625.89	3752.56	29861.04	19694.97	
	.0					1128.16
	1.8	8625.33	-26436.84	-29861.04	34818.67	
9-44367.49	3.5	8625.33	-11342.52	-29861.04	32561.85	
	.0					1128.16
	1.8	8625.33	3751.80	-29861.04	-19694.97	
	3.5	8625.33				
10-44508.53	.0	-8625.89	26438.05	-29861.04	34818.67	
	1.8	-8625.89	11342.74	-29861.04	32561.85	
	3.5	-8625.89	-3752.56	-29861.04	-19694.97	
	.0					-1128.16
11*****	1.8	-8625.33	26436.84	29861.04	-34818.67	
	3.5	-8625.33	11342.52	29861.04	-32561.85	
	.0					.00
	1.8	-3049.78	3629.96	.00	.00	
12*****	3.5	-3049.78	-1707.16	.00	.00	
	.0					-361.01
	1.8	27798.66	-89686.46	9555.53	-27141.97	
	3.5	27798.66	-41038.81	9555.53	-10419.79	
13*****	.0					361.01
	1.8	27798.66	7608.83	9555.53	6302.39	
	3.5	27798.66				
	.0	27798.48	-89686.07	-9555.53	27141.97	
14*****	1.8	27798.48	-41038.74	-9555.53	10419.79	
	3.5	27798.48	7608.59	-9555.53	-6302.39	
	.0					-361.01
	1.8	-32580.59	95375.63	9555.53	-27141.97	
15*****	3.5	-32580.59	38359.61	9555.53	-10419.79	
	.0					361.01
	1.8	-32580.77	-18656.42	9555.53	6302.39	
	3.5	-32580.77				
16*****	.0	-32580.77	-18656.66	-9555.53	-6302.39	
	1.8	6809.89	-25355.79	31354.09	-89059.60	
	3.5	6809.89	-13438.49	31354.09	-34189.94	
	.0					-1184.56
17*****	1.8	6809.89	-1521.19	31354.09	20679.72	
	.0					1184.56
	1.8	6809.30	-25354.53	-31354.09	89059.60	
	3.5	6809.30	-13438.26	-31354.09	34189.94	
18*****	.0					-1184.56
	1.8	-11591.41	31044.08	31354.09	-89059.60	
	3.5	-11591.41	10759.12	31354.09	-34189.94	
	.0					1184.56
19*****	1.8	-11591.41	-9525.84	31354.09	20679.72	
	.0					1184.56
	1.8	-11592.00	31045.35	-31354.09	89059.60	
	3.5	-11592.00	10759.36	-31354.09	34189.94	
20*****	.0					-304.60
	1.8	-11592.00	-9526.63	-31354.09	-20679.72	
	.0					
	1.8	24022.03	-77106.54	8062.48	-22901.04	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
	1.8	24022.03	-35067.98	8062.48	-8791.70	
	3.5	24022.03	6970.57	8062.48	5317.64	
21*****						304.60
	.0	24021.88	-77106.22	-8062.48	22901.04	
	1.8	24021.88	-35067.92	-8062.48	8791.70	
	3.5	24021.88	6970.37	-8062.48	-5317.64	
22*****						-304.60
	.0	-27731.60	81518.11	8062.48	-22901.04	
	1.8	-27731.60	32987.81	8062.48	-8791.70	
	3.5	-27731.60	-15542.50	8062.48	5317.64	
23*****						304.60
	.0	-27731.75	81518.44	-8062.48	22901.04	
	1.8	-27731.75	32987.87	-8062.48	8791.70	
	3.5	-27731.75	-15542.70	-8062.48	-5317.64	
24*****						-1015.34
	.0	5908.44	-21588.29	26874.93	-76336.80	
	1.8	5908.44	-11248.53	26874.93	-29305.66	
	3.5	5908.44	-908.76	26874.93	17725.47	
25*****						1015.34
	.0	5907.93	-21587.21	-26874.93	76336.80	
	1.8	5907.93	-11248.33	-26874.93	29305.66	
	3.5	5907.93	-909.45	-26874.93	-17725.47	
26*****						-1015.34
	.0	-9617.65	25999.10	26874.93	-76336.80	
	1.8	-9617.65	9168.21	26874.93	-29305.66	
	3.5	-9617.65	-7662.69	26874.93	17725.47	
27*****						1015.34
	.0	-9618.16	26000.19	-26874.93	76336.80	
	1.8	-9618.16	9168.41	-26874.93	29305.66	
	3.5	-9618.16	-7663.37	-26874.93	-17725.47	
7						
1*****						.00
	.0	-195.46	298.73	.00	.00	
	1.8	-195.46	-43.33	.00	.00	
	3.5	-195.46	-385.39	.00	.00	
2-83858.04						.00
	.0	-45.67	66.41	.00	.00	
	1.8	-45.67	-13.51	.00	.00	
	3.5	-45.67	-93.43	.00	.00	
3 830.92						-437.20
	.0	37756.05	-98287.15	6220.45	-17864.01	
	1.8	37756.05	-32214.06	6220.45	-6978.22	
	3.5	37756.05	33859.03	6220.45	3907.56	
4 832.54						437.20
	.0	37755.92	-98286.90	-6220.45	17864.01	
	1.8	37755.92	-32214.04	-6220.45	6978.22	
	3.5	37755.92	33858.82	-6220.45	-3907.56	
5 -830.92						437.20
	.0	-37756.05	98287.15	-6220.45	17864.01	
	1.8	-37756.05	32214.06	-6220.45	6978.22	
	3.5	-37756.05	-33859.03	-6220.45	-3907.56	
6 -832.54						-437.20

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
	.0	-12316.15	31807.80	-21771.58	62524.05	
	1.8	-12316.15	10254.53	-21771.58	24423.78	
	3.5	-12316.15	-11298.74	-21771.58	-13676.48	
20*****						-393.48
	.0	33804.53	-88189.58	5598.41	-16077.61	
	1.8	33804.53	-29031.65	5598.41	-6280.40	
	3.5	33804.53	30126.28	5598.41	3516.81	
21*****						393.48
	.0	33804.41	-88189.35	-5598.41	16077.61	
	1.8	33804.41	-29031.63	-5598.41	6280.40	
	3.5	33804.41	30126.09	-5598.41	-3516.31	
22*****						-393.48
	.0	-34156.24	88727.06	5598.41	-16077.61	
	1.8	-34156.24	28953.64	5598.41	-6280.40	
	3.5	-34156.24	-30819.79	5598.41	3516.81	
23*****						393.48
	.0	-34156.36	88727.29	-5598.41	16077.61	
	1.8	-34156.36	28953.66	-5598.41	6280.40	
	3.5	-34156.36	-30819.97	-5598.41	-3516.81	
24*****						-1311.59
	.0	10018.40	-26269.02	18661.35	-53592.04	
	1.8	10018.40	-8736.82	18661.35	-20934.67	
	3.5	10018.40	8795.38	18661.35	11722.69	
25*****						1311.59
	.0	10018.00	-26268.25	-18661.35	53592.04	
	1.8	10018.00	-8736.75	-18661.35	20934.67	
	3.5	10018.00	8794.75	-18661.35	-11722.69	
26*****						-1311.59
	.0	-10369.83	26805.97	18661.35	-53592.04	
	1.8	-10369.83	8658.77	18661.35	-20934.67	
	3.5	-10369.83	-9488.44	18661.35	11722.69	
27*****						1311.59
	.0	-10370.23	26806.74	-18661.35	53592.04	
	1.8	-10370.23	8658.83	-18661.35	20934.67	
	3.5	-10370.23	-9489.07	-18661.35	-11722.69	
8	-----					
1*****						.00
	.0	.00	.00	.00	.00	
	1.8	.00	.00	.00	.00	
	3.5	.00	.00	.00	.00	
2-86454.97						.00
	.0	.00	.00	.00	.00	
	1.8	.00	.00	.00	.00	
	3.5	.00	.00	.00	.00	
3 -111.16						.00
	.0	37498.60	-97981.52	5182.02	-14926.96	
	1.8	37498.60	-32358.98	5182.02	-5858.42	
	3.5	37498.60	33263.57	5182.02	3210.11	
4 -111.11						.00
	.0	37498.60	-97981.52	-5182.02	14926.96	
	1.8	37498.60	-32358.98	-5182.02	5858.42	
	3.5	37498.60	33263.57	-5182.02	-3210.11	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI		1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL TORQ
5	111.16						.00
		.0	-37498.60	97981.52	-5182.02	14926.96	
		1.8	-37498.60	32358.98	-5182.02	5858.42	
		3.5	-37498.60	-33263.57	-5182.02	-3210.11	
6	111.11						.00
		.0	-37498.60	97981.52	5182.02	-14926.96	
		1.8	-37498.60	32358.98	5182.02	-5858.42	
		3.5	-37498.60	-33263.57	5182.02	3210.11	
7	-33.43						.00
		.0	11249.58	-29394.46	17273.40	-49756.53	
		1.8	11249.58	-9707.69	17273.40	-19528.08	
		3.5	11249.58	9979.07	17273.40	10700.38	
8	-33.25						.00
		.0	11249.58	-29394.46	-17273.40	49756.53	
		1.8	11249.58	-9707.69	-17273.40	19528.08	
		3.5	11249.58	9979.07	-17273.40	-10700.38	
9	33.43						.00
		.0	-11249.58	29394.46	-17273.40	49756.53	
		1.8	-11249.58	9707.69	-17273.40	19528.08	
		3.5	-11249.58	-9979.07	-17273.40	-10700.38	
10	33.25						.00
		.0	-11249.58	29394.46	17273.40	-49756.53	
		1.8	-11249.58	9707.69	17273.40	-19528.08	
		3.5	-11249.58	-9979.07	17273.40	10700.38	
11*****							.00
		.0	.00	.00	.00	.00	
		1.8	.00	.00	.00	.00	
		3.5	.00	.00	.00	.00	
12*****							.00
		.0	39373.53	-102880.60	5527.49	-15922.09	
		1.8	39373.53	-33976.92	5527.49	-6248.98	
		3.5	39373.53	34926.75	5527.49	3424.12	
13*****							.00
		.0	39373.53	-102880.60	-5527.49	15922.09	
		1.8	39373.53	-33976.92	-5527.49	6248.98	
		3.5	39373.53	34926.75	-5527.49	-3424.12	
14*****							.00
		.0	-39373.53	102880.60	5527.49	-15922.09	
		1.8	-39373.53	33976.92	5527.49	-6248.98	
		3.5	-39373.53	-34926.75	5527.49	3424.12	
15*****							.00
		.0	-39373.53	102880.60	-5527.49	15922.09	
		1.8	-39373.53	33976.92	-5527.49	6248.98	
		3.5	-39373.53	-34926.75	-5527.49	-3424.12	
16*****							.00
		.0	11999.55	-31354.09	18137.07	-52244.35	
		1.8	11999.55	-10354.87	18137.07	-20504.48	
		3.5	11999.55	10644.34	18137.07	11235.39	
17*****							.00
		.0	11999.55	-31354.09	-18137.07	52244.35	
		1.8	11999.55	-10354.87	-18137.07	20504.48	
		3.5	11999.55	10644.34	-18137.07	-11235.39	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
18*****							.00
	.0		-11999.55	31354.09	18137.07	-52244.35	
	1.8		-11999.55	10354.87	18137.07	-20504.48	
	3.5		-11999.55	-10644.34	18137.07	11235.39	
19*****							.00
	.0		-11999.55	31354.09	-18137.07	52244.35	
	1.8		-11999.55	10354.87	-18137.07	20504.48	
	3.5		-11999.55	-10644.34	-18137.07	-11235.39	
20*****							.00
	.0		33748.74	-88183.37	4663.82	-13434.26	
	1.8		33748.74	-29123.08	4663.82	-5272.58	
	3.5		33748.74	29937.21	4663.82	2889.10	
21*****							.00
	.0		33748.74	-88183.37	-4663.82	13434.26	
	1.8		33748.74	-29123.08	-4663.82	5272.58	
	3.5		33748.74	29937.21	-4663.82	-2889.10	
22*****							.00
	.0		-33748.74	88183.37	4663.82	-13434.26	
	1.8		-33748.74	29123.08	4663.82	-5272.58	
	3.5		-33748.74	-29937.21	4663.82	2889.10	
23*****							.00
	.0		-33748.74	88183.37	-4663.82	13434.26	
	1.8		-33748.74	29123.08	-4663.82	5272.58	
	3.5		-33748.74	-29937.21	-4663.82	-2889.10	
24*****							.00
	.0		10124.62	-26455.01	15546.06	-44780.88	
	1.8		10124.62	-8736.92	15546.06	-17575.27	
	3.5		10124.62	8981.16	15546.06	9630.34	
25*****							.00
	.0		10124.62	-26455.01	-15546.06	44780.88	
	1.8		10124.62	-8736.92	-15546.06	17575.27	
	3.5		10124.62	8981.16	-15546.06	-9630.34	
26*****							.00
	.0		-10124.62	26455.01	15546.06	-44780.88	
	1.8		-10124.62	8736.92	15546.06	-17575.27	
	3.5		-10124.62	-8981.16	15546.06	9630.34	
27*****							.00
	.0		-10124.62	26455.01	-15546.06	44780.88	
	1.8		-10124.62	8736.92	-15546.06	17575.27	
	3.5		-10124.62	-8981.16	-15546.06	-9630.34	
9 -----							
1*****							.00
	.0		195.46	-298.73	.00	.00	
	1.8		195.46	43.33	.00	.00	
	3.5		195.46	385.39	.00	.00	
2-83858.04							.00
	.0		45.67	-66.41	.00	.00	
	1.8		45.67	13.51	.00	.00	
	3.5		45.67	93.43	.00	.00	
3 -1048.94							437.20
	.0		37606.22	-97939.99	6220.45	-17864.01	
	1.8		37606.22	-32129.11	6220.45	-6978.22	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL TORQ
	.0	-24323.06	77165.90	8557.54	-23504.24	
	1.8	-24323.06	34600.54	8557.54	-8528.55	
	3.5	-24323.06	-7964.82	8557.54	6447.14	
23-41610.93						-620.30
	.0	-24294.75	77110.92	-3672.29	17825.75	
	1.8	-24294.75	34595.10	-3672.29	11399.26	
	3.5	-24294.75	-7920.72	-3672.29	4972.77	
24*****						2063.46
	.0	8997.23	-25130.26	22825.56	-71722.57	
	1.8	8997.23	-9385.11	22825.56	-31777.66	
	3.5	8997.23	6360.05	22825.56	8167.24	
25*****						-2065.41
	.0	9091.60	-25313.54	-17940.41	66044.09	
	1.8	9091.60	-9403.24	-17940.41	34648.38	
	3.5	9091.60	6507.06	-17940.41	3252.67	
26*****						2063.46
	.0	-6396.61	22112.96	22825.56	-71722.57	
	1.8	-6396.61	10918.89	22825.56	-31777.66	
	3.5	-6396.61	-275.18	22825.56	8167.24	
27-77076.20						-2065.41
	.0	-6302.24	21929.68	-17940.41	66044.09	
	1.8	-6302.24	10900.76	-17940.41	34648.38	
	3.5	-6302.24	-128.16	-17940.41	3252.67	
16 -----						
1*****						1.36
	.0	-2421.60	4297.64	-4415.62	7967.53	
	1.8	-2421.60	59.84	-4415.62	240.20	
	3.5	-2421.60	-4177.96	-4415.62	-7487.14	
2-21996.43						.43
	.0	-302.14	530.38	-585.34	1054.00	
	1.8	-302.14	1.63	-585.34	29.65	
	3.5	-302.14	-527.12	-585.34	-994.70	
3152896.76						-861.45
	.0	23032.02	-47256.55	5876.38	-13015.69	
	1.8	23032.02	-6950.51	5876.38	-2732.02	
	3.5	23032.02	33355.52	5876.38	7551.64	
4104579.03						861.45
	.0	23076.26	-47325.21	-5876.38	13015.69	
	1.8	23076.26	-6941.76	-5876.38	2732.02	
	3.5	23076.26	33441.69	-5876.38	-7551.64	
5*****						861.45
	.0	-23032.02	47256.55	-5876.38	13015.69	
	1.8	-23032.02	6950.51	-5876.38	2732.02	
	3.5	-23032.02	-33355.52	-5876.38	-7551.64	
6*****						-861.45
	.0	-23076.26	47325.21	5876.38	-13015.69	
	1.8	-23076.26	6941.76	5876.38	-2732.02	
	3.5	-23076.26	-33441.69	5876.38	7551.64	
7119150.92						-2871.52
	.0	6842.51	-14072.83	19587.93	-43385.63	
	1.8	6842.51	-2098.43	19587.93	-9106.75	
	3.5	6842.51	9875.97	19587.93	25172.13	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD	AXIAL	DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL
ID COMB	FORCE	ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
8-41908.18							2871.52
		.0	6989.97	-14301.70	-19587.93	43385.63	
		1.8	6989.97	-2069.25	-19587.93	9106.75	
		3.5	6989.97	10163.20	-19587.93	-25172.13	
9*****							2871.52
		.0	-6842.51	14072.83	-19587.93	43385.63	
		1.8	-6842.51	2098.43	-19587.93	9106.75	
		3.5	-6842.51	-9875.97	-19587.93	-25172.13	
10 41908.18							-2871.52
		.0	-6989.97	14301.70	19587.93	-43385.63	
		1.8	-6989.97	2069.25	19587.93	-9106.75	
		3.5	-6989.97	-10163.20	19587.93	25172.13	
11*****							2.31
		.0	-3389.35	6005.78	-6235.29	11247.44	
		1.8	-3389.35	74.42	-6235.29	335.68	
		3.5	-3389.35	-5856.93	-6235.29	-10576.08	
12-62316.48							-917.19
		.0	21450.23	-44772.14	1262.97	-4853.47	
		1.8	21450.23	-7234.25	1262.97	-2643.27	
		3.5	21450.23	30303.65	1262.97	-433.07	
13*****							920.58
		.0	21497.41	-44845.38	-11273.30	22913.33	
		1.8	21497.41	-7224.91	-11273.30	3185.05	
		3.5	21497.41	30395.56	-11273.30	-16543.24	
14*****							-917.19
		.0	-26963.47	54538.70	1262.97	-4853.47	
		1.8	-26963.47	7352.64	1262.97	-2643.27	
		3.5	-26963.47	-39833.43	1262.97	-433.07	
15*****							920.58
		.0	-26916.28	54465.47	-11273.30	22913.33	
		1.8	-26916.28	7361.97	-11273.30	3185.05	
		3.5	-26916.28	-39741.52	-11273.30	-16543.24	
16-97508.57							-3013.40
		.0	4566.88	-10166.26	15562.16	-36524.98	
		1.8	4566.88	-2174.22	15562.16	-9291.20	
		3.5	4566.88	5817.82	15562.16	17942.58	
17*****							3016.78
		.0	4721.71	-10406.58	-25572.49	54584.84	
		1.8	4721.71	-2143.58	-25572.49	9832.97	
		3.5	4721.71	6119.42	-25572.49	-34918.89	
18*****							-3013.40
		.0	-10187.77	20099.90	15562.16	-36524.98	
		1.8	-10187.77	2271.30	15562.16	-9291.20	
		3.5	-10187.77	-15557.29	15562.16	17942.58	
19*****							3016.78
		.0	-10032.94	19859.59	-25572.49	54584.84	
		1.8	-10032.94	2301.95	-25572.49	9832.97	
		3.5	-10032.94	-15255.69	-25572.49	-34918.89	
20-41881.18							-774.09
		.0	18549.38	-38663.02	1314.68	-4543.34	
		1.8	18549.38	-6201.60	1314.68	-2242.65	
		3.5	18549.38	26259.81	1314.68	58.05	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M B E L E M E N T F O R C E S

BLT LOAD ID COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
21-85367.13							776.53
	.0		18589.19	-38724.81	-9262.80	18884.90	
	1.8		18589.19	-6193.72	-9262.80	2675.00	
	3.5		18589.19	26337.37	-9262.80	-13534.90	
22*****							-774.09
	.0		-22948.07	46460.57	1314.68	-4543.34	
	1.8		-22948.07	6301.44	1314.68	-2242.65	
	3.5		-22948.07	-33857.69	1314.68	58.05	
23*****							776.53
	.0		-22908.26	46398.77	-9262.80	18884.90	
	1.8		-22908.26	6309.32	-9262.80	2675.00	
	3.5		-22908.26	-33780.13	-9262.80	-13534.90	
24-72252.44							-2583.14
	.0		3978.82	-8797.67	13655.08	-31876.29	
	1.8		3978.82	-1834.73	13655.08	-7979.90	
	3.5		3978.82	5128.21	13655.08	15916.49	
25*****							2585.58
	.0		4111.54	-9003.65	-21603.20	46217.84	
	1.8		4111.54	-1808.47	-21603.20	8412.25	
	3.5		4111.54	5386.72	-21603.20	-29393.34	
26*****							-2583.14
	.0		-8470.41	16739.41	13655.08	-31876.29	
	1.8		-8470.41	1916.18	13655.08	-7979.90	
	3.5		-8470.41	-12907.04	13655.08	15916.49	
27*****							2585.58
	.0		-8337.70	16533.42	-21603.20	46217.84	
	1.8		-8337.70	1942.45	-21603.20	8412.25	
	3.5		-8337.70	-12648.53	-21603.20	-29393.34	
17 -----							
1*****							1.38
	.0		-169.87	199.64	-6215.97	11210.69	
	1.8		-169.87	-97.63	-6215.97	332.75	
	3.5		-169.87	-394.90	-6215.97	-10545.20	
2-39389.28							.44
	.0		-42.09	57.43	-1152.07	2075.15	
	1.8		-42.09	-16.23	-1152.07	59.03	
	3.5		-42.09	-89.90	-1152.07	-1957.10	
3 20416.53							-841.85
	.0		40416.39	-77369.29	4113.52	-9283.36	
	1.8		40416.39	-6640.62	4113.52	-2084.70	
	3.5		40416.39	64088.06	4113.52	5113.95	
4-16498.09							841.85
	.0		40477.30	-77465.20	-4113.52	9283.36	
	1.8		40477.30	-6629.93	-4113.52	2084.70	
	3.5		40477.30	64205.35	-4113.52	-5113.95	
5-20416.53							841.85
	.0		-40416.39	77369.29	-4113.52	9283.36	
	1.8		-40416.39	6640.62	-4113.52	2084.70	
	3.5		-40416.39	-64088.06	-4113.52	-5113.95	
6 16498.09							-841.85
	.0		-40477.30	77465.20	4113.52	-9283.36	
	1.8		-40477.30	6629.93	4113.52	-2084.70	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

FRAME ELEMENT FORCES

EIT LOAD ID COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
20*****		3.5	-13041.27	-20792.97	-21649.89	-30204.27	-756.43
		.0	36221.86	-69452.68	-1892.20	1734.60	
		1.8	36221.86	-6064.42	-1892.20	-1576.76	
		3.5	36221.86	57323.84	-1892.20	-4888.12	
21*****		.0	36276.69	-69539.00	-9296.54	18444.65	758.91
		1.8	36276.69	-6054.80	-9296.54	2175.71	
		3.5	36276.69	57429.40	-9296.54	-14093.24	
22*****		.0	-36582.45	59898.36	-1892.20	1734.60	-756.43
		1.8	-36582.45	5879.07	-1892.20	-1576.76	
		3.5	-36582.45	-58140.22	-1892.20	-4888.12	
23*****		.0	-36527.63	69812.04	-9296.54	18444.65	758.91
		1.8	-36527.63	5888.69	-9296.54	2175.71	
		3.5	-36527.63	-58034.66	-9296.54	-14093.24	
24*****		.0	10676.39	-20579.12	6746.19	-17760.47	-2524.32
		1.8	10676.39	-1895.43	6746.19	-5954.64	
		3.5	10676.39	16788.26	6746.19	5851.19	
25*****		.0	10859.14	-20866.84	-17934.93	37939.72	2526.80
		1.8	10859.14	-1863.35	-17934.93	6553.59	
		3.5	10859.14	17140.14	-17934.93	-24832.54	
26*****		.0	-11164.90	21226.20	6746.19	-17760.47	-2524.32
		1.8	-11164.90	1687.62	6746.19	-5954.64	
		3.5	-11164.90	-17850.96	6746.19	5851.19	
27*****		.0	-10982.16	20938.47	-17934.93	37939.72	2526.80
		1.8	-10982.16	1719.70	-17934.93	6553.59	
		3.5	-10982.16	-17499.08	-17934.93	-24832.54	
18 -----							
1*****		.0	.00	.00	-6235.32	11244.78	.00
		1.8	.00	.00	-6235.32	332.97	
		3.5	.00	.00	-6235.32	-10578.83	
2-40829.96		.0	.00	.00	-1158.09	2085.77	.00
		1.8	.00	.00	-1158.09	59.12	
		3.5	.00	.00	-1158.09	-1967.53	
3 15797.62		.0	39919.58	-76341.51	3431.79	-7789.19	.00
		1.8	39919.58	-6482.24	3431.79	-1783.56	
		3.5	39919.58	63377.02	3431.79	4222.07	
4-15971.89		.0	39919.58	-76341.51	-3431.79	7789.19	.00
		1.8	39919.58	-6482.24	-3431.79	1783.56	
		3.5	39919.58	63377.02	-3431.79	-4222.07	
5-15797.62		.0	-39919.58	76341.51	-3431.79	7789.19	.00

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

E/LT LOAD ID COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
6 15971.89		1.8	-39919.58	6482.24	-3431.79	1783.56	.00
		3.5	-39919.58	-63377.02	-3431.79	-4222.07	
		.0	-39919.58	76341.51	3431.79	-7789.19	
		1.8	-39919.58	6482.24	3431.79	-1783.56	
		3.5	-39919.58	-63377.02	3431.79	4222.07	
7 52923.05		.0	11975.87	-22902.45	11439.30	-25963.98	.00
		1.3	11975.87	-1944.67	11439.30	-5945.21	
		3.5	11975.87	19013.11	11439.30	14073.56	
		.0	11975.87	-22902.45	-11439.30	25963.98	
		1.8	11975.87	-1944.67	-11439.30	5945.21	
8-52975.32		3.5	11975.87	19013.11	-11439.30	-14073.56	.00
		.0	11975.87	-22902.45	-11439.30	25963.98	
		1.8	11975.87	-1944.67	-11439.30	5945.21	
		3.5	11975.87	19013.11	-11439.30	-14073.56	
		.0	-11975.87	22902.45	-11439.30	25963.98	
9-52923.05		1.8	-11975.87	1944.67	-11439.30	5945.21	.00
		3.5	-11975.87	-19013.11	-11439.30	-14073.56	
		.0	-11975.87	22902.45	-11439.30	25963.98	
		1.8	-11975.87	1944.67	-11439.30	5945.21	
		3.5	-11975.87	-19013.11	-11439.30	-14073.56	
10 52975.32		.0	-11975.87	22902.45	11439.30	-25963.98	.00
		1.8	-11975.87	1944.67	11439.30	-5945.21	
		3.5	-11975.87	-19013.11	11439.30	14073.56	
		.0	41915.56	-80158.58	-3616.10	4812.58	
		1.8	41915.56	-6806.36	-3616.10	-1515.60	
11*****		3.5	41915.56	66545.87	-3616.10	-7843.78	.00
		.0	41915.56	-80158.58	-10937.25	21429.52	
		1.8	41915.56	-6806.36	-10937.25	2289.33	
		3.5	41915.56	66545.87	-10937.25	-16850.86	
		.0	-41915.56	80158.58	-3616.10	4812.58	
12*****		1.8	-41915.56	6806.36	-3616.10	-1515.60	.00
		3.5	-41915.56	-66545.87	-3616.10	-7843.78	
		.0	-41915.56	80158.58	-10937.25	21429.52	
		1.8	-41915.56	6806.36	-10937.25	2289.33	
		3.5	-41915.56	-66545.87	-10937.25	-16850.86	
13*****		.0	12774.27	-24429.28	4734.59	-14141.13	.00
		1.8	12774.27	-2074.32	4734.59	-5855.60	
		3.5	12774.27	20280.65	4734.59	2429.92	
		.0	12774.27	-24429.28	-19287.94	40383.23	
		1.8	12774.27	-2074.32	-19287.94	6629.34	
14*****		3.5	12774.27	20280.65	-19287.94	-27124.55	.00
		.0	-12774.27	24429.28	4734.59	-14141.13	
		1.8	-12774.27	2074.32	4734.59	5855.60	
		3.5	-12774.27	-20280.65	4734.59	-2429.92	
		.0	-12774.27	24429.28	-19287.94	40383.23	
15*****		1.8	-12774.27	2074.32	-19287.94	6629.34	.00
		3.5	-12774.27	-20280.65	-19287.94	-27124.55	
		.0	-12774.27	24429.28	4734.59	-14141.13	
		1.8	-12774.27	2074.32	4734.59	5855.60	
		3.5	-12774.27	-20280.65	4734.59	-2429.92	
16*****		.0	12774.27	-24429.28	-19287.94	40383.23	.00
		1.8	12774.27	-2074.32	-19287.94	6629.34	
		3.5	12774.27	20280.65	-19287.94	-27124.55	
		.0	-12774.27	24429.28	4734.59	-14141.13	
		1.8	-12774.27	2074.32	4734.59	5855.60	
17*****		3.5	-12774.27	-20280.65	4734.59	-2429.92	.00
		.0	12774.27	-24429.28	-19287.94	40383.23	
		1.8	12774.27	-2074.32	-19287.94	6629.34	
		3.5	12774.27	20280.65	-19287.94	-27124.55	
		.0	-12774.27	24429.28	4734.59	-14141.13	
18*****		1.8	-12774.27	2074.32	4734.59	5855.60	.00
		3.5	-12774.27	-20280.65	4734.59	-2429.92	
		.0	12774.27	-24429.28	-19287.94	40383.23	
		1.8	12774.27	-2074.32	-19287.94	6629.34	
		3.5	12774.27	20280.65	-19287.94	-27124.55	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
		1.8	-12774.27	2074.32	4734.59	-5855.60	
		3.5	-12774.27	-20280.65	4734.59	2429.92	
19*****		.0	-12774.27	24429.28	-19287.94	40383.23	.00
		1.8	-12774.27	2074.32	-19287.94	6629.34	
		3.5	-12774.27	-20280.65	-19287.94	-27124.55	
20*****		.0	35927.62	-68707.35	-2523.17	3110.02	.00
		1.8	35927.62	-5834.02	-2523.17	-1305.53	
		3.5	35927.62	57039.32	-2523.17	-5721.09	
21*****		.0	35927.62	-68707.35	-8700.39	17130.57	.00
		1.8	35927.62	-5834.02	-8700.39	1904.88	
		3.5	35927.62	57039.32	-8700.39	-13320.81	
22*****		.0	-35927.62	68707.35	-2523.17	3110.02	.00
		1.8	-35927.62	5834.02	-2523.17	-1305.53	
		3.5	-35927.62	-57039.32	-2523.17	-5721.09	
23*****		.0	-35927.62	68707.35	-8700.39	17130.57	.00
		1.8	-35927.62	5834.02	-8700.39	1904.88	
		3.5	-35927.62	-57039.32	-8700.39	-13320.81	
24*****		.0	10778.29	-20612.21	4683.58	-13247.28	.00
		1.8	10778.29	-1750.21	4683.58	-5051.01	
		3.5	10778.29	17111.80	4683.58	3145.26	
25*****		.0	10778.29	-20612.21	-15907.15	33487.88	.00
		1.8	10778.29	-1750.21	-15907.15	5650.37	
		3.5	10778.29	17111.80	-15907.15	-22187.15	
26*****		.0	-10778.29	20612.21	4683.58	-13247.28	.00
		1.8	-10778.29	1750.21	4683.58	-5051.01	
		3.5	-10778.29	-17111.80	4683.58	3145.26	
27*****		.0	-10778.29	20612.21	-15907.15	33487.88	.00
		1.8	-10778.29	1750.21	-15907.15	5650.37	
		3.5	-10778.29	-17111.80	-15907.15	-22187.15	
19 -----							
1*****		.0	169.87	-199.64	-6215.97	11210.69	-1.38
		1.8	169.87	97.63	-6215.97	332.75	
		3.5	169.87	394.90	-6215.97	-10545.20	
2-39389.28		.0	42.09	-57.43	-1152.07	2075.15	-.44
		1.8	42.09	16.23	-1152.07	59.03	
		3.5	42.09	89.90	-1152.07	-1957.10	
3 16339.23		.0	40399.34	-77336.99	4113.52	-9283.36	841.85
		1.8	40399.34	-6638.13	4113.52	-2084.70	
		3.5	40399.34	64060.72	4113.52	5113.95	
4-20575.39							-841.85

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE SHEAR	1-2 PLANE MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	1-3 PLANE MOMENT	AXIAL TORQ
16*****						3013.40
	.0	10170.62	-20080.41	15562.16	-36524.98	
	1.8	10170.62	-2281.82	15562.16	-9291.20	
	3.5	10170.62	15516.77	15562.16	17942.58	
17*****						-3016.78
	.0	10015.79	-19840.09	-25572.49	54584.84	
	1.8	10015.79	-2312.46	-25572.49	9832.97	
	3.5	10015.79	15215.17	-25572.49	-34918.89	
18-97587.29						3013.40
	.0	-4549.73	10146.77	15562.16	-36524.98	
	1.8	-4549.73	2134.74	15562.16	-9291.20	
	3.5	-4549.73	-5777.30	15562.16	17942.58	
19*****						-3016.78
	.0	-4704.56	10387.08	-25572.49	54584.84	
	1.8	-4704.56	2154.10	-25572.49	9832.97	
	3.5	-4704.56	-6078.89	-25572.49	-34918.89	
20*****						774.09
	.0	22899.84	-46405.74	1314.68	-4543.34	
	1.8	22899.84	-6331.01	1314.68	-2242.65	
	3.5	22899.84	33743.71	1314.68	58.05	
21*****						-776.53
	.0	22860.03	-46343.94	-9262.80	18884.90	
	1.8	22860.03	-6338.89	-9262.80	2675.00	
	3.5	22860.03	33666.16	-9262.80	-13534.90	
22-42102.57						774.09
	.0	-18501.15	38608.19	1314.68	-4543.34	
	1.8	-18501.15	6231.18	1314.68	-2242.65	
	3.5	-18501.15	-26145.84	1314.68	58.05	
23-85588.53						-776.53
	.0	-18540.96	38669.98	-9262.80	18884.90	
	1.8	-18540.96	6223.30	-9262.80	2675.00	
	3.5	-18540.96	-26223.39	-9262.80	-13534.90	
24*****						2583.14
	.0	8455.94	-16722.96	13655.08	-31876.29	
	1.8	8455.94	-1925.05	13655.08	-7979.90	
	3.5	8455.94	12872.85	13655.08	15916.49	
25*****						-2585.58
	.0	8323.23	-16516.97	-21603.20	46217.84	
	1.8	8323.23	-1951.32	-21603.20	8412.25	
	3.5	8323.23	12614.34	-21603.20	-29393.34	
26-72318.85						2583.14
	.0	-3964.35	8781.22	13655.08	-31876.29	
	1.8	-3964.35	1843.60	13655.08	-7979.90	
	3.5	-3964.35	-5094.02	13655.08	15916.49	
27*****						-2585.58
	.0	-4097.07	8987.20	-21603.20	46217.84	
	1.8	-4097.07	1817.34	-21603.20	8412.25	
	3.5	-4097.07	-5352.53	-21603.20	-29393.34	
21	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1*****						.00
	.0	-3350.46	5929.85	.00	.00	
	1.8	-3350.46	66.55	.00	.00	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
2-41241.49		3.5	-3350.46	-5796.75	.00	.00	.00
		.0	-593.53	1042.76	.00	.00	
		1.8	-593.53	4.08	.00	.00	
		3.5	-593.53	-1034.60	.00	.00	
3128722.75							-459.15
		.0	23054.21	-47290.99	10159.73	-20367.41	
		1.8	23054.21	-6946.12	10159.73	-2587.89	
		3.5	23054.21	33398.76	10159.73	15191.63	
4128753.04							459.15
		.0	23054.07	-47290.77	-10159.73	20367.41	
		1.8	23054.07	-6946.15	-10159.73	2587.89	
		3.5	23054.07	33398.46	-10159.73	-15191.63	
5*****							459.15
		.0	-23054.21	47290.99	-10159.73	20367.41	
		1.8	-23054.21	6946.12	-10159.73	2587.89	
		3.5	-23054.21	-33398.76	-10159.73	-15191.63	
6*****							-459.15
		.0	-23054.07	47290.77	10159.73	-20367.41	
		1.8	-23054.07	6946.15	10159.73	-2587.89	
		3.5	-23054.07	-33398.46	10159.73	15191.63	
7 38570.89							-1563.83
		.0	6916.49	-14187.63	33865.76	-67891.37	
		1.8	6916.49	-2083.78	33865.76	-8626.30	
		3.5	6916.49	10020.07	33865.76	50638.77	
8 38671.85							1563.83
		.0	6916.00	-14186.90	-33865.76	67891.37	
		1.8	6916.00	-2083.90	-33865.76	8626.30	
		3.5	6916.00	10019.10	-33865.76	-50638.77	
9-38570.89							1563.83
		.0	-6916.49	14187.63	-33865.76	67891.37	
		1.8	-6916.49	2083.78	-33865.76	8626.30	
		3.5	-6916.49	-10020.07	-33865.76	-50638.77	
10-38671.85							-1563.83
		.0	-6916.00	14186.90	33865.76	-67891.37	
		1.8	-6916.00	2083.90	33865.76	-8626.30	
		3.5	-6916.00	-10019.10	33865.76	50638.77	
11*****							.00
		.0	-4970.20	8784.24	.00	.00	
		1.8	-4970.20	86.39	.00	.00	
		3.5	-4970.20	-8611.47	.00	.00	
12*****							-500.43
		.0	20315.02	-42772.26	10837.04	-21725.24	
		1.8	20315.02	-7220.98	10837.04	-2760.42	
		3.5	20315.02	28330.31	10837.04	16204.41	
13*****							500.43
		.0	20314.86	-42772.03	-10837.04	21725.24	
		1.8	20314.86	-7221.02	-10837.04	2760.42	
		3.5	20314.86	28329.99	-10837.04	-16204.41	
14*****							-500.43
		.0	-28098.67	56538.59	10837.04	-21725.24	
		1.8	-28098.67	7365.91	10837.04	-2760.42	

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
15*****	3.5	-28098.67	-41806.77	10837.04	16204.41	
	.0					500.43
	1.8	-28098.83	56538.82	-10837.04	21725.24	
	3.5	-28098.83	7365.87	-10837.04	2760.42	
16*****	3.5	-28098.83	-41807.09	-10837.04	-16204.41	
	.0	3485.67	-8250.19	35559.04	-71285.94	-1642.02
	1.8	3485.67	-2150.26	35559.04	-9057.62	
	3.5	3485.67	3949.68	35559.04	53170.71	
17*****	.0					1642.02
	1.8	3485.16	-8249.42	-35559.04	71285.94	
	3.5	3485.16	-2150.38	-35559.04	9057.62	
18*****	3.5	3485.16	3948.65	-35559.04	-53170.71	
	.0	-11268.97	22015.98	35559.04	-71285.94	-1642.02
	1.8	-11268.97	2295.27	35559.04	-9057.62	
	3.5	-11268.97	-17425.43	35559.04	53170.71	
19*****	.0					1642.02
	1.8	-11269.49	22016.75	-35559.04	71285.94	
	3.5	-11269.49	2295.14	-35559.04	9057.62	
20*****	3.5	-11269.49	-17426.46	-35559.04	-53170.71	
	.0	17733.38	-37225.03	9143.75	-18330.67	-422.23
	1.8	17733.38	-6191.61	9143.75	-2329.10	
	3.5	17733.38	24841.80	9143.75	13672.47	
21*****	.0					422.23
	1.8	17733.25	-37224.83	-9143.75	18330.67	
	3.5	17733.25	-6191.65	-9143.75	2329.10	
22*****	3.5	17733.25	24841.54	-9143.75	-13672.47	
	.0	-23764.07	47898.56	9143.75	-18330.67	-422.23
	1.8	-23764.07	6311.43	9143.75	-2329.10	
	3.5	-23764.07	-35275.70	9143.75	13672.47	
23*****	.0					422.23
	1.8	-23764.20	47898.75	-9143.75	18330.67	
	3.5	-23764.20	6311.40	-9143.75	2329.10	
24*****	3.5	-23764.20	-35275.96	-9143.75	-13672.47	
	.0	3209.43	-7432.00	30479.18	-61102.24	-1407.45
	1.8	3209.43	-1815.51	30479.18	-7763.67	
	3.5	3209.43	3800.98	30479.18	45574.89	
25*****	.0					1407.45
	1.8	3208.99	-7431.35	-30479.18	61102.24	
	3.5	3208.99	-1815.62	-30479.18	7763.67	
26*****	3.5	3208.99	3800.11	-30479.18	-45574.89	
	.0	-9239.81	18105.07	30479.18	-61102.24	-1407.45
	1.8	-9239.81	1935.40	30479.18	-7763.67	
	3.5	-9239.81	-14234.27	30479.18	45574.89	
27*****	.0					1407.45
	1.8	-9240.25	18105.73	-30479.18	61102.24	
	3.5	-9240.25	1935.29	-30479.18	7763.67	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
	1.8	-11180.90	1661.46	21604.44	-5881.86	
	3.5	-11180.90	-17905.11	21604.44	31925.91	
27*****						1819.92
	.0	-11181.35	21228.75	-21604.44	43689.63	
	1.8	-11181.35	1661.38	-21604.44	5881.86	
	3.5	-11181.35	-17905.99	-21604.44	-31925.91	
23 -----						
1*****						.00
	.0	.00	.00	.00	.00	
	1.8	.00	.00	.00	.00	
	3.5	.00	.00	.00	.00	
2-76970.80						.00
	.0	.00	.00	.00	.00	
	1.3	.00	.00	.00	.00	
	3.5	.00	.00	.00	.00	
3 -87.15						.00
	.0	39919.58	-76341.51	6030.33	-12227.94	
	1.8	39919.58	-6482.24	6030.33	-1674.87	
	3.5	39919.58	63377.02	6030.33	8878.21	
4 -87.11						.00
	.0	39919.58	-76341.51	-6030.33	12227.94	
	1.8	39919.58	-6482.24	-6030.33	1674.87	
	3.5	39919.58	63377.02	-6030.33	-8878.21	
5 87.16						.00
	.0	-39919.58	76341.51	-6030.33	12227.94	
	1.8	-39919.58	6482.24	-6030.33	1674.87	
	3.5	-39919.58	-63377.02	-6030.33	-8878.21	
6 87.11						.00
	.0	-39919.58	76341.51	6030.33	-12227.94	
	1.8	-39919.58	6482.24	6030.33	-1674.87	
	3.5	-39919.58	-63377.02	6030.33	8878.21	
7 -26.22						.00
	.0	11975.87	-22902.45	20101.09	-40759.80	
	1.8	11975.87	-1944.67	20101.09	-5582.89	
	3.5	11975.87	19013.11	20101.09	29594.02	
8 -26.06						.00
	.0	11975.87	-22902.45	-20101.09	40759.80	
	1.8	11975.87	-1944.67	-20101.09	5582.89	
	3.5	11975.87	19013.11	-20101.09	-29594.02	
9 26.22						.00
	.0	-11975.87	22902.45	-20101.09	40759.80	
	1.8	-11975.87	1944.67	-20101.09	5582.89	
	3.5	-11975.87	-19013.11	-20101.09	-29594.02	
10 26.06						.00
	.0	-11975.87	22902.45	20101.09	-40759.80	
	1.8	-11975.87	1944.67	20101.09	-5582.89	
	3.5	-11975.87	-19013.11	20101.09	29594.02	
11*****						.00
	.0	.00	.00	.00	.00	
	1.8	.00	.00	.00	.00	
	3.5	.00	.00	.00	.00	
12*****						.00

P R A M B E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
	.0	41915.56	-80158.58	6432.35	-13043.14	
	1.8	41915.56	-6806.36	6432.35	-1786.52	
	3.5	41915.56	66545.87	6432.35	9470.09	
13*****						.00
	.0	41915.56	-80158.58	-6432.35	13043.14	
	1.8	41915.56	-6806.36	-6432.35	1786.52	
	3.5	41915.56	66545.87	-6432.35	-9470.09	
14*****						.00
	.0	-41915.56	80158.58	6432.35	-13043.14	
	1.8	-41915.56	6806.36	6432.35	-1786.52	
	3.5	-41915.56	-66545.87	6432.35	9470.09	
15*****						.00
	.0	-41915.56	80158.58	-6432.35	13043.14	
	1.8	-41915.56	6806.36	-6432.35	1786.52	
	3.5	-41915.56	-66545.87	-6432.35	-9470.09	
16*****						.00
	.0	12774.27	-24429.28	21106.15	-42797.79	
	1.8	12774.27	-2074.32	21106.15	-5862.03	
	3.5	12774.27	20280.65	21106.15	31073.72	
17*****						.00
	.0	12774.27	-24429.28	-21106.15	42797.79	
	1.8	12774.27	-2074.32	-21106.15	5862.03	
	3.5	12774.27	20280.65	-21106.15	-31073.72	
18*****						.00
	.0	-12774.27	24429.28	21106.15	-42797.79	
	1.8	-12774.27	2074.32	21106.15	-5862.03	
	3.5	-12774.27	-20280.65	21106.15	31073.72	
19*****						.00
	.0	-12774.27	24429.28	-21106.15	42797.79	
	1.8	-12774.27	2074.32	-21106.15	5862.03	
	3.5	-12774.27	-20280.65	-21106.15	-31073.72	
20*****						.00
	.0	35927.62	-68707.35	5427.29	-11005.15	
	1.8	35927.62	-5834.02	5427.29	-1507.38	
	3.5	35927.62	57039.32	5427.29	7990.39	
21*****						.00
	.0	35927.62	-68707.35	-5427.29	11005.15	
	1.8	35927.62	-5834.02	-5427.29	1507.38	
	3.5	35927.62	57039.32	-5427.29	-7990.39	
22*****						.00
	.0	-35927.62	68707.35	5427.29	-11005.15	
	1.8	-35927.62	5834.02	5427.29	-1507.38	
	3.5	-35927.62	-57039.32	5427.29	7990.39	
23*****						.00
	.0	-35927.62	68707.35	-5427.29	11005.15	
	1.8	-35927.62	5834.02	-5427.29	1507.38	
	3.5	-35927.62	-57039.32	-5427.29	-7990.39	
24*****						.00
	.0	10778.29	-20612.21	18090.98	-36683.82	
	1.8	10778.29	-1750.21	18090.98	-5024.60	
	3.5	10778.29	17111.80	18090.98	26634.62	
25*****						.00

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
26*****	.0	10778.29	-20612.21	-18090.98	36683.82	.00
	1.8	10778.29	-1750.21	-18090.98	5024.60	
	3.5	10778.29	17111.80	-18090.98	-26634.62	
27*****	.0	-10778.29	20612.21	18090.98	-36683.82	.00
	1.8	-10778.29	1750.21	18090.98	-5024.60	
	3.5	-10778.29	-17111.80	18090.98	26634.62	
24 -----	.0	-10778.29	20612.21	-18090.98	36683.82	.00
	1.8	-10778.29	1750.21	-18090.98	5024.60	
	3.5	-10778.29	-17111.80	-18090.98	-26634.62	
1*****	.0					.00
	1.8					
	3.5					
2-74407.73	.0	289.42	-361.93	.00	.00	.00
	1.8	289.42	144.56	.00	.00	
	3.5	289.42	651.04	.00	.00	
3 -2118.77	.0	78.42	-106.54	.00	.00	.00
	1.8	78.42	30.70	.00	.00	
	3.5	78.42	167.94	.00	.00	
4 -2117.40	.0	40368.81	-77288.91	7201.48	-14563.21	606.64
	1.8	40368.81	-6643.49	7201.48	-1960.62	
	3.5	40368.81	64001.93	7201.48	10641.97	
5 2118.77	.0	40368.96	-77289.15	-7201.48	14563.21	-606.64
	1.8	40368.96	-6643.47	-7201.48	1960.62	
	3.5	40368.96	64002.22	-7201.48	-10641.97	
6 2117.40	.0	-40368.81	77288.91	-7201.48	14563.21	-606.64
	1.8	-40368.81	6643.49	-7201.48	1960.62	
	3.5	-40368.81	-64001.93	-7201.48	-10641.97	
7 -637.71	.0	-40368.96	77289.15	7201.48	-14563.21	606.64
	1.8	-40368.96	6643.47	7201.48	-1960.62	
	3.5	-40368.96	-64002.22	7201.48	10641.97	
8 -633.14	.0	12110.41	-23186.31	24004.93	-48544.03	2022.14
	1.8	12110.41	-1993.09	24004.93	-6535.40	
	3.5	12110.41	19200.14	24004.93	35473.24	
9 637.71	.0	12110.92	-23187.11	-24004.93	48544.03	-2022.14
	1.8	12110.92	-1993.00	-24004.93	6535.40	
	3.5	12110.92	19201.11	-24004.93	-35473.24	
10 633.14	.0	-12110.41	23186.31	-24004.93	48544.03	-2022.14
	1.8	-12110.41	1993.09	-24004.93	6535.40	
	3.5	-12110.41	-19200.14	-24004.93	-35473.24	
	.0	-12110.92	23187.11	24004.93	-48544.03	2022.14
	1.8	-12110.92	1993.00	24004.93	-6535.40	
	3.5	-12110.92	-19201.11	24004.93	35473.24	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
	1.8	4241.87	4855.60	4325.13	-859.74	
	3.5	4241.87	12278.88	4325.13	6709.23	
22-10297.75						116.57
	.0	1894.65	-7095.53	4939.26	-6704.35	
	1.8	1894.65	-3779.88	4939.26	1939.35	
	3.5	1894.65	-464.24	4939.26	10583.05	
23 -9461.16						-112.15
	.0	2015.48	-7259.55	4325.13	-8428.71	
	1.8	2015.48	-3732.46	4325.13	-859.74	
	3.5	2015.48	-205.37	4325.13	6709.23	
24-13780.67						383.41
	.0	3200.84	-3854.45	5655.74	-4692.59	
	1.8	3200.84	1747.03	5655.74	5204.95	
	3.5	3200.84	7348.50	5655.74	15102.50	
25-10992.06						-378.99
	.0	3603.60	-4401.19	3608.64	-10440.47	
	1.8	3603.60	1905.11	3608.64	-4125.35	
	3.5	3603.60	9211.41	3608.64	2189.78	
26-12623.63						383.41
	.0	2532.93	-5262.01	5655.74	-4692.59	
	1.8	2532.93	-829.39	5655.74	5204.95	
	3.5	2532.93	3603.23	5655.74	15102.50	
27 -9835.03						-378.99
	.0	2935.68	-5808.75	3608.64	-10440.47	
	1.8	2935.68	-671.31	3608.64	-4125.35	
	3.5	2935.68	4466.14	3608.64	2189.78	
151 -----						
1 925.26						-49.86
	.0	7870.22	-7741.68	-1.99	6.04	
	3.0	55.22	4146.49	-1.99	.06	
	6.0	-7759.78	-7410.33	-1.99	-5.92	
2 119.09						-15.70
	.0	924.91	-947.18	-.63	1.90	
	3.0	24.91	477.54	-.63	.02	
	6.0	-875.09	-797.73	-.63	-1.86	
3 2439.04						245.96
	.0	-19369.66	59739.37	-44.19	125.71	
	3.0	-19369.66	1630.40	-44.19	-6.87	
	6.0	-19369.66	-56478.57	-44.19	-139.45	
4 2296.72						-245.96
	.0	-19407.91	59856.91	44.19	-125.71	
	3.0	-19407.91	1633.19	44.19	6.87	
	6.0	-19407.91	-56590.54	44.19	139.45	
5 -2439.04						-245.96
	.0	19369.66	-59739.37	44.19	-125.71	
	3.0	19369.66	-1630.40	44.19	6.87	
	6.0	19369.66	56478.57	44.19	139.45	
6 -2296.72						245.96
	.0	19407.91	-59856.91	-44.19	125.71	
	3.0	19407.91	-1633.19	-44.19	-6.87	
	6.0	19407.91	56590.54	-44.19	-139.45	
7 947.55						819.87

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M E B L E M E N T F O R C E S

E/LT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
8	473.17	.0	-5752.88	17743.55	-147.32	419.05
		3.0	-5752.88	484.90	-147.32	-22.90
		6.0	-5752.88	-16773.75	-147.32	-464.85
9	-947.55	.0	-5880.39	18135.34	147.32	-419.05
		3.0	-5880.39	494.18	147.32	22.90
		6.0	-5880.39	-17146.98	147.32	464.85
10	-473.17	.0	5752.88	-17743.55	147.32	-419.05
		3.0	5752.88	-484.90	147.32	22.90
		6.0	5752.88	15773.75	147.32	464.85
11	1300.86	.0	5880.39	-13135.34	-147.32	419.05
		3.0	5880.39	-494.18	-147.32	-22.90
		6.0	5880.39	17146.98	-147.32	-464.85
12	3608.73	.0	10924.12	-10805.51	-3.40	10.29
		3.0	106.12	5739.86	-3.40	.11
		6.0	-10711.88	-10168.77	-3.40	-10.08
13	3456.92	.0	-11491.39	53999.87	-49.63	141.64
		3.0	-20264.14	6366.57	-49.63	-7.25
		6.0	-29036.89	-67584.99	-49.63	-156.14
14	-1363.82	.0	-11532.19	54125.24	44.65	-126.55
		3.0	-20304.94	6369.54	44.65	7.41
		6.0	-29077.69	-67704.42	44.65	141.36
15	-1515.62	.0	29225.05	-71576.23	-49.63	141.64
		3.0	20452.30	2939.80	-49.63	-7.25
		6.0	11679.55	51137.58	-49.63	-156.14
16	2053.32	.0	29184.25	-71450.85	44.65	-126.55
		3.0	20411.50	2942.77	44.65	7.41
		6.0	11638.75	51018.14	44.65	141.36
17	1555.22	.0	2708.96	10204.23	-157.17	447.54
		3.0	-6063.79	5171.97	-157.17	-23.97
		6.0	-14836.54	-26178.53	-157.17	-495.48
18	537.88	.0	2575.08	10615.60	152.19	-432.45
		3.0	-6197.67	5181.71	152.19	24.12
		6.0	-14970.42	-26570.42	152.19	480.70
19	39.78	.0	15117.78	-28066.58	-157.17	447.54
		3.0	6345.03	4127.62	-157.17	-23.97
		6.0	-2427.72	10003.58	-157.17	-495.48
20	3027.87	.0	14983.90	-27655.21	152.19	-432.45
		3.0	6211.15	4137.37	152.19	24.12
		6.0	-2561.60	9611.69	152.19	480.70

176.49

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
21	2899.79	.0	-10349.49	46797.92	-41.57	118.58
		3.0	-17382.99	5199.21	-41.57	-6.13
		6.0	-24416.49	-57500.01	-41.57	-130.84
						-266.24
22	-1234.32	.0	-10383.91	46903.70	37.98	-107.70
		3.0	-17417.41	5201.71	37.98	6.24
		6.0	-24450.91	-57600.78	37.98	120.18
						176.49
23	-1362.40	.0	24550.32	-60838.73	-41.57	118.58
		3.0	17516.82	2261.98	-41.57	-6.13
		6.0	10483.32	44262.18	-41.57	-130.84
						-266.24
24	1685.53	.0	24515.89	-60732.95	37.98	-107.70
		3.0	17482.39	2264.48	37.98	6.24
		6.0	10448.89	44161.41	37.98	120.18
						693.01
25	1258.59	.0	1905.61	9001.68	-134.38	382.58
		3.0	-5127.89	4168.25	-134.38	-20.56
		6.0	-12161.39	-21765.68	-134.38	-423.69
						-782.75
26	406.88	.0	1790.86	9354.29	130.79	-371.70
		3.0	-5242.64	4176.60	130.79	20.67
		6.0	-12276.14	-22101.58	130.79	413.04
						693.01
27	-20.06	.0	12375.55	-23289.32	-134.38	382.58
		3.0	5342.05	3287.08	-134.38	-20.56
		6.0	-1691.45	8762.98	-134.38	-423.69
						-782.75
152	-----	.0	12260.80	-22936.71	130.79	-371.70
		3.0	5227.30	3295.43	130.79	20.67
		6.0	-1806.20	8427.08	130.79	413.04
1	970.56	.0	7828.98	-7850.35	.15	-.63
		3.0	13.98	3914.10	.15	-.18
		6.0	-7801.02	-7766.46	.15	.26
						-.16
2	137.30	.0	902.08	-904.13	.05	-.20
		3.0	2.08	452.11	.05	-.06
		6.0	-897.92	-891.64	.05	.08
						97.90
3	-170.82	.0	-18253.44	54718.54	-4.09	-59.12
		3.0	-18253.44	-41.77	-4.09	-71.38
		6.0	-18253.44	-54802.08	-4.09	-83.64
						-97.90
4	-475.14	.0	-18269.15	54764.69	4.09	59.12
		3.0	-18269.15	-42.77	4.09	71.38
		6.0	-18269.15	-54850.23	4.09	83.64
						-97.90
5	170.82	.0	18253.44	-54718.54	4.09	59.12
		3.0	18253.44	41.77	4.09	71.38
		6.0	18253.44	54802.08	4.09	83.64

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL TORQ
6	475.14					97.90
	.0	18269.15	-54764.69	-4.09	-59.12	
	3.0	18269.15	42.77	-4.09	-71.38	
	6.0	18269.15	54850.23	-4.09	-83.64	
7	410.30					326.32
	.0	-5452.19	16345.57	-13.62	-197.07	
	3.0	-5452.19	-11.01	-13.62	-237.93	
	6.0	-5452.19	-16367.59	-13.62	-278.80	
8	-604.09					-326.32
	.0	-5504.58	16499.40	13.62	197.07	
	3.0	-5504.58	-14.35	13.62	237.93	
	6.0	-5504.58	-16528.10	13.62	278.80	
9	-410.30					-326.32
	.0	5452.19	-16345.57	13.62	197.07	
	3.0	5452.19	11.01	13.62	237.93	
	6.0	5452.19	16367.59	13.62	278.80	
10	604.09					326.32
	.0	5504.58	-16499.40	-13.62	-197.07	
	3.0	5504.58	14.35	-13.62	-237.93	
	6.0	5504.58	16528.10	-13.62	-278.80	
11	1384.35					-.86
	.0	10838.11	-10867.03	.25	-1.07	
	3.0	20.11	5420.30	.25	-.31	
	6.0	-10797.89	-10746.37	.25	.45	
12	928.76					103.80
	.0	-10377.24	48641.62	-4.17	-63.85	
	3.0	-19149.99	4350.79	-4.17	-76.37	
	6.0	-27922.74	-66258.30	-4.17	-88.89	
13	604.16					-105.05
	.0	-10394.00	48690.85	4.54	62.28	
	3.0	-19166.75	4349.72	4.54	75.91	
	6.0	-27939.50	-66309.66	4.54	89.54	
14	1607.01					103.80
	.0	27971.49	-66315.78	-4.17	-63.85	
	3.0	19198.74	4439.55	-4.17	-76.37	
	6.0	10425.99	48876.64	-4.17	-88.89	
15	1282.41					-105.05
	.0	27954.72	-66266.55	4.54	62.28	
	3.0	19181.97	4438.49	4.54	75.91	
	6.0	10409.22	48825.27	4.54	89.54	
16	1534.79					342.01
	.0	2972.63	8624.09	-14.12	-207.71	
	3.0	-5800.12	4382.86	-14.12	-250.06	
	6.0	-14572.87	-26176.62	-14.12	-292.41	
17	469.68					-343.27
	.0	2917.62	8785.61	14.49	206.14	
	3.0	-5855.13	4379.36	14.49	249.60	
	6.0	-14627.88	-26345.15	14.49	293.07	
18	1741.49					342.01
	.0	14659.86	-26410.55	-14.12	-207.71	
	3.0	5887.11	4409.91	-14.12	-250.06	
	6.0	-2885.64	8912.12	-14.12	-292.41	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
19	676.38						-343.27
		.0	14604.85	-26249.02	14.49	206.14	
		3.0	5832.10	4406.41	14.49	249.60	
		6.0	-2940.65	8743.59	14.49	293.07	
20	719.76						87.65
		.0	-9382.01	42181.38	-3.54	-53.77	
		3.0	-16415.51	3485.10	-3.54	-64.41	
		6.0	-23449.01	-56311.68	-3.54	-75.04	
21	445.88						-88.56
		.0	-9396.16	42222.91	3.81	52.64	
		3.0	-16429.66	3484.20	3.81	64.08	
		6.0	-23463.16	-56355.02	3.81	75.51	
22	1301.12						87.65
		.0	23488.32	-56353.54	-3.54	-53.77	
		3.0	16454.82	3561.19	-3.54	-64.41	
		6.0	9421.32	42375.40	-3.54	-75.04	
23	1027.24						-88.56
		.0	23474.18	-56312.00	3.81	52.64	
		3.0	16440.68	3560.28	3.81	64.08	
		6.0	9407.18	42332.06	3.81	75.51	
24	1242.77						293.24
		.0	2139.11	7645.70	-12.13	-177.93	
		3.0	-4894.39	3512.78	-12.13	-214.31	
		6.0	-11927.89	-21720.64	-12.13	-250.68	
25	329.82						-294.14
		.0	2091.96	7784.15	12.39	176.80	
		3.0	-4941.54	3509.78	12.39	213.98	
		6.0	-11975.04	-21865.10	12.39	251.16	
26	1417.18						293.24
		.0	12000.21	-21914.77	-12.13	-177.93	
		3.0	4966.71	3535.60	-12.13	-214.31	
		6.0	-2066.79	7885.48	-12.13	-250.68	
27	504.23						-294.14
		.0	11953.06	-21776.32	12.39	176.80	
		3.0	4919.56	3532.60	12.39	213.98	
		6.0	-2113.94	7741.02	12.39	251.16	
153	-----						
1	970.56						.50
		.0	7801.02	-7766.46	-.15	.26	
		3.0	-13.98	3914.10	-.15	-.18	
		6.0	-7828.98	-7850.35	-.15	-.63	
2	137.30						.16
		.0	897.92	-891.64	-.05	.08	
		3.0	-2.08	452.11	-.05	-.06	
		6.0	-902.08	-904.13	-.05	-.20	
3	-2591.80						-97.90
		.0	-18245.15	54802.99	4.09	-83.64	
		3.0	-18245.15	67.54	4.09	-71.38	
		6.0	-18245.15	-54667.91	4.09	-59.12	
4	-2896.12						97.90
		.0	-18229.43	54754.84	-4.09	83.64	
		3.0	-18229.43	66.54	-4.09	71.38	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M E E L E M E N T F O R C E S

EIT LOAD ID COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
5	2591.80	6.0	-18229.43	-54621.76	-4.09	59.12	97.90
		.0	18245.15	-54802.99	-4.09	83.64	
		3.0	18245.15	-67.54	-4.09	71.38	
		6.0	18245.15	54667.91	-4.09	59.12	
6	2896.12	6.0	18229.43	-54754.84	4.09	-83.64	-97.90
		.0	18229.43	-66.54	4.09	-71.38	
		3.0	18229.43	54621.76	4.09	-59.12	
		6.0	18229.43	54621.76	4.09	-59.12	
7	-315.99	6.0	-5497.38	16513.93	13.62	-278.80	-326.32
		.0	-5497.38	21.78	13.62	-237.93	
		3.0	-5497.38	-16470.37	13.62	-197.07	
		6.0	-5497.38	-16470.37	13.62	-197.07	
8	-1330.38	6.0	-5444.99	16353.42	-13.62	278.80	326.32
		.0	-5444.99	18.44	-13.62	237.93	
		3.0	-5444.99	-16316.53	-13.62	197.07	
		6.0	-5444.99	-16316.53	-13.62	197.07	
9	315.99	6.0	5497.38	-16513.93	-13.62	278.80	326.32
		.0	5497.38	-21.78	-13.62	237.93	
		3.0	5497.38	16470.37	-13.62	197.07	
		6.0	5497.38	16470.37	-13.62	197.07	
10	1330.38	6.0	5444.99	-16353.42	13.62	-278.80	-326.32
		.0	5444.99	-18.44	13.62	-237.93	
		3.0	5444.99	16316.53	13.62	-197.07	
		6.0	5444.99	16316.53	13.62	-197.07	
11	1384.35	6.0	10797.89	-10746.37	-.25	.45	.86
		.0	-20.11	5420.30	-.25	-.31	
		3.0	-10838.11	-10867.03	-.25	-1.07	
		6.0	-10838.11	-10867.03	-.25	-1.07	
12	-1613.27	6.0	-10400.78	48827.03	4.17	-88.89	-103.80
		.0	-19173.53	4465.56	4.17	-76.37	
		3.0	-27946.28	-66214.16	4.17	-63.85	
		6.0	-27946.28	-66214.16	4.17	-63.85	
13	-1937.87	6.0	-10384.02	48775.67	-4.54	89.54	105.05
		.0	-19156.77	4464.49	-4.54	75.91	
		3.0	-27929.52	-66164.93	-4.54	62.28	
		6.0	-27929.52	-66164.93	-4.54	62.28	
14	4149.04	6.0	27897.53	-66208.69	4.17	-88.89	-103.80
		.0	19124.78	4324.78	4.17	-76.37	
		3.0	10352.03	48540.00	4.17	-63.85	
		6.0	10352.03	48540.00	4.17	-63.85	
15	3824.44	6.0	27914.30	-66260.06	-4.54	89.54	105.05
		.0	19141.55	4323.71	-4.54	75.91	
		3.0	10368.80	48589.22	-4.54	62.28	
		6.0	10368.80	48589.22	-4.54	62.28	
16	760.07	6.0	2893.32	8897.01	14.12	-292.41	-342.01
		.0	-5879.43	4417.84	14.12	-250.06	
		3.0	-14652.18	-26379.58	14.12	-207.71	
		6.0	-14652.18	-26379.58	14.12	-207.71	
17	-305.04	6.0	2948.33	8728.47	-14.49	293.07	343.27
		.0	-5824.42	4414.34	-14.49	249.60	
		3.0	-5824.42	4414.34	-14.49	249.60	
		6.0	-5824.42	4414.34	-14.49	249.60	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD	AXIAL	DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL
ID COMB	FORCE	ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
18	2516.21	6.0	-14597.17	-26218.05	-14.49	206.14	-342.01
		.0	14565.19	-26161.50	14.12	-292.41	
		3.0	5792.44	4374.93	14.12	-250.06	
		6.0	-2980.31	8593.12	14.12	-207.71	
19	1451.10	6.0	-2980.31	8593.12	14.12	-207.71	343.27
		.0	14620.20	-26330.03	-14.49	293.07	
		3.0	5847.45	4371.43	-14.49	249.60	
		6.0	-2925.30	8754.64	-14.49	206.14	
20	-1459.12	6.0	-2925.30	8754.64	-14.49	206.14	-87.65
		.0	-9399.72	42332.88	3.54	-75.04	
		3.0	-16433.22	3583.48	3.54	-64.41	
		6.0	-23466.72	-56266.43	3.54	-53.77	
21	-1733.01	6.0	-23466.72	-56266.43	3.54	-53.77	88.56
		.0	-9385.57	42289.55	-3.81	75.51	
		3.0	-16419.07	3582.58	-3.81	64.08	
		6.0	-23452.57	-56224.89	-3.81	52.64	
22	3480.01	6.0	-23452.57	-56224.89	-3.81	52.64	-87.65
		.0	23427.41	-56269.17	3.54	-75.04	
		3.0	16393.91	3462.80	3.54	-64.41	
		6.0	9360.41	42094.27	3.54	-53.77	
23	3206.12	6.0	9360.41	42094.27	3.54	-53.77	88.56
		.0	23441.55	-56312.50	-3.81	75.51	
		3.0	16408.05	3461.90	-3.81	64.08	
		6.0	9374.55	42135.81	-3.81	52.64	
24	589.11	6.0	9374.55	42135.81	-3.81	52.64	-293.24
		.0	2073.27	7872.73	12.13	-250.68	
		3.0	-4960.23	3542.29	12.13	-214.31	
		6.0	-11993.73	-21888.64	12.13	-177.93	
25	-323.84	6.0	-11993.73	-21888.64	12.13	-177.93	294.14
		.0	2120.42	7728.27	-12.39	251.16	
		3.0	-4913.08	3539.29	-12.39	213.98	
		6.0	-11946.58	-21750.19	-12.39	176.80	
26	2070.84	6.0	-11946.58	-21750.19	-12.39	176.80	-293.24
		.0	11921.41	-21707.89	12.13	-250.68	
		3.0	4887.91	3506.09	12.13	-214.31	
		6.0	-2145.59	7619.57	12.13	-177.93	
27	1157.89	6.0	-2145.59	7619.57	12.13	-177.93	294.14
		.0	11968.56	-21852.35	-12.39	251.16	
		3.0	4935.06	3503.09	-12.39	213.98	
		6.0	-2098.44	7758.02	-12.39	176.80	
154	-----						
1	925.26						49.86
		.0	7759.78	-7410.33	1.99	-5.92	
		3.0	-55.22	4146.49	1.99	.06	
2	119.09	6.0	-7870.22	-7741.68	1.99	6.04	15.70
		.0	875.09	-797.73	.63	-1.86	
		3.0	-24.91	477.54	.63	.02	
3	-5435.41	6.0	-924.91	-947.18	.63	1.90	-245.96
		.0	-19326.37	56382.06	44.19	-139.45	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL TORQ
156						
1	1380.63					.00
	.0	10689.71	-10714.49	.00	.00	
	3.0	18.71	5348.14	.00	.00	
	6.0	-10652.29	-10602.23	.00	.00	
2	265.01					.00
	.0	1803.53	-1806.64	.00	.00	
	3.0	3.53	903.94	.00	.00	
	6.0	-1796.47	-1785.49	.00	.00	
3	-323.89					86.25
	.0	-18261.30	54741.64	-26.51	30.48	
	3.0	-18261.30	-42.27	-26.51	-49.04	
	6.0	-18261.30	-54826.17	-26.51	-128.57	
4	-322.07					-86.25
	.0	-18261.29	54741.60	26.51	-30.48	
	3.0	-18261.29	-42.27	26.51	49.04	
	6.0	-18261.29	-54826.15	26.51	128.57	
5	323.89					-86.25
	.0	18261.30	-54741.64	26.51	-30.48	
	3.0	18261.30	42.27	26.51	49.04	
	6.0	18261.30	54826.17	26.51	128.57	
6	322.07					86.25
	.0	18261.29	-54741.60	-26.51	30.48	
	3.0	18261.29	42.27	-26.51	-49.04	
	6.0	18261.29	54826.15	-26.51	-128.57	
7	-99.93					287.52
	.0	-5478.41	16422.55	-88.36	101.59	
	3.0	-5478.41	-12.67	-88.36	-163.48	
	6.0	-5478.41	-16447.89	-88.36	-428.55	
8	-93.86					-287.52
	.0	-5478.37	16422.42	88.36	-101.59	
	3.0	-5478.37	-12.69	88.36	163.48	
	6.0	-5478.37	-16447.80	88.36	428.55	
9	99.93					-287.52
	.0	5478.41	-16422.55	88.36	-101.59	
	3.0	5478.41	12.67	88.36	163.48	
	6.0	5478.41	16447.89	88.36	428.55	
10	93.86					287.52
	.0	5478.37	-16422.42	-88.36	101.59	
	3.0	5478.37	12.69	-88.36	-163.48	
	6.0	5478.37	16447.80	-88.36	-428.55	
11	2080.77					.00
	.0	15713.29	-15748.01	.00	.00	
	3.0	28.09	7864.07	.00	.00	
	6.0	-15657.11	-15579.46	.00	.00	
12	1276.52					92.01
	.0	-6813.95	45090.32	-28.27	32.51	
	3.0	-19152.50	6140.65	-28.27	-52.31	
	6.0	-31491.05	-69824.68	-28.27	-137.14	
13	1278.46					-92.01
	.0	-6813.94	45090.28	28.27	-32.51	
	3.0	-19152.49	6140.64	28.27	52.31	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
		6.0	-31491.04	-69824.65	28.27	137.14	
14	1954.77						92.01
		.0	31534.77	-69867.08	-28.27	32.51	
		3.0	19196.22	6229.41	-28.27	-52.31	
		6.0	6857.67	45310.25	-28.27	-137.14	
15	1956.72						-92.01
		.0	31534.78	-69867.12	28.27	-32.51	
		3.0	19196.23	6229.41	28.27	52.31	
		6.0	6857.58	45310.28	28.27	137.14	
16	1510.08						301.89
		.0	6516.78	5128.99	-92.77	106.67	
		3.0	-5821.77	6171.51	-92.77	-171.66	
		6.0	-18160.32	-29801.62	-92.77	-449.98	
17	1516.45						-301.89
		.0	6516.82	5128.85	92.77	-106.67	
		3.0	-5821.73	6171.49	92.77	171.66	
		6.0	-18160.28	-29801.53	92.77	449.98	
18	1716.79						301.89
		.0	18204.01	-29905.65	-92.77	106.67	
		3.0	5865.46	6198.56	-92.77	-171.66	
		6.0	-6473.09	5287.12	-92.77	-449.98	
19	1723.16						-301.89
		.0	18204.05	-29905.78	92.77	-106.67	
		3.0	5865.50	6198.54	92.77	171.66	
		6.0	-6473.05	5287.21	92.77	449.98	
20	951.07						77.63
		.0	-6814.43	39624.43	-23.86	27.43	
		3.0	-16418.33	4775.28	-23.86	-44.14	
		6.0	-26022.23	-58885.57	-23.86	-115.71	
21	952.71						-77.63
		.0	-6814.42	39624.40	23.86	-27.43	
		3.0	-16418.32	4775.28	23.86	44.14	
		6.0	-26022.22	-58885.54	23.86	115.71	
22	1532.43						77.63
		.0	26055.90	-58910.48	-23.86	27.43	
		3.0	16452.00	4851.37	-23.86	-44.14	
		6.0	6848.10	39801.52	-23.86	-115.71	
23	1534.07						-77.63
		.0	26055.91	-58910.52	23.86	-27.43	
		3.0	16452.01	4851.36	23.86	44.14	
		6.0	6848.11	39801.54	23.86	115.71	
24	1152.63						258.76
		.0	4690.17	5137.25	-79.52	91.43	
		3.0	-4913.73	4801.92	-79.52	-147.13	
		6.0	-14517.63	-24345.11	-79.52	-385.70	
25	1158.10						-258.76
		.0	4690.20	5137.14	79.52	-91.43	
		3.0	-4913.70	4801.90	79.52	147.13	
		6.0	-14517.60	-24345.03	79.52	385.70	
26	1327.04						258.76
		.0	14551.27	-24423.22	-79.52	91.43	
		3.0	4947.37	4824.75	-79.52	-147.13	

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHBAR	MOMENT	SHBAR	MOMENT	
27	1332.51	6.0	-4656.53	5261.01	-79.52	-385.70	
		.0	14551.30	-24423.34	79.52	-91.43	-258.76
		3.0	4947.40	4824.73	79.52	147.13	
		6.0	-4656.50	5261.09	79.52	385.70	
157							
1	1380.63	.0	10652.29	-10602.23	.00	.00	.00
		3.0	-18.71	5348.14	.00	.00	
		6.0	-10689.71	-10714.49	.00	.00	
2	265.01	.0	1796.47	-1785.49	.00	.00	.00
		3.0	-3.53	903.94	.00	.00	
		6.0	-1803.53	-1806.64	.00	.00	
3	-2744.87	.0	-18237.29	54778.90	26.51	-128.57	-86.25
		3.0	-18237.29	67.04	26.51	-49.04	
		6.0	-18237.29	-54544.81	26.51	30.48	
4	-2743.05	.0	-18237.30	54778.93	-26.51	128.57	86.25
		3.0	-18237.30	67.04	-26.51	49.04	
		6.0	-18237.30	-54544.85	-26.51	-30.48	
5	2744.87	.0	18237.29	-54778.90	-26.51	128.57	86.25
		3.0	18237.29	-67.04	-26.51	49.04	
		6.0	18237.29	54544.81	-26.51	-30.48	
6	2743.05	.0	18237.30	-54778.93	26.51	-128.57	-86.25
		3.0	18237.30	-67.04	26.51	-49.04	
		6.0	18237.30	54544.85	26.51	30.48	
7	-826.22	.0	-5471.17	16433.63	88.36	-428.55	-287.52
		3.0	-5471.17	20.12	88.36	-163.48	
		6.0	-5471.17	-16393.39	88.36	101.59	
8	-820.15	.0	-5471.21	16433.72	-88.36	428.55	287.52
		3.0	-5471.21	20.10	-88.36	163.48	
		6.0	-5471.21	-16393.51	-88.36	-101.59	
9	826.22	.0	5471.17	-16433.63	-88.36	428.55	287.52
		3.0	5471.17	-20.12	-88.36	163.48	
		6.0	5471.17	16393.39	-88.36	-101.59	
10	820.15	.0	5471.21	-16433.72	88.36	-428.55	-287.52
		3.0	5471.21	-20.10	88.36	-163.48	
		6.0	5471.21	16393.51	88.36	101.59	
11	2080.77	.0	15657.11	-15579.46	.00	.00	.00
		3.0	-28.09	7864.07	.00	.00	
		6.0	-15713.29	-15748.01	.00	.00	
12	-1265.51	.0	-6832.47	45260.65	28.27	-137.14	-92.01

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
		3.0	-19171.02	6255.42	28.27	-52.31	
		6.0	-31509.57	-69765.45	28.27	32.51	
13	-1263.57						92.01
		.0	-6832.48	45260.67	-28.27	137.14	
		3.0	-19171.03	6255.42	-28.27	52.31	
		6.0	-31509.58	-69765.49	-28.27	-32.51	
14	4496.81						-92.01
		.0	31465.85	-69775.08	28.27	-137.14	
		3.0	19127.30	6114.64	28.27	-52.31	
		6.0	6788.75	44988.70	28.27	32.51	
15	4498.75						92.01
		.0	31465.83	-69775.05	-28.27	137.14	
		3.0	19127.28	6114.63	-28.27	52.31	
		6.0	6788.73	44988.66	-28.27	-32.51	
16	735.37						-301.89
		.0	6480.77	5272.01	92.77	-449.98	
		3.0	-5857.78	6206.49	92.77	-171.66	
		6.0	-18196.33	-29874.68	92.77	106.67	
17	741.74						301.89
		.0	6480.73	5272.10	-92.77	449.98	
		3.0	-5857.82	6206.47	-92.77	171.66	
		6.0	-18196.37	-29874.81	-92.77	-106.67	
18	2491.50						-301.89
		.0	18152.64	-29786.50	92.77	-449.98	
		3.0	5814.09	6163.58	92.77	-171.66	
		6.0	-6524.46	5098.02	92.77	106.67	
19	2497.87						301.89
		.0	18152.60	-29786.41	-92.77	449.98	
		3.0	5814.05	6163.56	-92.77	171.66	
		6.0	-6524.50	5097.88	-92.77	-106.67	
20	-1227.81						-77.63
		.0	-6826.50	39759.00	23.86	-115.71	
		3.0	-16430.40	4873.66	23.86	-44.14	
		6.0	-26034.30	-58823.38	23.86	27.43	
21	-1226.17						77.63
		.0	-6826.51	39759.03	-23.86	115.71	
		3.0	-16430.41	4873.66	-23.86	44.14	
		6.0	-26034.31	-58823.41	-23.86	-27.43	
22	3711.31						-77.63
		.0	26000.63	-58843.05	23.86	-115.71	
		3.0	16396.73	4752.99	23.86	-44.14	
		6.0	6792.83	39537.33	23.86	27.43	
23	3712.95						77.63
		.0	26000.62	-58843.02	-23.86	115.71	
		3.0	16396.72	4752.98	-23.86	44.14	
		6.0	6792.82	39537.29	-23.86	-27.43	
24	498.97						-258.76
		.0	4663.01	5248.26	79.52	-385.70	
		3.0	-4940.89	4831.43	79.52	-147.13	
		6.0	-14544.79	-24397.09	79.52	91.43	
25	504.43						258.76
		.0	4662.98	5248.34	-79.52	385.70	

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD	AXIAL	DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL
ID COMB	FORCE	ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
		3.0	-4940.92	4831.41	-79.52	147.13	
		6.0	-14544.82	-24397.21	-79.52	-91.43	
26	1980.71						-258.76
		.0	14511.15	-24332.36	79.52	-385.70	
		3.0	4907.25	4795.23	79.52	-147.13	
		6.0	-4696.65	5111.12	79.52	91.43	
27	1986.17						258.76
		.0	14511.11	-24332.28	-79.52	385.70	
		3.0	4907.21	4795.21	-79.52	147.13	
		6.0	-4696.69	5111.00	-79.52	-91.43	
158	-----						
1	1287.74						.00
		.0	10543.74	-9964.79	.00	.00	
		3.0	-127.26	5659.92	.00	.00	
		6.0	-10798.26	-10728.38	.00	.00	
2	232.58						.00
		.0	1753.47	-1605.95	.00	.00	
		3.0	-46.53	954.47	.00	.00	
		6.0	-1846.53	-1885.11	.00	.00	
3	-5507.14						-214.93
		.0	-19307.18	56325.87	105.02	-303.97	
		3.0	-19307.18	-1595.66	105.02	11.08	
		6.0	-19307.18	-59517.20	105.02	326.13	
4	-5505.99						214.93
		.0	-19307.32	56326.28	-105.02	303.97	
		3.0	-19307.32	-1595.68	-105.02	-11.08	
		6.0	-19307.32	-59517.63	-105.02	-326.13	
5	5507.14						214.93
		.0	19307.18	-56325.87	-105.02	303.97	
		3.0	19307.18	1595.66	-105.02	-11.08	
		6.0	19307.18	59517.20	-105.02	-326.13	
6	5505.99						-214.93
		.0	19307.32	-56326.28	105.02	-303.97	
		3.0	19307.32	1595.68	105.02	11.08	
		6.0	19307.32	59517.63	105.02	326.13	
7	-1653.89						-716.44
		.0	-5791.94	16897.14	350.05	-1013.23	
		3.0	-5791.94	-478.68	350.05	36.93	
		6.0	-5791.94	-17854.50	350.05	1087.08	
8	-1650.05						716.44
		.0	-5792.41	16898.50	-350.05	1013.23	
		3.0	-5792.41	-478.72	-350.05	-36.93	
		6.0	-5792.41	-17855.95	-350.05	-1087.08	
9	1653.89						716.44
		.0	5791.94	-16897.14	-350.05	1013.23	
		3.0	5791.94	478.68	-350.05	-36.93	
		6.0	5791.94	17854.50	-350.05	-1087.08	
10	1650.05						-716.44
		.0	5792.41	-16898.50	350.05	-1013.23	
		3.0	5792.41	478.72	350.05	36.93	
		6.0	5792.41	17855.95	350.05	1087.08	
11	1917.43						.00

FRAME ELEMENT FORCES

Elt Load ID Comb	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHBAR	MOMENT	SHBAR	MOMENT	
20 -4186.70	.0	14810.70	-26112.54			
	3.0	6037.95	5160.44	-153.24	482.06	
	6.0	-2734.80	10115.16	-153.24	22.33	
21 -4059.65	.0	-10375.58	43973.96	-153.24	-437.40	
	3.0	-17409.08	2296.99	36.97	-263.61	
	6.0	-24442.58	-60480.49	36.97	-116.73	
22 5725.12	.0	-10409.88	44074.37	36.97	-5.82	
	3.0	-17443.38	2294.49	36.97	105.10	
	6.0	-24476.88	-60585.88	-40.56	173.87	
23 5852.17	.0	24377.47	-57412.97	-40.56	127.39	
	3.0	17343.97	5169.19	-40.56	5.71	
	6.0	10310.47	46650.86	-40.56	-115.97	
24 -865.78	.0	24343.17	-57312.56	-40.56	-263.61	
	3.0	17309.67	5166.70	-40.56	-116.73	
	6.0	10276.17	46545.47	-40.56	-5.82	
25 -442.29	.0	1828.01	8371.40	-40.56	105.10	
	3.0	-5205.49	3305.17	127.42	173.87	
	6.0	-12238.99	-22861.57	127.42	127.39	
26 2107.76	.0	1713.68	8706.08	127.42	5.71	
	3.0	-5319.82	3296.86	127.42	-115.97	
	6.0	-12353.32	-23212.87	127.42	-774.01	
27 2531.25	.0	12253.92	-22044.68	-131.01	-401.53	
	3.0	5220.42	4166.83	-131.01	-19.26	
	6.0	-1813.08	9277.84	-131.01	363.01	
163 -----	.0	12139.59	-21710.00	127.42	684.27	
	3.0	5106.09	4158.52	127.42	412.19	
	6.0	-1927.41	8926.54	127.42	19.15	
1 1703.58	.0	11159.40	-14262.07	-131.01	-373.89	
	4.0	-100.60	7855.54	.88	18.12	
	8.0	-11360.60	-15066.86	.88	-3.61	
2 227.86	.0	1456.29	-1875.20	.88	-0.09	
	4.0	-7.71	1021.98	.27	3.43	
	8.0	-1471.71	-1936.84	.27	5.70	
3 131.68	.0	-3332.94	13625.01	.27	-1.13	
	4.0	-3332.94	293.27	.27	-0.03	
	8.0	-3332.94	-13038.47	.27	1.07	
4 -131.68	.0	3332.94	-13625.01	64.85	-289.62	
	4.0	3332.94	-293.27	64.85	-30.21	
	8.0	3332.94	13038.47	64.85	229.19	
	.0			-64.85	-18	
	4.0			-64.85	289.62	
	8.0			-64.85	30.21	
				-64.85	-229.19	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M B E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
5	-131.68						-.18
		.0	3332.94	-13625.01	-64.85	289.62	
		4.0	3332.94	-293.27	-64.85	30.21	
		8.0	3332.94	13038.47	-64.85	-229.19	
6	131.68						.18
		.0	-3332.94	13625.01	64.85	-289.62	
		4.0	-3332.94	293.27	64.85	-30.21	
		8.0	-3332.94	-13038.47	64.85	229.19	
7	438.92						.59
		.0	-11109.79	45416.71	216.17	-965.39	
		4.0	-11109.79	977.57	216.17	-100.71	
		8.0	-11109.79	-43461.58	216.17	763.97	
8	-438.92						-.59
		.0	11109.79	-45416.71	-216.17	965.39	
		4.0	11109.79	-977.57	-216.17	100.71	
		8.0	11109.79	43461.58	-216.17	-763.97	
9	-438.92						-.59
		.0	11109.79	-45416.71	-216.17	965.39	
		4.0	11109.79	-977.57	-216.17	100.71	
		8.0	11109.79	43461.58	-216.17	-763.97	
10	438.92						.59
		.0	-11109.79	45416.71	216.17	-965.39	
		4.0	-11109.79	977.57	216.17	-100.71	
		8.0	-11109.79	-43461.58	216.17	763.97	
11	2408.87						30.85
		.0	15721.35	-20114.79	1.49	-6.14	
		4.0	-133.05	11061.81	1.49	-.16	
		8.0	-15987.45	-21179.18	1.49	5.82	
12	2072.76						22.80
		.0	9079.71	-1623.20	70.27	-313.42	
		4.0	-3665.61	9204.98	70.27	-32.34	
		8.0	-16410.93	-30948.12	70.27	248.74	
13	1791.86						22.42
		.0	16189.97	-30689.89	-68.08	304.43	
		4.0	3444.65	8579.34	-68.08	32.11	
		8.0	-9300.67	-3132.70	-68.08	-240.20	
14	2072.76						22.80
		.0	9079.71	-1623.20	70.27	-313.42	
		4.0	-3665.61	9204.98	70.27	-32.34	
		8.0	-16410.93	-30948.12	70.27	248.74	
15	1791.86						22.42
		.0	16189.97	-30689.89	-68.08	304.43	
		4.0	3444.65	8579.34	-68.08	32.11	
		8.0	-9300.67	-3132.70	-68.08	-240.20	
16	2393.17						23.23
		.0	969.56	31531.00	228.07	-1018.16	
		4.0	-11775.76	9918.61	228.07	-105.86	
		8.0	-24521.08	-62675.07	228.07	806.44	
17	1471.45						21.99
		.0	24300.11	-63844.09	-225.88	1009.16	
		4.0	11554.79	7865.72	-225.88	105.63	
		8.0	-1190.53	28594.25	-225.88	-797.89	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KC-M

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
18	2393.17						23.23
		.0	969.56	31531.00	228.07	-1018.16	
		4.0	-11775.76	9918.61	228.07	-105.86	
		8.0	-24521.08	-62675.07	228.07	806.44	
19	1471.45						21.99
		.0	24300.11	-63844.09	-225.88	1009.16	
		4.0	11554.79	7865.72	-225.88	105.63	
		8.0	-1190.53	28594.25	-225.88	-797.89	
20	1651.73						16.47
		.0	7043.82	-573.35	59.16	-263.90	
		4.0	-3090.18	7333.93	59.16	-27.27	
		8.0	-13224.18	-25294.80	59.16	209.35	
21	1414.72						16.14
		.0	13043.10	-25098.37	-57.57	257.41	
		4.0	2909.10	6806.04	-57.57	27.11	
		8.0	-7224.90	-1825.54	-57.57	-203.19	
22	1651.73						16.47
		.0	7043.82	-573.35	59.16	-263.90	
		4.0	-3090.18	7333.93	59.16	-27.27	
		8.0	-13224.18	-25294.80	59.16	209.35	
23	1414.72						16.14
		.0	13043.10	-25098.37	-57.57	257.41	
		4.0	2909.10	6806.04	-57.57	27.11	
		8.0	-7224.90	-1825.54	-57.57	-203.19	
24	1928.25						16.84
		.0	44.65	28039.18	195.34	-872.10	
		4.0	-10089.35	7949.79	195.34	-90.72	
		8.0	-20223.35	-52675.59	195.34	690.65	
25	1138.20						15.77
		.0	20042.27	-53710.90	-193.76	865.60	
		4.0	9908.27	6190.17	-193.76	90.56	
		8.0	-225.73	25555.25	-193.76	-684.49	
26	1928.25						16.84
		.0	44.65	28039.18	195.34	-872.10	
		4.0	-10089.35	7949.79	195.34	-90.72	
		8.0	-20223.35	-52675.59	195.34	690.65	
27	1138.20						15.77
		.0	20042.27	-53710.90	-193.76	865.60	
		4.0	9908.27	6190.17	-193.76	90.56	
		8.0	-225.73	25555.25	-193.76	-684.49	
168	-----						
1	1703.58						-18.12
		.0	11360.60	-15066.86	-.88	3.43	
		4.0	100.60	7855.54	-.88	-.09	
		8.0	-11159.40	-14262.07	-.88	-3.61	
2	227.86						-5.70
		.0	1471.71	-1936.84	-.27	1.07	
		4.0	7.71	1021.98	-.27	-.03	
		8.0	-1456.29	-1875.20	-.27	-1.13	
3	-964.72						.17
		.0	-3326.85	13022.50	64.26	-227.64	
		4.0	-3326.85	-284.91	64.26	29.42	

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
4	964.72	8.0	-3326.85	-13592.32	64.26	286.48	
		.0					-.17
		4.0	3326.85	-13022.50	-64.26	227.64	
		8.0	3326.85	13592.32	-64.26	-286.48	
5	964.72	8.0	3326.85	13592.32	-64.26	-286.48	
		.0					-.17
		4.0	3326.85	-13022.50	-64.26	227.64	
		8.0	3326.85	13592.32	-64.26	-286.48	
6	-964.72	8.0	-3326.85	-13592.32	64.26	286.48	
		.0					.17
		4.0	-3326.85	-13022.50	64.26	-227.64	
		8.0	-3326.85	13592.32	64.26	29.42	
7	-3215.75	8.0	-3326.85	-13592.32	64.26	286.48	
		.0					.58
		4.0	-11089.51	43408.32	214.22	-758.79	
		8.0	-11089.51	-949.70	214.22	98.07	
8	3215.75	8.0	-11089.51	-45307.73	214.22	954.93	
		.0					-.58
		4.0	11089.51	-43408.32	-214.22	758.79	
		8.0	11089.51	949.70	-214.22	-98.07	
9	3215.75	8.0	11089.51	45307.73	-214.22	-954.93	
		.0					-.58
		4.0	11089.51	-43408.32	-214.22	758.79	
		8.0	11089.51	949.70	-214.22	-98.07	
10	-3215.75	8.0	11089.51	45307.73	-214.22	-954.93	
		.0					.58
		4.0	-11089.51	43408.32	214.22	-758.79	
		8.0	-11089.51	-949.70	214.22	98.07	
11	2408.87	8.0	-11089.51	-45307.73	214.22	954.93	
		.0					-30.85
		4.0	15987.45	-21179.18	-1.49	5.82	
		8.0	133.05	11061.81	-1.49	-1.16	
12	903.27	8.0	-15721.35	-20114.79	-1.49	-6.14	
		.0					-22.43
		4.0	9307.16	-3149.75	67.45	-238.54	
		8.0	-3438.16	8588.26	67.45	31.27	
13	2961.35	8.0	-16183.48	-30655.02	67.45	301.08	
		.0					-22.79
		4.0	16404.45	-30931.07	-69.65	247.08	
		8.0	3659.13	9196.07	-69.65	-31.50	
14	903.27	8.0	-9086.19	-1658.07	-69.65	-310.08	
		.0					-22.43
		4.0	9307.16	-3149.75	67.45	-238.54	
		8.0	-3438.16	8588.26	67.45	31.27	
15	2961.35	8.0	-16183.48	-30655.02	67.45	301.08	
		.0					-22.79
		4.0	16404.45	-30931.07	-69.65	247.08	
		8.0	3659.13	9196.07	-69.65	-31.50	
16	-1444.22	8.0	-9086.19	-1658.07	-69.65	-310.08	
		.0					-22.01
		4.0	1211.82	28538.33	223.83	-792.46	
		8.0	-11533.50	7894.97	223.83	102.86	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD	AXIAL	DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL
ID COMB	FORCE	ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
17	5308.85	8.0	-24278.82	-63729.67	223.83	998.18	-23.21
		.0	24499.79	-62619.15	-226.02	801.00	
		4.0	11754.47	9889.35	-226.02	-103.09	
		8.0	-990.85	31416.58	-226.02	-1007.18	
18	-1444.22	.0	1211.82	28538.33	223.83	-792.46	-22.01
		4.0	-11533.50	7894.97	223.83	102.86	
		8.0	-24278.82	-63729.67	223.83	998.18	
19	5308.85	.0	24499.79	-62619.15	-226.02	801.00	-23.21
		4.0	11754.47	9889.35	-226.02	-103.09	
		8.0	-990.85	31416.58	-226.02	-1007.18	
20	664.97	.0	7230.37	-1839.92	57.05	-201.79	-16.15
		4.0	-2903.63	6813.56	57.05	26.40	
		8.0	-13037.63	-25068.95	57.05	254.59	
21	2401.48	.0	13218.71	-25280.42	-58.63	207.96	-16.46
		4.0	3084.71	7326.40	-58.63	-26.56	
		8.0	-7049.29	-602.77	-58.63	-261.08	
22	664.97	.0	7230.37	-1839.92	57.05	-201.79	-16.15
		4.0	-2903.63	6813.56	57.05	26.40	
		8.0	-13037.63	-25068.95	57.05	254.59	
23	2401.48	.0	13218.71	-25280.42	-58.63	207.96	-16.46
		4.0	3084.71	7326.40	-58.63	-26.56	
		8.0	-7049.29	-602.77	-58.63	-261.08	
24	-1360.95	.0	243.98	25507.32	192.00	-679.83	-15.79
		4.0	-9890.02	6215.25	192.00	88.18	
		8.0	-20024.02	-53612.82	192.00	856.19	
25	4427.40	.0	20205.10	-52627.66	-193.59	685.99	-16.82
		4.0	10071.10	7924.72	-193.59	-88.35	
		8.0	-62.90	27941.10	-193.59	-862.69	
26	-1360.95	.0	243.98	25507.32	192.00	-679.83	-15.79
		4.0	-9890.02	6215.25	192.00	88.18	
		8.0	-20024.02	-53612.82	192.00	856.19	
27	4427.40	.0	20205.10	-52627.66	-193.59	685.99	-16.82
		4.0	10071.10	7924.72	-193.59	-88.35	
		8.0	-62.90	27941.10	-193.59	-862.69	

167	1	1703.58					-18.12
		.0	11159.40	-14262.07	-.88	3.61	
		4.0	-100.60	7855.54	-.88	.09	
		8.0	-11360.60	-15066.86	-.88	-3.43	
	2	227.86					-5.70
		.0	1456.29	-1875.20	-.27	1.13	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
25	3749.58	8.0	-21321.77	-47291.25	200.39	850.37	-.78
		.0	21562.49	-47023.77	-201.35	756.34	
		4.0	7248.89	10599.00	-201.35	-49.06	
		8.0	-7064.71	10967.37	-201.35	-854.46	
26	566.73	8.0	-21321.77	-47291.25	200.39	850.37	-1.38
		.0	7305.43	8774.11	200.39	-752.75	
		4.0	-7008.17	9368.63	200.39	48.81	
		8.0	-21321.77	-47291.25	200.39	850.37	
27	3749.58	8.0	-21321.77	-47291.25	200.39	850.37	-.78
		.0	21562.49	-47023.77	-201.35	756.34	
		4.0	7248.89	10599.00	-201.35	-49.06	
		8.0	-7064.71	10967.37	-201.35	-854.46	
165							
1	2408.21	8.0	-16034.26	-21234.50	.00	.00	.00
		.0	15773.74	-20192.39	.00	.00	
		4.0	-130.26	11094.56	.00	.00	
2	449.43	8.0	-16034.26	-21234.50	.00	.00	.00
		.0	2910.39	-3742.52	.00	.00	
		4.0	-17.61	2043.03	.00	.00	
		8.0	-2945.61	-3883.42	.00	.00	
3	451.21	8.0	-1994.34	-7805.27	.00	.00	.00
		.0	-1994.34	8149.44	.00	.00	
		4.0	-1994.34	172.09	.00	.00	
		8.0	-1994.34	-7805.27	.00	.00	
4	-451.21	8.0	-1994.34	-7805.27	.00	.00	.00
		.0	1994.34	-8149.44	.00	.00	
		4.0	1994.34	-172.09	.00	.00	
		8.0	1994.34	7805.27	.00	.00	
5	-451.21	8.0	-1994.34	-7805.27	.00	.00	.00
		.0	1994.34	-8149.44	.00	.00	
		4.0	1994.34	-172.09	.00	.00	
		8.0	1994.34	7805.27	.00	.00	
6	451.21	8.0	-1994.34	-7805.27	.00	.00	.00
		.0	-1994.34	8149.44	.00	.00	
		4.0	-1994.34	172.09	.00	.00	
		8.0	-1994.34	-7805.27	.00	.00	
7	1504.04	8.0	-6647.80	-26017.57	.00	.00	.00
		.0	-6647.80	27164.81	.00	.00	
		4.0	-6647.80	573.62	.00	.00	
		8.0	-6647.80	-26017.57	.00	.00	
8	-1504.04	8.0	-6647.80	-26017.57	.00	.00	.00
		.0	6647.80	-27164.81	.00	.00	
		4.0	6647.80	-573.62	.00	.00	
		8.0	6647.80	26017.57	.00	.00	
9	-1504.04	8.0	-6647.80	-26017.57	.00	.00	.00
		.0	6647.80	-27164.81	.00	.00	
		4.0	6647.80	-573.62	.00	.00	
		8.0	6647.80	26017.57	.00	.00	
10	1504.04	8.0	-6647.80	-26017.57	.00	.00	.00
		.0	-6647.80	27164.81	.00	.00	

TOGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
	4.0	-6647.80	573.62	.00	.00	
	8.0	-6647.80	-26017.57	.00	.00	
11	3608.93					.00
	.0	23585.10	-30218.90	.00	.00	
	4.0	-184.50	16582.31	.00	.00	
	8.0	-23954.10	-31694.87	.00	.00	
12	3293.05					.00
	.0	16268.67	-14867.06	.00	.00	
	4.0	-2275.17	13119.95	.00	.00	
	8.0	-20819.01	-33068.40	.00	.00	
13	2330.46					.00
	.0	20523.26	-32252.53	.00	.00	
	4.0	1979.42	12752.83	.00	.00	
	8.0	-16564.42	-16417.16	.00	.00	
14	3293.05					.00
	.0	16268.67	-14867.06	.00	.00	
	4.0	-2275.17	13119.95	.00	.00	
	8.0	-20819.01	-33068.40	.00	.00	
15	2330.46					.00
	.0	20523.26	-32252.53	.00	.00	
	4.0	1979.42	12752.83	.00	.00	
	8.0	-16564.42	-16417.16	.00	.00	
16	4391.00					.00
	.0	11415.78	4963.25	.00	.00	
	4.0	-7128.06	13538.69	.00	.00	
	8.0	-25671.90	-52061.23	.00	.00	
17	1232.52					.00
	.0	25376.15	-52082.84	.00	.00	
	4.0	6832.31	12334.09	.00	.00	
	8.0	-11711.53	2575.67	.00	.00	
18	4391.00					.00
	.0	11415.78	4963.25	.00	.00	
	4.0	-7128.06	13538.69	.00	.00	
	8.0	-25671.90	-52061.23	.00	.00	
19	1232.52					.00
	.0	25376.15	-52082.84	.00	.00	
	4.0	6832.31	12334.09	.00	.00	
	8.0	-11711.53	2575.67	.00	.00	
20	2573.48					.00
	.0	12401.46	-10838.65	.00	.00	
	4.0	-1912.14	10139.98	.00	.00	
	8.0	-16225.74	-26135.79	.00	.00	
21	1761.30					.00
	.0	15991.27	-25507.65	.00	.00	
	4.0	1677.67	9830.22	.00	.00	
	8.0	-12635.93	-12086.30	.00	.00	
22	2573.48					.00
	.0	12401.46	-10838.65	.00	.00	
	4.0	-1912.14	10139.98	.00	.00	
	8.0	-16225.74	-26135.79	.00	.00	
23	1761.30					.00
	.0	15991.27	-25507.65	.00	.00	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD		AXIAL DIST		1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL
ID	COMB	FORCE	ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
24	3521.02		4.0	1677.67	9830.22	.00	.00	
			8.0	-12635.93	-12086.30	.00	.00	
			.0	8213.34	6275.19	.00	.00	.00
			4.0	-6100.26	10501.36	.00	.00	
			8.0	-20413.86	-42526.87	.00	.00	
25	813.75		.0	20179.38	-42621.48	.00	.00	.00
			4.0	5865.78	9468.85	.00	.00	
			8.0	-8447.82	4304.77	.00	.00	
			.0	8213.34	6275.19	.00	.00	
			4.0	-6100.26	10501.36	.00	.00	
26	3521.02		8.0	-20413.86	-42526.87	.00	.00	.00
			.0	20179.38	-42621.48	.00	.00	
			4.0	5865.78	9468.85	.00	.00	
			8.0	-8447.82	4304.77	.00	.00	
			.0	8213.34	6275.19	.00	.00	
27	813.75		4.0	-6100.26	10501.36	.00	.00	.00
			8.0	-20413.86	-42526.87	.00	.00	
			.0	20179.38	-42621.48	.00	.00	
			4.0	5865.78	9468.85	.00	.00	
			8.0	-8447.82	4304.77	.00	.00	
170 -----								
1	2408.21		.0	16034.26	-21234.50	.00	.00	.00
			4.0	130.26	11094.56	.00	.00	
			8.0	-15773.74	-20192.39	.00	.00	
			.0	2945.61	-3883.42	.00	.00	.00
			4.0	17.61	2043.03	.00	.00	
2	449.43		8.0	-2910.39	-3742.52	.00	.00	.00
			.0	-1994.35	7805.29	.00	.00	
			4.0	-1994.35	-172.09	.00	.00	
			8.0	-1994.35	-8149.48	.00	.00	
			.0	1994.35	-7805.29	.00	.00	.00
3	-450.11		4.0	1994.35	172.09	.00	.00	
			8.0	1994.35	8149.48	.00	.00	
			.0	1994.35	-7805.29	.00	.00	.00
			4.0	1994.35	172.09	.00	.00	
			8.0	1994.35	8149.48	.00	.00	
4	450.11		.0	-1994.35	7805.29	.00	.00	.00
			4.0	-1994.35	-172.09	.00	.00	
			8.0	-1994.35	-8149.48	.00	.00	
			.0	1994.35	-7805.29	.00	.00	.00
			4.0	1994.35	172.09	.00	.00	
5	450.11		8.0	1994.35	8149.48	.00	.00	.00
			.0	1994.35	-7805.29	.00	.00	
			4.0	1994.35	172.09	.00	.00	
			8.0	1994.35	8149.48	.00	.00	
			.0	-1994.35	7805.29	.00	.00	.00
6	-450.11		4.0	-1994.35	-172.09	.00	.00	.00
			8.0	-1994.35	-8149.48	.00	.00	
			.0	-6647.82	26017.64	.00	.00	.00
			4.0	-6647.82	-573.65	.00	.00	
			8.0	-6647.82	-27164.94	.00	.00	
7	-1500.37		.0	6647.82	-26017.64	.00	.00	.00
			4.0	6647.82	573.65	.00	.00	
			8.0	6647.82	27164.94	.00	.00	
			.0	6647.82	-26017.64	.00	.00	.00
			4.0	6647.82	573.65	.00	.00	
8	1500.37		8.0	6647.82	27164.94	.00	.00	.00
			.0	6647.82	-26017.64	.00	.00	
			4.0	6647.82	573.65	.00	.00	
			8.0	6647.82	27164.94	.00	.00	
			.0	6647.82	-26017.64	.00	.00	.00
9	1500.37		4.0	6647.82	573.65	.00	.00	.00
			8.0	6647.82	27164.94	.00	.00	
			.0	6647.82	-26017.64	.00	.00	.00
			4.0	6647.82	573.65	.00	.00	
			8.0	6647.82	27164.94	.00	.00	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
10 -1500.37	.0	6647.82	-26017.64	.00	.00	.00
	4.0	6647.82	573.65	.00	.00	
	8.0	6647.82	27164.94	.00	.00	
11 3608.93	.0	-6647.82	26017.64	.00	.00	.00
	4.0	-6647.82	-573.65	.00	.00	
	8.0	-6647.82	-27164.94	.00	.00	
12 2331.64	.0	23954.10	-31694.87	.00	.00	.00
	4.0	184.50	16582.31	.00	.00	
	8.0	-23585.10	-30218.90	.00	.00	
13 3291.87	.0	16564.41	-16417.14	.00	.00	.00
	4.0	-1979.43	12752.82	.00	.00	
	8.0	-20523.27	-32252.58	.00	.00	
14 2331.64	.0	20819.02	-33068.42	.00	.00	.00
	4.0	2275.18	13119.96	.00	.00	
	8.0	-16268.66	-14867.02	.00	.00	
15 3291.87	.0	16564.41	-16417.14	.00	.00	.00
	4.0	-1979.43	12752.82	.00	.00	
	8.0	-20523.27	-32252.58	.00	.00	
16 1236.37	.0	20819.02	-33068.42	.00	.00	.00
	4.0	2275.18	13119.96	.00	.00	
	8.0	-16268.66	-14867.02	.00	.00	
17 4387.14	.0	11711.50	2575.74	.00	.00	.00
	4.0	-6832.34	12334.06	.00	.00	
	8.0	-25376.18	-52082.98	.00	.00	
18 1236.37	.0	25671.93	-52061.30	.00	.00	.00
	4.0	7128.09	13538.72	.00	.00	
	8.0	-11415.75	4963.39	.00	.00	
19 4387.14	.0	11711.50	2575.74	.00	.00	.00
	4.0	-6832.34	12334.06	.00	.00	
	8.0	-25376.18	-52082.98	.00	.00	
20 1762.29	.0	25671.93	-52061.30	.00	.00	.00
	4.0	7128.09	13538.72	.00	.00	
	8.0	-11415.75	4963.39	.00	.00	
21 2572.48	.0	12635.93	-12086.29	.00	.00	.00
	4.0	-1677.67	9830.22	.00	.00	
	8.0	-15991.27	-25507.68	.00	.00	
22 1762.29	.0	16225.75	-26135.81	.00	.00	.00
	4.0	1912.15	10139.99	.00	.00	
	8.0	-12401.45	-10838.62	.00	.00	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD	AXIAL	DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL	
ID COMB	FORCE	ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ	
		.0	12635.93	-12086.29	.00	.00		
		4.0	-1677.67	9830.22	.00	.00		
		8.0	-15991.27	-25507.68	.00	.00		
23	2572.48	.0	16225.75	-26135.81	.00	.00	.00	
		4.0	1912.15	10139.99	.00	.00		
		8.0	-12401.45	-10838.62	.00	.00		
24	817.06	.0	8447.80	4304.82	.00	.00	.00	
		4.0	-5865.80	9468.82	.00	.00		
		8.0	-20179.40	-42621.59	.00	.00		
25	3517.72	.0	20413.88	-42526.92	.00	.00	.00	
		4.0	6100.28	10501.39	.00	.00		
		8.0	-8213.32	6275.29	.00	.00		
26	817.06	.0	8447.80	4304.82	.00	.00	.00	
		4.0	-5865.80	9468.82	.00	.00		
		8.0	-20179.40	-42621.59	.00	.00		
27	3517.72	.0	20413.88	-42526.92	.00	.00	.00	
		4.0	6100.28	10501.39	.00	.00		
		8.0	-8213.32	6275.29	.00	.00		

166	1	2397.95	.0	15770.27	-20179.94	-.53	2.27	-1.20
			4.0	-133.73	11093.13	-.53	.14	
			8.0	-16037.73	-21249.81	-.53	-2.00	
	2	446.25	.0	2909.34	-3738.79	-.17	.71	-.36
			4.0	-18.66	2042.58	-.17	.04	
			8.0	-2946.66	-3888.05	-.17	-.62	
	3	529.06	.0	-2376.24	9710.10	-67.28	285.88	.10
			4.0	-2376.24	205.15	-67.28	16.75	
			8.0	-2376.24	-9299.80	-67.28	-252.38	
	4	-529.06	.0	2376.24	-9710.10	67.28	-285.88	-.10
			4.0	2376.24	-205.15	67.28	-16.75	
			8.0	2376.24	9299.80	67.28	252.38	
	5	-529.06	.0	2376.24	-9710.10	67.28	-285.88	-.10
			4.0	2376.24	-205.15	67.28	-16.75	
			8.0	2376.24	9299.80	67.28	252.38	
	6	529.06	.0	-2376.24	9710.10	-67.28	285.88	.10
			4.0	-2376.24	205.15	-67.28	16.75	
			8.0	-2376.24	-9299.80	-67.28	-252.38	
	7	1763.54	.0	-7920.79	32366.99	-224.27	952.94	.33
			4.0	-7920.79	683.82	-224.27	55.84	
			8.0	-7920.79	-30999.34	-224.27	-841.26	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

FRAME ELEMENT FORCES

ELEM LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
	3.0	-16419.08	3582.57	4.33	-63.55	
	6.0	-23452.58	-56224.91	4.33	-50.57	
21 -1459.94	.0	-9399.71	42332.87	-4.06	76.06	87.62
	3.0	-16433.21	3583.48	-4.06	63.88	
	6.0	-23466.71	-56266.41	-4.06	51.70	
22 3206.94	.0	23441.55	-56312.49	4.33	-76.53	-88.53
	3.0	16408.05	3461.90	4.33	-63.55	
	6.0	9374.55	42135.79	4.33	-50.57	
23 3479.19	.0	23427.41	-56269.18	-4.06	76.06	87.62
	3.0	16393.91	3462.81	-4.06	63.88	
	6.0	9360.41	42094.29	-4.06	51.70	
24 -321.11	.0	2120.41	7728.31	14.11	-254.56	-294.04
	3.0	-4913.09	3539.28	14.11	-212.22	
	6.0	-11946.59	-21750.25	14.11	-169.87	
25 586.38	.0	2073.29	7872.69	-13.85	254.09	293.14
	3.0	-4960.21	3542.30	-13.85	212.55	
	6.0	-11993.71	-21888.58	-13.85	171.01	
26 1160.63	.0	11968.54	-21852.31	14.11	-254.56	-294.04
	3.0	4935.04	3503.08	14.11	-212.22	
	6.0	-2098.46	7757.96	14.11	-169.87	
27 2068.11	.0	11921.43	-21707.93	-13.85	254.09	293.14
	3.0	4887.93	3506.10	-13.85	212.55	
	6.0	-2145.57	7619.63	-13.85	171.01	
162 -----						
1 925.26	.0	7759.78	-7410.33	-1.99	5.92	-49.86
	3.0	-55.22	4146.49	-1.99	-.06	
	6.0	-7870.22	-7741.68	-1.99	-6.04	
2 119.09	.0	875.09	-797.73	-.63	1.86	-15.70
	3.0	-24.91	477.54	-.63	-.02	
	6.0	-924.91	-947.18	-.63	-1.90	
3 -5577.15	.0	-19288.19	56270.29	43.07	-135.62	-243.05
	3.0	-19288.19	-1594.29	43.07	-6.40	
	6.0	-19288.19	-59458.87	43.07	122.82	
4 -5435.98	.0	-19326.30	56381.85	-43.07	135.62	243.05
	3.0	-19326.30	-1597.06	-43.07	6.40	
	6.0	-19326.30	-59575.97	-43.07	-122.82	
5 5577.15	.0	19288.19	-56270.29	-43.07	135.62	243.05
	3.0	19288.19	1594.29	-43.07	6.40	
	6.0	19288.19	59458.87	-43.07	-122.82	
6 5435.98						-243.05

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHBAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
7 -1887.24	.0	19326.30	-56381.85	43.07	-135.62	-810.16
	3.0	19326.30	1597.06	43.07	-6.40	
	6.0	19326.30	59575.97	43.07	122.82	
8 -1416.70	.0	-5728.66	16711.89	143.58	-452.07	810.16
	3.0	-5728.66	-474.08	143.58	-21.34	
	6.0	-5728.66	-17660.06	143.58	409.39	
9 1887.24	.0	-5855.69	17083.76	-143.58	452.07	810.16
	3.0	-5855.69	-483.32	-143.58	21.34	
	6.0	-5855.69	-18050.39	-143.58	-409.39	
10 1416.70	.0	5728.66	-16711.89	-143.58	452.07	-810.16
	3.0	5728.66	474.08	-143.58	21.34	
	6.0	5728.66	17660.06	-143.58	-409.39	
11 1300.86	.0	5855.69	-17083.76	143.58	-452.07	-84.96
	3.0	5855.69	483.32	143.58	-21.34	
	6.0	5855.69	18050.39	143.58	409.39	
12 -4810.63	.0	10711.88	-10168.77	-3.40	10.08	-321.49
	3.0	-106.12	5739.86	-3.40	-.11	
	6.0	-10924.12	-10805.51	-3.40	-10.29	
13 -4660.05	.0	-11553.21	50799.46	43.46	-137.27	197.01
	3.0	-20325.96	2980.69	43.46	-6.91	
	6.0	-29098.71	-71156.32	43.46	123.46	
14 6753.15	.0	-11593.86	50918.45	-48.43	152.05	-321.49
	3.0	-20366.61	2977.74	-48.43	6.75	
	6.0	-29139.36	-71281.23	-48.43	-138.55	
15 6903.73	.0	28992.01	-67485.30	43.46	-137.27	197.01
	3.0	20219.26	6331.60	43.46	-6.91	
	6.0	11446.51	53830.25	43.46	123.46	
16 -962.59	.0	28951.36	-67366.30	-48.43	152.05	-912.91
	3.0	20178.61	6328.65	-48.43	6.75	
	6.0	11405.86	53705.34	-48.43	-138.55	
17 -468.51	.0	2587.45	9545.69	148.27	-467.28	788.42
	3.0	-6185.30	4148.90	148.27	-22.48	
	6.0	-14958.05	-27566.14	148.27	422.32	
18 2561.61	.0	2454.06	9936.15	-153.24	482.06	-912.91
	3.0	-6318.69	4139.21	-153.24	22.33	
	6.0	-15091.44	-27975.99	-153.24	-437.40	
19 3055.69	.0	14944.08	-26503.00	148.27	-467.28	788.42
	3.0	6171.33	5170.13	148.27	-22.48	
	6.0	-2601.42	10525.01	148.27	422.32	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M E B L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
		8.0	-10075.04	10439.83	235.01	997.32	
20	1680.73						1.17
		.0	12295.40	-10755.15	-59.78	224.57	
		4.0	-2018.20	9799.26	-59.78	-14.56	
		8.0	-16331.80	-26900.74	-59.78	-253.68	
21	2635.58						.99
		.0	16572.52	-27494.51	60.74	-228.16	
		4.0	2258.92	10168.37	60.74	14.80	
		8.0	-12054.68	-9423.15	60.74	257.77	
22	1680.73						1.17
		.0	12295.40	-10755.15	-59.78	224.57	
		4.0	-2018.20	9799.26	-59.78	-14.56	
		8.0	-16331.80	-26900.74	-59.78	-253.68	
23	2635.58						.99
		.0	16572.52	-27494.51	60.74	-228.16	
		4.0	2258.92	10168.37	60.74	14.80	
		8.0	-12054.68	-9423.15	60.74	257.77	
24	566.73						1.38
		.0	7305.43	8774.11	-200.39	752.75	
		4.0	-7008.17	9368.63	-200.39	-48.81	
		8.0	-21321.77	-47291.25	-200.39	-850.37	
25	3749.58						.78
		.0	21562.49	-47023.77	201.35	-756.34	
		4.0	7248.89	10599.00	201.35	49.06	
		8.0	-7064.71	10967.37	201.35	854.46	
26	566.73						1.38
		.0	7305.43	8774.11	-200.39	752.75	
		4.0	-7008.17	9368.63	-200.39	-48.81	
		8.0	-21321.77	-47291.25	-200.39	-850.37	
27	3749.58						.78
		.0	21562.49	-47023.77	201.35	-756.34	
		4.0	7248.89	10599.00	201.35	49.06	
		8.0	-7064.71	10967.37	201.35	854.46	
173							
1	118.98						-42.73
		.0	8124.45	-8550.29	.04	-.07	
		3.0	309.45	4100.56	.04	.06	
		6.0	-7505.55	-6693.59	.04	.19	
2	27.23						-13.44
		.0	969.97	-1087.58	.02	-.03	
		3.0	69.97	472.33	.02	.02	
		6.0	-830.03	-667.75	.02	.07	
3	-4691.54						295.82
		.0	-22839.09	70238.06	-198.84	587.45	
		3.0	-22839.09	1720.79	-198.84	-9.07	
		6.0	-22839.09	-66796.48	-198.84	-605.58	
4	-5010.88						-295.82
		.0	-22904.09	70436.42	198.84	-587.45	
		3.0	-22904.09	1724.14	198.84	9.07	
		6.0	-22904.09	-66988.14	198.84	605.58	
5	4691.54						-295.82
		.0	22839.09	-70238.06	198.84	-587.45	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
6	5010.88	3.0	22839.09	-1720.79	198.84	9.07	295.82
		6.0	22839.09	66796.48	198.84	605.58	
		.0	22904.09	-70436.42	-198.84	587.45	
		3.0	22904.09	-1724.14	-198.84	-9.07	
7	-923.14	6.0	22904.09	66988.14	-198.84	-605.58	986.07
		.0	-6753.14	20770.57	-662.79	1958.15	
		3.0	-6753.14	511.16	-662.79	-30.23	
		6.0	-6753.14	-19748.26	-662.79	-2018.61	
8	-1987.59	.0	-6969.82	21431.77	662.79	-1958.15	-986.07
		3.0	-6969.82	522.32	662.79	30.23	
		6.0	-6969.82	-20387.13	662.79	2018.61	
		.0	6753.14	-20770.57	662.79	-1958.15	
9	923.14	3.0	6753.14	-511.16	662.79	30.23	-986.07
		6.0	6753.14	19748.26	662.79	2018.61	
		.0	6969.82	-21431.77	-662.79	1958.15	
		3.0	6969.82	-522.32	-662.79	-30.23	
10	1987.59	6.0	6969.82	20387.13	-662.79	-2018.61	986.07
		.0	11301.30	-12000.48	.08	-.13	
		3.0	483.30	5676.41	.08	.10	
		6.0	-10334.70	-9100.70	.08	.33	
11	186.35	.0	-14838.75	64085.33	-212.04	626.52	262.21
		3.0	-23611.50	6409.96	-212.04	-9.60	
		6.0	-32384.25	-77583.66	-212.04	-645.72	
		.0	-14908.08	64296.91	212.15	-626.70	
12	-4781.37	3.0	-23680.83	6413.53	212.15	9.75	-368.88
		6.0	-32453.58	-77788.09	212.15	646.20	
		.0	33191.60	-83622.87	-212.04	626.52	
		3.0	24418.85	2792.79	-212.04	-9.60	
13	5406.17	6.0	15646.10	62890.20	-212.04	-645.72	262.21
		.0	33122.26	-83411.29	212.15	-626.70	
		3.0	24349.51	2796.36	212.15	9.75	
		6.0	15576.76	62685.76	212.15	646.20	
14	5065.55	.0	1936.60	12497.81	-695.88	2055.97	-368.88
		3.0	-6836.15	5148.49	-695.88	-31.67	
		6.0	-15608.90	-28519.08	-695.88	-2119.30	
		.0	1709.09	13192.06	695.99	-2056.15	
15	-851.46	3.0	-7063.66	5160.21	695.99	31.82	982.04
		6.0	-15836.41	-29189.89	695.99	2119.78	
		.0	16574.42	-32518.02	-695.88	2055.97	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

FRAMBELEMENTFORCES

ELT LOAD ID COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
		3.0	7801.67	4046.11	-695.88	-31.67	
		6.0	-971.08	14292.00	-695.88	-2119.30	
19	1135.64	.0	16346.91	-31823.77	695.99	-2056.15	-1088.71
		3.0	7574.16	4057.83	695.99	31.82	
		6.0	-1198.59	13621.19	695.99	2119.78	
20	-4115.30	.0	-13243.18	55518.99	-178.92	528.64	227.78
		3.0	-20276.68	5239.22	-178.92	-8.11	
		6.0	-27310.18	-66141.06	-178.92	-544.86	
21	-4402.70	.0	-13301.68	55697.52	178.99	-528.76	-304.69
		3.0	-20335.18	5242.23	178.99	8.22	
		6.0	-27368.68	-66313.56	178.99	545.20	
22	4616.87	.0	27925.69	-71088.03	-178.92	528.64	227.78
		3.0	20892.19	2138.78	-178.92	-8.11	
		6.0	13858.69	54265.10	-178.92	-544.86	
23	4329.47	.0	27867.19	-70909.51	178.99	-528.76	-304.69
		3.0	20833.69	2141.80	178.99	8.22	
		6.0	13800.19	54092.61	178.99	545.20	
24	-723.74	.0	1234.18	10998.26	-596.48	1762.27	849.01
		3.0	-5799.32	4150.55	-596.48	-27.15	
		6.0	-12832.82	-23797.66	-596.48	-1816.58	
25	-1681.74	.0	1039.17	11593.33	596.55	-1762.40	-925.92
		3.0	-5994.33	4160.59	596.55	27.26	
		6.0	-13027.83	-24372.64	596.55	1816.92	
26	1895.91	.0	13584.84	-26983.85	-596.48	1762.27	849.01
		3.0	6551.34	3220.42	-596.48	-27.15	
		6.0	-482.16	12324.19	-596.48	-1816.58	
27	937.91	.0	13389.83	-26388.78	596.55	-1762.40	-925.92
		3.0	6356.33	3230.46	596.55	27.26	
		6.0	-677.17	11749.21	596.55	1816.92	
174							
1	380.08	.0	7821.70	-7800.03	.02	-.08	-.49
		3.0	6.70	3942.57	.02	-.03	
		6.0	-7808.30	-7759.82	.02	.02	
2	70.75	.0	901.57	-897.85	.01	-.03	-.15
		3.0	1.57	456.85	.01	-.01	
		6.0	-898.43	-888.46	.01	.01	
3	-3375.04	.0	-21952.07	65860.63	-48.69	-19.74	121.09
		3.0	-21952.07	4.42	-48.69	-165.82	
		6.0	-21952.07	-65851.79	-48.69	-311.90	
4	-4040.66						-121.09

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M B E L E M E N T F O R C E S

E/LT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
	.0	-21979.32	65938.25	48.69	19.74	
	3.0	-21979.32	.30	48.69	165.82	
	6.0	-21979.32	-65937.64	48.69	311.90	
5	3375.04					-121.09
	.0	21952.07	-65860.63	48.69	19.74	
	3.0	21952.07	-4.42	48.69	165.82	
	6.0	21952.07	65851.79	48.69	311.90	
6	4040.66					121.09
	.0	21979.32	-65938.25	-48.69	-19.74	
	3.0	21979.32	-.30	-48.69	-165.82	
	6.0	21979.32	65937.64	-48.69	-311.90	
7	-2.99					403.64
	.0	-6544.30	19640.47	-162.31	-65.80	
	3.0	-6544.30	7.57	-162.31	-552.73	
	6.0	-6544.30	-19625.32	-162.31	-1039.66	
8	-2221.72					-403.64
	.0	-6635.12	19899.19	162.31	65.80	
	3.0	-6635.12	-6.16	162.31	552.73	
	6.0	-6635.12	-19911.51	162.31	1039.66	
9	2.99					-403.64
	.0	6544.30	-19640.47	162.31	65.80	
	3.0	6544.30	-7.57	162.31	552.73	
	6.0	6544.30	19625.32	162.31	1039.66	
10	2221.72					403.64
	.0	6635.12	-19899.19	-162.31	-65.80	
	3.0	6635.12	6.16	-162.31	-552.73	
	6.0	6635.12	19911.51	-162.31	-1039.66	
11	569.30					-.82
	.0	10828.55	-10796.60	.03	-.14	
	3.0	10.55	5462.04	.03	-.05	
	6.0	-10807.45	-10733.31	.03	.04	
12	-3094.59					128.56
	.0	-14268.67	60397.34	-51.92	-21.16	
	3.0	-23041.42	4432.20	-51.92	-176.91	
	6.0	-31814.17	-77851.20	-51.92	-332.66	
13	-3804.58					-129.77
	.0	-14297.73	60480.13	51.96	20.95	
	3.0	-23070.48	4427.80	51.96	176.84	
	6.0	-31843.23	-77942.78	51.96	332.72	
14	4691.90					128.56
	.0	31859.28	-77991.43	-51.92	-21.16	
	3.0	23086.53	4427.23	-51.92	-176.91	
	6.0	14313.78	60527.70	-51.92	-332.66	
15	3981.91					-129.77
	.0	31830.22	-77908.70	51.96	20.95	
	3.0	23057.47	4422.84	51.96	176.84	
	6.0	14284.72	60436.12	51.96	332.72	
16	421.98					423.22
	.0	1799.43	12196.31	-170.40	-69.19	
	3.0	-6973.32	4435.48	-170.40	-580.40	
	6.0	-15746.07	-29643.60	-170.40	-1091.62	
17	-1907.69					-424.43

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

FRAME ELEMENT FORCES

ELEM LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
	.0	1704.07	12467.97	170.45	68.99	
	3.0	-7068.68	4421.06	170.45	580.33	
	6.0	-15841.43	-29944.09	170.45	1091.67	
18 2795.01						423.22
	.0	15857.47	-29979.33	-170.40	-69.19	
	3.0	7084.72	4433.97	-170.40	-580.40	
	6.0	-1688.03	12529.02	-170.40	-1091.62	
19 465.34						-424.43
	.0	15762.12	-29707.67	170.45	68.99	
	3.0	6989.37	4419.55	170.45	580.33	
	6.0	-1783.38	12228.52	170.45	1091.67	
20 -2695.47						108.55
	.0	-12717.33	52254.54	-43.81	-17.84	
	3.0	-19750.83	3552.30	-43.81	-149.26	
	6.0	-26784.33	-66250.45	-43.81	-280.69	
21 -3294.52						-109.42
	.0	-12741.85	52324.40	43.84	17.69	
	3.0	-19775.35	3548.59	43.84	149.21	
	6.0	-26808.85	-66327.72	43.84	280.73	
22 3978.67						108.55
	.0	26820.92	-66364.45	-43.81	-17.84	
	3.0	19787.42	3548.04	-43.81	-149.26	
	6.0	12753.92	52360.04	-43.81	-280.69	
23 3379.61						-109.42
	.0	26796.39	-66294.60	43.84	17.69	
	3.0	19762.89	3544.34	43.84	149.21	
	6.0	12729.39	52282.77	43.84	280.73	
24 339.38						362.84
	.0	1149.66	10656.39	-146.06	-59.29	
	3.0	-5883.84	3555.13	-146.06	-497.48	
	6.0	-12917.34	-24646.63	-146.06	-935.68	
25 -1657.48						-363.72
	.0	1067.93	10889.25	146.10	59.15	
	3.0	-5965.57	3542.78	146.10	497.43	
	6.0	-12999.07	-24904.19	146.10	935.72	
26 2341.62						362.84
	.0	13011.14	-24929.30	-146.06	-59.29	
	3.0	5977.64	3553.86	-146.06	-497.48	
	6.0	-1055.86	10936.52	-146.06	-935.68	
27 344.77						-363.72
	.0	12929.40	-24696.45	146.10	59.15	
	3.0	5895.90	3541.50	146.10	497.43	
	6.0	-1137.60	10678.95	146.10	935.72	
175						
1 380.08						.49
	.0	7808.30	-7759.82	-.02	.02	
	3.0	-6.70	3942.57	-.02	-.03	
	6.0	-7821.70	-7800.03	-.02	-.08	
2 70.75						.15
	.0	898.43	-888.46	-.01	.01	
	3.0	-1.57	456.85	-.01	-.01	
	6.0	-901.57	-897.85	-.01	-.03	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M B E L E M E N T F O R C E S

E L T L O A D I D C O M B	A X I A L F O R C E	D I S T E N D I	1-2 P L A N E		1-3 P L A N E		A X I A L T O R Q
			S H E A R	M O M E N T	S H E A R	M O M E N T	
3	-2621.19						-121.09
		.0	-21957.68	65895.10	48.69	-311.90	
		3.0	-21957.68	22.07	48.69	-165.82	
		6.0	-21957.68	-65850.95	48.69	-19.74	
4	-3286.81						121.09
		.0	-21930.43	65809.24	-48.69	311.90	
		3.0	-21930.43	17.95	-48.69	165.82	
		6.0	-21930.43	-65773.34	-48.69	19.74	
5	2621.19						121.09
		.0	21957.68	-65895.10	-48.69	311.90	
		3.0	21957.68	-22.07	-48.69	165.82	
		6.0	21957.68	65850.95	-48.69	19.74	
6	3286.81						-121.09
		.0	21930.43	-65809.24	48.69	-311.90	
		3.0	21930.43	-17.95	48.69	-165.82	
		6.0	21930.43	65773.34	48.69	-19.74	
7	223.17						-403.64
		.0	-6628.62	19898.74	162.31	-1039.66	
		3.0	-6628.62	12.87	162.31	-552.73	
		6.0	-6628.62	-19873.00	162.31	-65.80	
8	-1995.56						403.64
		.0	-6537.81	19612.56	-162.31	1039.66	
		3.0	-6537.81	-.86	-162.31	552.73	
		6.0	-6537.81	-19614.28	-162.31	65.80	
9	-223.17						403.64
		.0	6628.62	-19898.74	-162.31	1039.66	
		3.0	6628.62	-12.87	-162.31	552.73	
		6.0	6628.62	19873.00	-162.31	65.80	
10	1995.56						-403.64
		.0	6537.81	-19612.56	162.31	-1039.66	
		3.0	6537.81	.86	162.31	-552.73	
		6.0	6537.81	19614.28	162.31	-65.80	
11	569.30						.82
		.0	10807.45	-10733.31	-.03	.04	
		3.0	-10.55	5462.04	-.03	-.05	
		6.0	-10828.55	-10796.60	-.03	-.14	
12	-2303.04						-128.56
		.0	-14291.06	60483.03	51.92	-332.66	
		3.0	-23063.81	4450.73	51.92	-176.91	
		6.0	-31836.56	-77899.83	51.92	-21.16	
13	-3013.03						129.77
		.0	-14262.00	60391.45	-51.96	332.72	
		3.0	-23034.75	4446.33	-51.96	176.84	
		6.0	-31807.50	-77817.03	-51.96	20.95	
14	3900.35						-128.56
		.0	31791.45	-77806.53	51.92	-332.66	
		3.0	23018.70	4408.70	51.92	-176.91	
		6.0	14245.95	60305.68	51.92	-21.16	
15	3190.36						129.77
		.0	31820.51	-77898.11	-51.96	332.72	
		3.0	23047.76	4404.31	-51.96	176.84	
		6.0	14275.01	60388.47	-51.96	20.95	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

PROGRAM:SAP90/FILE:ulfa3d.F3P

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
16	663.21					-423.22
	.0	1694.95	12515.41	170.40	-1091.62	
	3.0	-7077.80	4441.13	170.40	-580.40	
	6.0	-15850.55	-29951.40	170.40	-69.19	
17 -1666.45						424.43
	.0	1790.31	12214.91	-170.45	1091.67	
	3.0	-6982.44	4426.71	-170.45	580.33	
	6.0	-15755.19	-29679.74	-170.45	68.99	
18 2553.77						-423.22
	.0	15739.14	-29629.98	170.40	-1091.62	
	3.0	6966.39	4428.32	170.40	-580.40	
	6.0	-1806.36	12168.38	170.40	-69.19	
19 224.10						424.43
	.0	15834.50	-29930.48	-170.45	1091.67	
	3.0	7061.75	4413.90	-170.45	580.33	
	6.0	-1711.00	12440.04	-170.45	68.99	
20 -2016.99						-108.55
	.0	-12734.44	52321.75	43.81	-280.69	
	3.0	-19767.94	3563.18	43.81	-149.26	
	6.0	-26801.44	-66285.89	43.81	-17.84	
21 -2616.05						109.42
	.0	-12709.92	52244.48	-43.84	280.73	
	3.0	-19743.42	3564.48	-43.84	149.21	
	6.0	-26776.92	-66216.03	-43.84	17.69	
22 3300.20						-108.55
	.0	26764.85	-66212.16	43.81	-280.69	
	3.0	19731.35	3532.16	43.81	-149.26	
	6.0	12697.85	52175.97	43.81	-17.84	
23 2701.14						109.42
	.0	26789.38	-66289.43	-43.84	280.73	
	3.0	19755.88	3528.45	-43.84	149.21	
	6.0	12722.38	52245.83	-43.84	17.69	
24 542.92						-362.84
	.0	1061.71	10925.03	146.06	-935.68	
	3.0	-5971.79	3559.90	146.06	-497.48	
	6.0	-13005.29	-24905.73	146.06	-59.29	
25 -1453.93						363.72
	.0	1143.44	10667.47	-146.10	935.72	
	3.0	-5890.06	3547.54	-146.10	497.43	
	6.0	-12923.56	-24672.88	-146.10	59.15	
26 2138.08						-362.84
	.0	12911.49	-24635.14	146.06	-935.68	
	3.0	5877.99	3549.09	146.06	-497.48	
	6.0	-1155.51	10632.82	146.06	-59.29	
27 141.22						363.72
	.0	12993.23	-24892.71	-146.10	935.72	
	3.0	5959.73	3536.73	-146.10	497.43	
	6.0	-1073.77	10865.68	-146.10	59.15	
176						
1	118.98					42.73
	.0	7505.55	-6693.59	-.04	.19	
	3.0	-309.45	4100.56	-.04	.06	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M E E L E M E N T F O R C E S

HLT LOAD	AXIAL DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL
ID COMB	FORCE ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
	3.0	6639.07	4573.46	-980.36	79.50	
	6.0	-2964.83	10084.81	-980.36	-2861.58	
27	1490.00					-789.74
	.0	16243.58	-29751.46	980.36	-3020.59	
	3.0	6639.68	4573.43	980.36	-79.50	
	6.0	-2964.22	10086.63	980.36	2861.58	
178						
1	582.64					.00
	.0	10679.61	-10642.02	.00	.00	
	3.0	8.61	5390.30	.00	.00	
	6.0	-10662.39	-10590.38	.00	.00	
2	132.73					.00
	.0	1802.09	-1793.38	.00	.00	
	3.0	2.09	912.89	.00	.00	
	6.0	-1797.91	-1780.83	.00	.00	
3	-3709.76					108.27
	.0	-21965.70	65899.45	-97.04	174.03	
	3.0	-21965.70	2.36	-97.04	-117.10	
	6.0	-21965.70	-65894.73	-97.04	-408.22	
4	-3705.95					-108.27
	.0	-21965.69	65899.43	97.04	-174.03	
	3.0	-21965.69	2.36	97.04	117.10	
	6.0	-21965.69	-65894.70	97.04	408.22	
5	3709.76					-108.27
	.0	21965.70	-65899.45	97.04	-174.03	
	3.0	21965.70	-2.36	97.04	117.10	
	6.0	21965.70	65894.73	97.04	408.22	
6	3705.95					108.27
	.0	21965.69	-65899.43	-97.04	174.03	
	3.0	21965.69	-2.36	-97.04	-117.10	
	6.0	21965.69	65894.70	-97.04	-408.22	
7	-1118.70					360.89
	.0	-6589.72	19769.87	-323.47	580.10	
	3.0	-6589.72	.71	-323.47	-390.32	
	6.0	-6589.72	-19768.45	-323.47	-1360.75	
8	-1106.02					-360.89
	.0	-6589.70	19769.80	323.47	-580.10	
	3.0	-6589.70	.71	323.47	390.32	
	6.0	-6589.70	-19768.38	323.47	1360.75	
9	1118.70					-360.89
	.0	6589.72	-19769.87	323.47	-580.10	
	3.0	6589.72	-.71	323.47	390.32	
	6.0	6589.72	19768.45	323.47	1360.75	
10	1106.02					360.89
	.0	6589.70	-19769.80	-323.47	580.10	
	3.0	6589.70	-.71	-323.47	-390.32	
	6.0	6589.70	19768.38	-323.47	-1360.75	
11	911.54					.00
	.0	15698.87	-15639.82	.00	.00	
	3.0	13.67	7928.99	.00	.00	
	6.0	-15671.53	-15557.80	.00	.00	
12	-3199.88					115.48

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M E B L E M E N T F O R C E S

ELEM ID	LOAD COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
				SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
			.0	-10715.08	56890.48	-103.51	185.63	
			3.0	-23053.63	6237.42	-103.51	-124.90	
			6.0	-35392.18	-81431.29	-103.51	-435.44	
13	-3195.82							-115.48
			.0	-10715.07	56890.46	103.51	-185.63	
			3.0	-23053.62	6237.42	103.51	124.90	
			6.0	-35392.17	-81431.27	103.51	435.44	
14	4586.61							115.48
			.0	35412.88	-81498.35	-103.51	185.63	
			3.0	23074.33	6232.46	-103.51	-124.90	
			6.0	10735.78	56947.61	-103.51	-435.44	
15	4590.67							-115.48
			.0	35412.88	-81498.37	103.51	-185.63	
			3.0	23074.33	6232.46	103.51	124.90	
			6.0	10735.78	56947.63	103.51	435.44	
16	-497.77							378.93
			.0	5319.87	8783.91	-339.65	609.11	
			3.0	-7018.68	6235.69	-339.65	-409.84	
			6.0	-19357.23	-33328.18	-339.65	-1428.79	
17	-484.46							-378.93
			.0	5319.89	8783.84	339.65	-609.11	
			3.0	-7018.66	6235.70	339.65	409.84	
			6.0	-19357.21	-33328.10	339.65	1428.79	
18	1875.25							378.93
			.0	19377.91	-33391.73	-339.65	609.11	
			3.0	7039.36	6234.18	-339.65	-409.84	
			6.0	-5299.19	8844.44	-339.65	-1428.79	
19	1888.57							-378.93
			.0	19377.94	-33391.80	339.65	-609.11	
			3.0	7039.39	6234.18	339.65	409.84	
			6.0	-5299.16	8844.52	339.65	1428.79	
20	-2814.40							97.44
			.0	-10157.48	49731.69	-87.34	156.63	
			3.0	-19761.38	4853.40	-87.34	-105.39	
			6.0	-29365.28	-68836.60	-87.34	-367.40	
21	-2810.98							-97.44
			.0	-10157.48	49731.67	87.34	-156.63	
			3.0	-19761.38	4853.40	87.34	105.39	
			6.0	-29365.28	-68836.58	87.34	367.40	
22	3859.74							97.44
			.0	29380.77	-68887.30	-87.34	156.63	
			3.0	19776.87	4849.14	-87.34	-105.39	
			6.0	10172.97	49773.89	-87.34	-367.40	
23	3863.16							-97.44
			.0	29380.77	-68887.32	87.34	-156.63	
			3.0	19776.87	4849.14	87.34	105.39	
			6.0	10172.97	49773.91	87.34	367.40	
24	-482.45							324.80
			.0	3680.90	8215.07	-291.13	522.09	
			3.0	-5923.00	4851.91	-291.13	-351.29	
			6.0	-15526.90	-27322.95	-291.13	-1224.67	
25	-471.03							-324.80

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

PROGRAM:SAP90/FILE:ulfa3d.P3P

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE SHEAR MOMENT	1-3 PLANE SHEAR MOMENT	AXIAL TORQ
	.0	3680.92	8215.00	
	3.0	-5922.98	4851.91	
	6.0	-15526.88	-27322.88	
26 1519.79				
	.0	15542.37	-27370.63	
	3.0	5938.47	4850.63	
	6.0	-3665.43	8260.19	
27 1531.21				
	.0	15542.39	-27370.70	
	3.0	5938.49	4850.63	
	6.0	-3665.41	8260.26	
179				
1 582.64				
	.0	10662.39	-10590.38	
	3.0	-8.61	5390.30	
	6.0	-10679.61	-10642.02	
2 132.73				
	.0	1797.91	-1780.83	
	3.0	-2.09	912.89	
	6.0	-1802.09	-1793.38	
3 -2955.90				
	.0	-21944.05	65852.16	
	3.0	-21944.05	20.01	
	6.0	-21944.05	-65812.13	
4 -2952.09				
	.0	-21944.06	65852.18	
	3.0	-21944.06	20.01	
	6.0	-21944.06	-65812.15	
5 2955.90				
	.0	21944.05	-65852.16	
	3.0	21944.05	-20.01	
	6.0	21944.05	65812.13	
6 2952.09				
	.0	21944.06	-65852.18	
	3.0	21944.06	-20.01	
	6.0	21944.06	65812.15	
7 -892.54				
	.0	-6583.20	19755.61	
	3.0	-6583.20	6.00	
	6.0	-6583.20	-19743.61	
8 -879.86				
	.0	-6583.23	19755.69	
	3.0	-6583.23	6.01	
	6.0	-6583.23	-19743.68	
9 892.54				
	.0	6583.20	-19755.61	
	3.0	6583.20	-6.00	
	6.0	6583.20	19743.61	
10 879.86				
	.0	6583.23	-19755.69	
	3.0	6583.23	-6.01	
	6.0	6583.23	19743.68	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

PROGRAM:SAP90/FILE:ulfa3d.r3p

PARAM ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
11	911.54						.00
		.0	15671.53	-15557.80	.00	.00	
		3.0	-13.67	7928.99	.00	.00	
		6.0	-15698.87	-15639.82	.00	.00	
12	-2408.33						-115.48
		.0	-10713.05	56902.94	103.51	-435.44	
		3.0	-23051.60	6255.95	103.51	-124.90	
		6.0	-35390.15	-81406.68	103.51	185.63	
13	-2404.27						115.48
		.0	-10713.06	56902.98	-103.51	435.44	
		3.0	-23051.61	6255.95	-103.51	-124.90	
		6.0	-35390.16	-81406.71	-103.51	-185.63	
14	3795.06						-115.48
		.0	35369.46	-81386.62	103.51	-435.44	
		3.0	23030.91	6213.92	103.51	-124.90	
		6.0	10692.36	56798.82	103.51	185.63	
15	3799.12						115.48
		.0	35369.45	-81386.60	-103.51	435.44	
		3.0	23030.90	6213.92	-103.51	-124.90	
		6.0	10692.35	56798.79	-103.51	-185.63	
16	-256.54						-378.93
		.0	5306.11	8830.83	339.65	-1428.79	
		3.0	-7032.44	6241.34	339.65	-409.84	
		6.0	-19370.99	-33363.79	339.65	609.11	
17	-243.22						378.93
		.0	5306.09	8830.91	-339.65	1428.79	
		3.0	-7032.46	6241.34	-339.65	-409.84	
		6.0	-19371.01	-33363.87	-339.65	-609.11	
18	1634.02						-378.93
		.0	19350.31	-33314.56	339.65	-1428.79	
		3.0	7011.76	6228.53	339.65	-409.84	
		6.0	-5326.79	8755.98	339.65	609.11	
19	1647.33						378.93
		.0	19350.28	-33314.48	-339.65	1428.79	
		3.0	7011.73	6228.53	-339.65	-409.84	
		6.0	-5326.82	8755.90	-339.65	-609.11	
20	-2135.93						-97.44
		.0	-10153.49	49735.60	87.34	-367.40	
		3.0	-19757.39	4869.28	87.34	-105.39	
		6.0	-29361.29	-68808.74	87.34	156.63	
21	-2132.51						97.44
		.0	-10153.50	49735.62	-87.34	367.40	
		3.0	-19757.40	4869.28	-87.34	-105.39	
		6.0	-29361.30	-68808.75	-87.34	-156.63	
22	3181.26						-97.44
		.0	29345.81	-68798.31	87.34	-367.40	
		3.0	19741.91	4833.26	87.34	-105.39	
		6.0	10138.01	49653.12	87.34	156.63	
23	3184.69						97.44
		.0	29345.80	-68798.29	-87.34	367.40	
		3.0	19741.90	4833.26	-87.34	-105.39	
		6.0	10138.00	49653.10	-87.34	-156.63	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
24	-278.91						-324.80
		.0	3671.27	8248.71	291.13	-1224.67	
		3.0	-5932.63	4856.67	291.13	-351.29	
		6.0	-15536.53	-27347.06	291.13	522.09	
25	-267.49						324.80
		.0	3671.25	8248.78	-291.13	1224.67	
		3.0	-5932.65	4856.67	-291.13	351.29	
		6.0	-15536.55	-27347.13	-291.13	-522.09	
26	1316.25						-324.80
		.0	15521.06	-27311.47	291.13	-1224.67	
		3.0	5917.16	4845.86	291.13	-351.29	
		6.0	-3686.74	8191.50	291.13	522.09	
27	1327.66						324.80
		.0	15521.04	-27311.40	-291.13	1224.67	
		3.0	5917.14	4845.87	-291.13	351.29	
		6.0	-3686.76	8191.43	-291.13	-522.09	
-----180-----							
1	196.15						.00
		.0	10155.40	-8861.34	.00	.00	
		3.0	-515.60	5598.35	.00	.00	
		6.0	-11186.60	-11954.97	.00	.00	
2	50.62						.00
		.0	1667.19	-1357.26	.00	.00	
		3.0	-132.81	944.32	.00	.00	
		6.0	-1932.81	-2154.09	.00	.00	
3	-1819.62						-263.25
		.0	-22802.71	66714.62	326.79	-953.86	
		3.0	-22802.71	-1693.52	326.79	26.50	
		6.0	-22802.71	-70101.67	326.79	1006.86	
4	-1817.19						263.25
		.0	-22802.92	66715.22	-326.79	953.86	
		3.0	-22802.92	-1693.53	-326.79	-26.50	
		6.0	-22802.92	-70102.29	-326.79	-1006.86	
5	1819.62						263.25
		.0	22802.71	-66714.62	-326.79	953.86	
		3.0	22802.71	1693.52	-326.79	-26.50	
		6.0	22802.71	70101.67	-326.79	-1006.86	
6	1817.19						-263.25
		.0	22802.92	-66715.22	326.79	-953.86	
		3.0	22802.92	1693.53	326.79	26.50	
		6.0	22802.92	70102.29	326.79	1006.86	
7	-549.57						-877.49
		.0	-6840.50	20013.47	1089.29	-3179.53	
		3.0	-6840.50	-508.04	1089.29	88.34	
		6.0	-6840.50	-21029.55	1089.29	3356.21	
8	-541.47						877.49
		.0	-6841.19	20015.48	-1089.29	3179.53	
		3.0	-6841.19	-508.08	-1089.29	-88.34	
		6.0	-6841.19	-21031.64	-1089.29	-3356.21	
9	549.57						877.49
		.0	6840.50	-20013.47	-1089.29	3179.53	
		3.0	6840.50	508.04	-1089.29	-88.34	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M B E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
18	169.40	6.0	-16552.05	-32441.65	-687.26	-2033.40
		.0	15814.04	-29132.07	687.37	-2090.64
		3.0	7041.29	5150.93	687.37	-28.53
		6.0	-1731.46	13115.69	687.37	2033.59
19	1278.56					973.71
		.0	15587.25	-28463.37	-687.26	2090.16
		3.0	6814.50	5139.25	-687.26	28.38
		6.0	-1958.25	12423.62	-687.26	-2033.40
20	-1672.09					-302.55
		.0	-13738.38	53933.23	176.78	-537.70
		3.0	-20771.88	2167.83	176.78	-7.37
		6.0	-27805.38	-70698.06	176.78	522.96
21	-1386.87					225.64
		.0	-13796.70	54105.18	-176.70	537.36
		3.0	-20830.20	2164.83	-176.70	7.26
		6.0	-27863.70	-70876.02	-176.70	-522.84
22	1601.04					-302.55
		.0	27306.69	-66153.63	176.78	-537.70
		3.0	20273.19	5216.19	176.78	-7.37
		6.0	13239.69	55485.50	176.78	522.96
23	1886.26					225.64
		.0	27248.37	-65981.68	-176.70	537.36
		3.0	20214.87	5213.18	-176.70	7.26
		6.0	13181.37	55307.54	-176.70	-522.84
24	-859.24					-918.77
		.0	695.43	11702.22	589.17	-1791.94
		3.0	-6338.07	3238.26	589.17	-24.44
		6.0	-13371.57	-26326.19	589.17	1743.06
25	91.47					841.86
		.0	501.04	12275.39	-589.09	1791.60
		3.0	-6532.46	3228.25	-589.09	24.33
		6.0	-13565.96	-26919.39	-589.09	-1742.93
26	122.70					-918.77
		.0	13008.95	-24323.84	589.17	-1791.94
		3.0	5975.45	4152.77	589.17	-24.44
		6.0	-1058.05	11528.88	589.17	1743.06
27	1073.41					841.86
		.0	12814.56	-23750.67	-589.09	1791.60
		3.0	5781.06	4142.75	-589.09	24.33
		6.0	-1252.44	10935.68	-589.09	-1742.93

185	1	-51.44				17.73
		.0	11337.15	-15025.60	.28	-1.08
		4.0	77.15	7803.00	.28	.02
		8.0	-11182.85	-14408.41	.28	1.13
	2	-1.62				5.55
		.0	1484.35	-1993.90	.08	-.33
		4.0	20.35	1015.49	.08	.01
		8.0	-1443.65	-1831.12	.08	.35
	3	-1115.53				-.08
		.0	-4161.45	16970.59	148.16	-655.87

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

PROGRAM: SAP90/FILE:ulfa3d.P3P

P R A M E B L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
4	4.0	-4161.45	324.80	148.16	-63.22	.08
	8.0	-4161.45	-16321.00	148.16	529.43	
	.0	4161.45	-16970.59	-148.16	655.87	
	4.0	4161.45	-324.80	-148.16	63.22	
5	8.0	4161.45	16321.00	-148.16	-529.43	.08
	.0	4161.45	-16970.59	-148.16	655.87	
	4.0	4161.45	-324.80	-148.16	63.22	
	8.0	4161.45	16321.00	-148.16	-529.43	
6	-1115.53	.0	-4161.45	16970.59	148.16	-.08
	4.0	-4161.45	324.80	148.16	-63.22	
	8.0	-4161.45	-16321.00	148.16	529.43	
	.0	-4161.45	16970.59	148.16	-655.87	
7	-3718.44	4.0	-13871.50	56568.65	493.87	-.25
	8.0	-13871.50	1082.66	493.87	-210.73	
	.0	-13871.50	-54403.32	493.87	1764.76	
	4.0	-13871.50	56568.65	-493.87	2186.23	
8	3718.44	8.0	13871.50	-1082.66	-493.87	.25
	.0	13871.50	54403.32	-493.87	-1764.76	
	4.0	13871.50	-56568.65	-493.87	2186.23	
	8.0	13871.50	1082.66	-493.87	210.73	
9	3718.44	.0	13871.50	54403.32	-493.87	.25
	4.0	13871.50	-56568.65	-493.87	2186.23	
	8.0	13871.50	1082.66	-493.87	210.73	
	.0	13871.50	54403.32	-493.87	-1764.76	
10	-3718.44	4.0	-13871.50	56568.65	493.87	-.25
	8.0	-13871.50	1082.66	493.87	-210.73	
	.0	-13871.50	-54403.32	493.87	1764.76	
	4.0	-13871.50	56568.65	-493.87	2186.23	
11	-64.32	8.0	-13871.50	1082.66	493.87	30.16
	.0	15979.54	-21220.96	.47	-1.83	
	4.0	125.14	10988.38	.47	.04	
	8.0	-15729.26	-20219.87	.47	1.91	
12	-1244.93	.0	8400.27	1068.93	158.38	22.03
	4.0	-4345.05	9179.36	158.38	-700.94	
	8.0	-17090.37	-33691.49	158.38	-67.41	
	.0	-17090.37	33691.49	158.38	566.13	
13	1134.87	4.0	17278.02	-35135.00	-157.70	22.19
	8.0	4532.70	8486.45	-157.70	698.25	
	.0	-8212.62	1126.63	-157.70	67.46	
	4.0	-8212.62	1126.63	-157.70	-563.32	
14	-1244.93	8.0	8400.27	1068.93	158.38	22.03
	.0	-4345.05	9179.36	158.38	-700.94	
	4.0	-17090.37	-33691.49	158.38	-67.41	
	8.0	-17090.37	33691.49	158.38	566.13	
15	1134.87	.0	17278.02	-35135.00	-157.70	22.19
	4.0	4532.70	8486.45	-157.70	698.25	
	8.0	-8212.62	1126.63	-157.70	67.46	
	.0	-8212.62	1126.63	-157.70	-563.32	
16	-3959.39	4.0	-1725.93	42364.04	518.91	21.85
	.0	-1725.93	42364.04	518.91	-2296.88	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M B E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD		AXIAL DIST		1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL	
ID	COMB	FORCE	ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ	
17	3849.33		4.0	-14471.25	9969.70	518.91	-221.24	22.38	
			8.0	-27216.57	-73405.92	518.91	1854.40		
			.0	27404.22	-76430.12	-518.22	2294.19		
			4.0	14658.90	7696.11	-518.22	221.30		
18	-3959.39		8.0	1913.58	40841.06	-518.22	-1851.60	21.85	
			.0	-1725.93	~~42364.04~~	518.91	-2296.88		
			4.0	-14471.25	9969.70	518.91	-221.24		
			8.0	-27216.57	-73405.92	518.91	1854.40		
19	3849.33		.0	27404.22	-76430.12	-518.22	2294.19	22.38	
			4.0	14658.90	7696.11	-518.22	221.30		
			8.0	1913.58	40841.06	-518.22	-1851.60		
			.0	6458.13	1750.49	133.59	-591.26		
20	-1050.27		4.0	-3675.87	7315.02	133.59	-56.88	15.89	
			8.0	-13809.87	-27656.46	133.59	477.50		
			.0	13948.74	-28796.58	-133.10	589.31		
			4.0	3814.74	6730.38	-133.10	56.92		
21	957.69		8.0	-6319.26	1721.33	-133.10	-475.47	16.02	
			.0	6458.13	1750.49	133.59	-591.26		
			4.0	-3675.87	7315.02	133.59	-56.88		
			8.0	-13809.87	-27656.46	133.59	477.50		
22	-1050.27		.0	13948.74	-28796.58	-133.10	589.31	15.89	
			4.0	3814.74	6730.38	-133.10	56.92		
			8.0	-6319.26	1721.33	-133.10	-475.47		
			.0	6458.13	1750.49	133.59	-591.26		
23	957.69		4.0	-3675.87	7315.02	133.59	-56.88	16.02	
			8.0	-13809.87	-27656.46	133.59	477.50		
			.0	13948.74	-28796.58	-133.10	589.31		
			4.0	3814.74	6730.38	-133.10	56.92		
24	-3392.88		8.0	-6319.26	1721.33	-133.10	-475.47	15.73	
			.0	-2280.91	37388.74	444.74	-1968.58		
			4.0	-12414.91	7997.09	444.74	-189.64		
			8.0	-22548.91	-61930.55	444.74	1589.30		
25	3300.30		.0	22687.78	-64434.83	-444.24	1966.63	16.18	
			4.0	12553.78	6048.30	-444.24	189.68		
			8.0	2419.78	35995.42	-444.24	-1587.27		
			.0	-2280.91	37388.74	444.74	-1968.58		
26	-3392.88		4.0	-12414.91	7997.09	444.74	-189.64	15.73	
			8.0	-22548.91	-61930.55	444.74	1589.30		
			.0	22687.78	-64434.83	-444.24	1966.63		
			4.0	12553.78	6048.30	-444.24	189.68		
27	3300.30		8.0	2419.78	35995.42	-444.24	-1587.27	16.18	
			.0	22687.78	-64434.83	-444.24	1966.63		
			4.0	12553.78	6048.30	-444.24	189.68		
			8.0	2419.78	35995.42	-444.24	-1587.27		

190	1	-51.44		.0	11182.85	-14408.41	-.28	1.13	-17.73
				4.0	-77.15	7803.00	-.28	.02	
				8.0	-11337.15	-15025.60	-.28	-1.08	
				.0					
	2	-1.62		.0					-5.55
				4.0					
				8.0					
				.0					

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

EELT LOAD ID COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
		4.0	8909.34	10615.01	-472.49	-106.95	
		8.0	-5404.26	17625.17	-472.49	-1996.93	
26	-384.22	.0	5186.21	17103.95	472.08	-1781.42	-4.74
		4.0	-9127.39	9221.60	472.08	106.91	
		8.0	-23440.99	-55915.16	472.08	1995.24	
27	267.35	.0	23222.94	-53649.54	-472.49	1783.03	-2.29
		4.0	8909.34	10615.01	-472.49	-106.95	
		8.0	-5404.26	17625.17	-472.49	-1996.93	

187							
1	-61.44	.0	16033.11	-21302.73	.00	.00	.00
		4.0	129.11	11021.72	.00	.00	
		8.0	-15774.89	-20269.83	.00	.00	
2	-5.41	.0	2963.62	-3968.39	.00	.00	.00
		4.0	35.62	2030.10	.00	.00	
		8.0	-2892.38	-3683.41	.00	.00	
3	103.51	.0	-2532.74	10326.84	.00	.00	.00
		4.0	-2532.74	195.86	.00	.00	
		8.0	-2532.74	-9935.11	.00	.00	
4	-103.51	.0	2532.74	-10326.84	.00	.00	.00
		4.0	2532.74	-195.86	.00	.00	
		8.0	2532.74	9935.11	.00	.00	
5	-103.51	.0	2532.74	-10326.84	.00	.00	.00
		4.0	2532.74	-195.86	.00	.00	
		8.0	2532.74	9935.11	.00	.00	
6	103.51	.0	-2532.74	10326.84	.00	.00	.00
		4.0	-2532.74	195.86	.00	.00	
		8.0	-2532.74	-9935.11	.00	.00	
7	345.04	.0	-8442.48	34422.78	.00	.00	.00
		4.0	-8442.48	652.88	.00	.00	
		8.0	-8442.48	-33117.03	.00	.00	
8	-345.04	.0	8442.48	-34422.78	.00	.00	.00
		4.0	8442.48	-652.88	.00	.00	
		8.0	8442.48	33117.03	.00	.00	
9	-345.04	.0	8442.48	-34422.78	.00	.00	.00
		4.0	8442.48	-652.88	.00	.00	
		8.0	8442.48	33117.03	.00	.00	
10	345.04	.0	-8442.48	34422.78	.00	.00	.00
		4.0	-8442.48	652.88	.00	.00	
		8.0	-8442.48	-33117.03	.00	.00	
11	-82.38	.0					.00

PR A M E E L E M E N T F O R C E S

EIT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
12	42.49	.0	23981.53	-31912.71	.00	.00
		4.0	211.93	16474.22	.00	.00
		8.0	-23557.67	-30217.26	.00	.00
13	-178.34	.0	16000.26	-13852.67	.00	.00
		4.0	-2543.58	13060.69	.00	.00
		8.0	-21087.42	-34201.32	.00	.00
14	42.49	.0	21403.44	-35883.25	.00	.00
		4.0	2859.60	12642.85	.00	.00
		8.0	-15684.24	-13006.42	.00	.00
15	-178.34	.0	16000.26	-13852.67	.00	.00
		4.0	-2543.58	13060.69	.00	.00
		8.0	-21087.42	-34201.32	.00	.00
16	294.37	.0	21403.44	-35883.25	.00	.00
		4.0	2859.60	12642.85	.00	.00
		8.0	-15684.24	-13006.42	.00	.00
17	-430.21	.0	9837.25	11275.97	.00	.00
		4.0	-8706.59	13537.28	.00	.00
		8.0	-27250.43	-58376.76	.00	.00
18	294.37	.0	27566.45	-61011.88	.00	.00
		4.0	9022.61	12166.25	.00	.00
		8.0	-9521.23	11169.01	.00	.00
19	-430.21	.0	9837.25	11275.97	.00	.00
		4.0	-8706.59	13537.28	.00	.00
		8.0	-27250.43	-58376.76	.00	.00
20	37.86	.0	27566.45	-61011.88	.00	.00
		4.0	9022.61	12166.25	.00	.00
		8.0	-9521.23	11169.01	.00	.00
21	-148.46	.0	12150.33	-9878.31	.00	.00
		4.0	-2163.27	10095.82	.00	.00
		8.0	-16476.87	-27184.45	.00	.00
22	37.86	.0	16709.27	-28466.61	.00	.00
		4.0	2395.67	9743.27	.00	.00
		8.0	-11917.93	-9301.25	.00	.00
23	-148.46	.0	12150.33	-9878.31	.00	.00
		4.0	-2163.27	10095.82	.00	.00
		8.0	-16476.87	-27184.45	.00	.00
24	255.24	.0	16709.27	-28466.61	.00	.00
		4.0	2395.67	9743.27	.00	.00
		8.0	-11917.93	-9301.25	.00	.00

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
	.0	6831.57	11808.05	.00	.00	
	4.0	-7482.03	10507.13	.00	.00	
	8.0	-21795.63	-48048.18	.00	.00	
25 -365.84						.00
	.0	22028.03	-50152.97	.00	.00	
	4.0	7714.43	9331.96	.00	.00	
	8.0	-6599.17	11562.48	.00	.00	
26 255.24						.00
	.0	6831.57	11808.05	.00	.00	
	4.0	-7482.03	10507.13	.00	.00	
	8.0	-21795.63	-48048.18	.00	.00	
27 -365.84						.00
	.0	22028.03	-50152.97	.00	.00	
	4.0	7714.43	9331.96	.00	.00	
	8.0	-6599.17	11562.48	.00	.00	
192 -----						
1 -61.44						.00
	.0	15774.89	-20269.83	.00	.00	
	4.0	-129.11	11021.72	.00	.00	
	8.0	-16033.11	-21302.73	.00	.00	
2 -5.41						.00
	.0	2892.38	-3683.41	.00	.00	
	4.0	-35.62	2030.10	.00	.00	
	8.0	-2963.62	-3968.39	.00	.00	
3 -101.18						.00
	.0	-2532.75	9935.13	.00	.00	
	4.0	-2532.75	-195.87	.00	.00	
	8.0	-2532.75	-10326.87	.00	.00	
4 101.18						.00
	.0	2532.75	-9935.13	.00	.00	
	4.0	2532.75	195.87	.00	.00	
	8.0	2532.75	10326.87	.00	.00	
5 101.18						.00
	.0	2532.75	-9935.13	.00	.00	
	4.0	2532.75	195.87	.00	.00	
	8.0	2532.75	10326.87	.00	.00	
6 -101.18						.00
	.0	-2532.75	9935.13	.00	.00	
	4.0	-2532.75	-195.87	.00	.00	
	8.0	-2532.75	-10326.87	.00	.00	
7 -337.25						.00
	.0	-8442.50	33117.09	.00	.00	
	4.0	-8442.50	-652.90	.00	.00	
	8.0	-8442.50	-34422.90	.00	.00	
8 337.25						.00
	.0	8442.50	-33117.09	.00	.00	
	4.0	8442.50	652.90	.00	.00	
	8.0	8442.50	34422.90	.00	.00	
9 337.25						.00
	.0	8442.50	-33117.09	.00	.00	
	4.0	8442.50	652.90	.00	.00	
	8.0	8442.50	34422.90	.00	.00	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL TORQ
10	-337.25					
	.0	-8442.50	33117.09	.00	.00	.00
	4.0	-8442.50	-652.90	.00	.00	
	8.0	-8442.50	-34422.90	.00	.00	
11	-82.38					
	.0	23557.67	-30217.26	.00	.00	.00
	4.0	-211.93	16474.22	.00	.00	
	8.0	-23981.53	-31912.71	.00	.00	
12	-175.84					
	.0	15684.23	-13006.40	.00	.00	.00
	4.0	-2859.61	12642.84	.00	.00	
	8.0	-21403.45	-35883.29	.00	.00	
13	40.00					
	.0	21087.43	-34201.34	.00	.00	.00
	4.0	2543.59	13060.69	.00	.00	
	8.0	-16000.25	-13852.63	.00	.00	
14	-175.84					
	.0	15684.23	-13006.40	.00	.00	.00
	4.0	-2859.61	12642.84	.00	.00	
	8.0	-21403.45	-35883.29	.00	.00	
15	40.00					
	.0	21087.43	-34201.34	.00	.00	.00
	4.0	2543.59	13060.69	.00	.00	
	8.0	-16000.25	-13852.63	.00	.00	
16	-422.04					
	.0	9521.21	11169.07	.00	.00	.00
	4.0	-9022.63	12166.22	.00	.00	
	8.0	-27566.47	-61012.00	.00	.00	
17	286.19					
	.0	27250.45	-58376.82	.00	.00	.00
	4.0	8706.61	13537.31	.00	.00	
	8.0	-9837.23	11276.09	.00	.00	
18	-422.04					
	.0	9521.21	11169.07	.00	.00	.00
	4.0	-9022.63	12166.22	.00	.00	
	8.0	-27566.47	-61012.00	.00	.00	
19	286.19					
	.0	27250.45	-58376.82	.00	.00	.00
	4.0	8706.61	13537.31	.00	.00	
	8.0	-9837.23	11276.09	.00	.00	
20	-146.36					
	.0	11917.92	-9301.23	.00	.00	.00
	4.0	-2395.68	9743.26	.00	.00	
	8.0	-16709.28	-28466.64	.00	.00	
21	35.76					
	.0	16476.87	-27184.46	.00	.00	.00
	4.0	2163.27	10095.83	.00	.00	
	8.0	-12150.33	-9878.28	.00	.00	
22	-146.36					
	.0	11917.92	-9301.23	.00	.00	.00
	4.0	-2395.68	9743.26	.00	.00	
	8.0	-16709.28	-28466.64	.00	.00	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

PARAMBLEMENTFORCES

ELEM ID	LOAD COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
				SHBAR	MOMENT	SHBAR	MOMENT	
23		35.76						
			.0	16476.87	-27184.46	.00	.00	.00
			4.0	2163.27	10095.83	.00	.00	
			8.0	-12150.33	-9878.28	.00	.00	
24	-358.83							
			.0	6599.15	11562.54	.00	.00	.00
			4.0	-7714.45	9331.93	.00	.00	
			8.0	-22028.05	-50153.07	.00	.00	
25	248.23							
			.0	21795.65	-48048.23	.00	.00	.00
			4.0	7482.05	10507.16	.00	.00	
			8.0	-6831.55	11808.15	.00	.00	
26	-358.83							
			.0	6599.15	11562.54	.00	.00	.00
			4.0	-7714.45	9331.93	.00	.00	
			8.0	-22028.05	-50153.07	.00	.00	
27	248.23							
			.0	21795.65	-48048.23	.00	.00	.00
			4.0	7482.05	10507.16	.00	.00	
			8.0	-6831.55	11808.15	.00	.00	
188								
1	-64.93							
			.0	16025.14	-21272.22	-.23	.94	-3.91
			4.0	121.14	11020.34	-.23	.02	
			8.0	-15782.86	-20303.11	-.23	-.89	
2	-6.45							
			.0	2961.21	-3959.15	-.07	.29	-1.20
			4.0	33.21	2029.67	-.07	.01	
			8.0	-2894.79	-3693.51	-.07	-.27	
3	104.86							
			.0	-3006.16	12256.91	-158.09	668.92	.41
			4.0	-3006.16	232.29	-158.09	36.54	
			8.0	-3006.16	-11792.33	-158.09	-595.83	
4	-104.86							
			.0	3006.16	-12256.91	158.09	-668.92	-.41
			4.0	3006.16	-232.29	158.09	-36.54	
			8.0	3006.16	11792.33	158.09	595.83	
5	-104.86							
			.0	3006.16	-12256.91	158.09	-668.92	-.41
			4.0	3006.16	-232.29	158.09	-36.54	
			8.0	3006.16	11792.33	158.09	595.83	
6	104.86							
			.0	-3006.16	12256.91	-158.09	668.92	.41
			4.0	-3006.16	232.29	-158.09	36.54	
			8.0	-3006.16	-11792.33	-158.09	-595.83	
7	349.52							
			.0	-10020.52	40856.38	-526.98	2229.72	1.36
			4.0	-10020.52	774.30	-526.98	121.80	
			8.0	-10020.52	-39307.78	-526.98	-1986.11	
8	-349.52							
			.0	10020.52	-40856.38	526.98	-2229.72	-1.36
			4.0	10020.52	-774.30	526.98	-121.80	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M B E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
18	-2270.00					22.39
	.0	-1896.44	40796.40	-514.07	1840.59	
	4.0	-14641.76	7719.98	-514.07	-215.69	
	8.0	-27387.08	-76337.72	-514.07	-2271.96	
19	2159.94					21.84
	.0	27199.43	-73361.26	514.76	-1843.39	
	4.0	14454.11	9945.83	514.76	215.63	
	8.0	1708.79	42271.65	514.76	2274.65	
20	-615.86					16.03
	.0	6323.67	1709.85	-132.03	472.64	
	4.0	-3810.33	6736.51	-132.03	-55.48	
	8.0	-13944.33	-28772.82	-132.03	-583.59	
21	523.27					15.89
	.0	13805.46	-27644.98	132.53	-474.67	
	4.0	3671.46	7308.88	132.53	55.43	
	8.0	-6462.54	1726.73	132.53	585.54	
22	-615.86					16.03
	.0	6323.67	1709.85	-132.03	472.64	
	4.0	-3810.33	6736.51	-132.03	-55.48	
	8.0	-13944.33	-28772.82	-132.03	-583.59	
23	523.27					15.89
	.0	13805.46	-27644.98	132.53	-474.67	
	4.0	3671.46	7308.88	132.53	55.43	
	8.0	-6462.54	1726.73	132.53	585.54	
24	-1944.84					16.19
	.0	-2405.10	35957.14	-440.68	1577.83	
	4.0	-12539.10	6068.76	-440.68	-184.87	
	8.0	-22673.10	-64355.63	-440.68	-1947.58	
25	1852.25					15.72
	.0	22534.23	-61892.28	441.17	-1579.87	
	4.0	12400.23	7976.63	441.17	184.83	
	8.0	2266.23	37309.54	441.17	1949.52	
26	-1944.84					16.19
	.0	-2405.10	35957.14	-440.68	1577.83	
	4.0	-12539.10	6068.76	-440.68	-184.87	
	8.0	-22673.10	-64355.63	-440.68	-1947.58	
27	1852.25					15.72
	.0	22534.23	-61892.28	441.17	-1579.87	
	4.0	12400.23	7976.63	441.17	184.83	
	8.0	2266.23	37309.54	441.17	1949.52	
195						
1	160.07					-44.52
	.0	8329.20	-9159.53	-.22	.71	
	3.0	514.20	4105.56	-.22	.06	
	6.0	-7300.80	-6074.35	-.22	-.59	
2	29.74					-13.99
	.0	1007.59	-1199.88	-.07	.22	
	3.0	107.59	472.90	-.07	.02	
	6.0	-792.41	-554.32	-.07	-.18	
3	-8121.23					293.56
	.0	-22430.13	68980.29	-357.95	1064.23	
	3.0	-22430.13	1689.90	-357.95	-9.63	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M E E L E M E N T F O R C E S

HLT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
4 -8615.52	6.0	-22430.13	-65600.49	-357.95	-1083.48	-293.56
	.0	-22517.25	69245.72	357.95	-1064.23	
	3.0	-22517.25	1693.96	357.95	9.63	
	6.0	-22517.25	-65857.80	357.95	1083.48	
5 8121.23	.0	22430.13	-68980.29	357.95	-1064.23	-293.56
	3.0	22430.13	-1689.90	357.95	9.63	
	6.0	22430.13	65600.49	357.95	1083.48	
	.0	22517.25	-69245.72	-357.95	1064.23	293.56
6 8615.52	3.0	22517.25	-1693.96	-357.95	-9.63	
	6.0	22517.25	65857.80	-357.95	-1083.48	
	.0	-6596.90	20291.51	-1193.18	3547.44	978.54
	3.0	-6596.90	500.80	-1193.18	-32.08	
7 -1686.70	6.0	-6596.90	-19289.90	-1193.18	-3611.61	-978.54
	.0	-6887.31	21176.29	1193.18	-3547.44	
	3.0	-6887.31	514.35	1193.18	32.08	
	6.0	-6887.31	-20147.59	1193.18	3611.61	
8 -3334.33	.0	6596.90	-20291.51	1193.18	-3547.44	-978.54
	3.0	6596.90	-500.80	1193.18	32.08	
	6.0	6596.90	19289.90	1193.18	3611.61	
	.0	6887.31	-21176.29	-1193.18	3547.44	978.54
9 1686.70	3.0	6887.31	-514.35	-1193.18	-32.08	
	6.0	6887.31	20147.59	-1193.18	-3611.61	
	.0	11607.19	-12911.25	-.37	1.20	-15.82
	3.0	789.19	5683.31	-.37	.11	
10 3334.33	6.0	-10028.81	-8176.14	-.37	-.99	
	.0	-14170.47	62053.66	-382.09	1136.07	257.57
	3.0	-22943.22	6383.12	-382.09	-10.19	
	6.0	-31715.97	-75605.66	-382.09	-1156.44	
11 239.66	.0	-14263.40	62336.79	381.55	-1134.30	-368.69
	3.0	-23036.15	6387.46	381.55	10.34	
	6.0	-31808.90	-75880.12	381.55	1154.99	
	.0	33024.28	-83083.65	-382.09	1136.07	257.57
12 -8336.36	3.0	24251.53	2830.07	-382.09	-10.19	
	6.0	15478.78	62425.54	-382.09	-1156.44	
	.0	32931.35	-82800.52	381.55	-1134.30	-368.69
	3.0	24158.60	2834.41	381.55	10.34	
13 -8863.61	6.0	15385.85	62151.08	381.55	1154.99	
	.0	2341.33	11278.22	-1253.10	3725.70	971.90
	3.0	-6431.42	5143.07	-1253.10	-33.61	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M B E L E M E N T F O R C E S

E/LT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
	6.0	-15204.17	-27310.33	-1253.10	-3792.92	
17 -3356.08						-1083.03
	.0	2036.39	12207.24	1252.57	-3723.93	
	3.0	-6736.36	5157.30	1252.57	33.77	
	6.0	-15509.11	-28210.90	1252.57	3791.46	
18 3729.69						971.90
	.0	16724.49	-32954.10	-1253.10	3725.70	
	3.0	7951.74	4060.23	-1253.10	-33.61	
	6.0	-821.01	14756.32	-1253.10	-3792.92	
19 1999.68						-1083.03
	.0	16419.56	-32025.08	1252.57	-3723.93	
	3.0	7646.81	4074.46	1252.57	33.77	
	6.0	-1125.94	13855.75	1252.57	3791.46	
20 -7165.04						224.14
	.0	-12690.84	53838.68	-322.35	958.45	
	3.0	-19724.34	5215.91	-322.35	-8.61	
	6.0	-26757.84	-64507.35	-322.35	-975.66	
21 -7609.90						-304.27
	.0	-12769.25	54077.57	321.96	-957.17	
	3.0	-19802.75	5219.57	321.96	8.72	
	6.0	-26836.25	-64738.93	321.96	974.61	
22 7898.03						224.14
	.0	27761.80	-70564.73	-322.35	958.45	
	3.0	20728.30	2170.44	-322.35	-8.61	
	6.0	13694.80	53805.10	-322.35	-975.66	
23 7453.17						-304.27
	.0	27683.39	-70325.83	321.96	-957.17	
	3.0	20649.89	2174.10	321.96	8.72	
	6.0	13616.39	53573.53	321.96	974.61	
24 -1373.97						840.61
	.0	1559.07	10018.78	-1074.05	3193.34	
	3.0	-5474.43	4145.73	-1074.05	-28.82	
	6.0	-12507.93	-22827.82	-1074.05	-3250.98	
25 -2856.83						-920.75
	.0	1297.70	10815.09	1073.66	-3192.06	
	3.0	-5735.80	4157.92	1073.66	28.93	
	6.0	-12769.30	-23599.74	1073.66	3249.92	
26 3144.96						840.61
	.0	13694.86	-27302.24	-1074.05	3193.34	
	3.0	6661.36	3232.09	-1074.05	-28.82	
	6.0	-372.14	12665.91	-1074.05	-3250.98	
27 1662.09						-920.75
	.0	13433.49	-26505.93	1073.66	-3192.06	
	3.0	6399.99	3244.28	1073.66	28.93	
	6.0	-633.51	11894.00	1073.66	3249.92	
196						
1 302.72						-.62
	.0	7830.35	-7814.80	-.01	.01	
	3.0	15.35	3953.76	-.01	-.01	
	6.0	-7799.65	-7722.69	-.01	-.03	
2 57.60						-.19
	.0	903.10	-900.04	-.00	.00	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

EIT LOAD ID COME	AXIAL DIST PORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
	3.0	3.10	459.27	-.00	-.00	
	6.0	-896.90	-881.43	-.00	-.01	
3 -5539.67						121.66
	.0	-21852.36	65572.63	-95.62	17.27	
	3.0	-21852.36	15.55	-95.62	-269.58	
	6.0	-21852.36	-65541.54	-95.62	-556.43	
4 -6572.96						-121.66
	.0	-21889.24	65676.78	95.62	-17.27	
	3.0	-21889.24	9.07	95.62	269.58	
	6.0	-21889.24	-65658.65	95.62	556.43	
5 5539.67						-121.66
	.0	21852.36	-65572.63	95.62	-17.27	
	3.0	21852.36	-15.55	95.62	269.58	
	6.0	21852.36	65541.54	95.62	556.43	
6 6572.96						121.66
	.0	21889.24	-65676.78	-95.62	17.27	
	3.0	21889.24	-9.07	-95.62	-269.58	
	6.0	21889.24	65658.65	-95.62	-556.43	
7 -94.74						405.52
	.0	-6499.78	19513.83	-318.72	57.58	
	3.0	-6499.78	14.50	-318.72	-898.59	
	6.0	-6499.78	-19484.84	-318.72	-1854.76	
8 -3539.05						-405.52
	.0	-6622.70	19860.99	318.72	-57.58	
	3.0	-6622.70	-7.11	318.72	898.59	
	6.0	-6622.70	-19875.21	318.72	1854.76	
9 94.74						-405.52
	.0	6499.78	-19513.83	318.72	-57.58	
	3.0	6499.78	-14.50	318.72	898.59	
	6.0	6499.78	19484.84	318.72	1854.76	
10 3539.05						405.52
	.0	6622.70	-19860.99	-318.72	57.58	
	3.0	6622.70	7.11	-318.72	-898.59	
	6.0	6622.70	19875.21	-318.72	-1854.76	
11 455.42						-1.06
	.0	10841.38	-10817.82	-.01	.02	
	3.0	23.38	5479.34	-.01	-.02	
	6.0	-10794.62	-10677.51	-.01	-.05	
12 -5453.90						128.99
	.0	-14153.85	60077.83	-102.00	18.44	
	3.0	-22926.60	4457.16	-102.00	-287.56	
	6.0	-31699.35	-77481.76	-102.00	-593.56	
13 -6556.08						-130.54
	.0	-14193.18	60188.92	101.98	-18.41	
	3.0	-22965.93	4450.25	101.98	287.54	
	6.0	-31738.68	-77606.68	101.98	593.48	
14 7264.36						128.99
	.0	31774.83	-77734.05	-102.00	18.44	
	3.0	23002.08	4431.32	-102.00	-287.56	
	6.0	14229.33	60278.43	-102.00	-593.56	
15 6162.18						-130.54
	.0	31735.50	-77622.96	101.98	-18.41	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M E E L E M E N T F O R C E S

EELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
16	224.39	3.0	22962.75	4424.40	101.98	287.54
		6.0	14190.00	60153.51	101.98	593.48
		.0	1856.70	12045.09	-334.67	60.47
17	-3392.15	3.0	-6916.05	4456.06	-334.67	-943.53
		6.0	-15688.80	-29451.21	-334.67	-1947.53
		.0	1727.63	12409.60	334.65	-60.45
18	4100.43	3.0	-7045.12	4433.38	334.65	943.51
		6.0	-15817.87	-29861.10	334.65	1947.46
		.0	15854.01	-29954.72	-334.67	60.47
19	483.89	3.0	7081.26	4448.19	-334.67	-943.53
		6.0	-1691.49	12532.85	-334.67	-1947.53
		.0	15724.95	-29590.21	334.65	-60.45
20	-4713.26	3.0	6952.20	4425.50	334.65	943.51
		6.0	-1820.55	12122.96	334.65	1947.46
		.0	-12619.81	51982.05	-86.06	15.56
21	-5643.22	3.0	-19653.31	3572.37	-86.06	-242.63
		6.0	-26686.81	-65937.80	-86.06	-500.81
		.0	-12653.00	52075.78	86.05	-15.54
22	6188.11	3.0	-19686.50	3566.54	86.05	242.61
		6.0	-26720.00	-66043.20	86.05	500.76
		.0	26747.63	-66142.42	-86.06	15.56
23	5258.15	3.0	19714.13	3550.22	-86.06	-242.63
		6.0	12680.63	52142.36	-86.06	-500.81
		.0	26714.44	-66048.69	86.05	-15.54
24	187.18	3.0	19680.94	3544.39	86.05	242.61
		6.0	12647.44	52036.96	86.05	500.76
		.0	1197.51	10529.13	-286.86	51.83
25	-2912.70	3.0	-5835.99	3571.43	-286.86	-808.74
		6.0	-12869.49	-24486.78	-286.86	-1669.31
		.0	1086.89	10841.57	286.84	-51.81
26	3457.59	3.0	-5946.61	3551.98	286.84	808.72
		6.0	-12980.11	-24838.11	286.84	1669.25
		.0	13007.75	-24908.21	-286.86	51.83
27	357.71	3.0	5974.25	3564.78	-286.86	-808.74
		6.0	-1059.25	10937.27	-286.86	-1669.31
		.0	12897.12	-24595.77	286.84	-51.81
197		3.0	5863.62	3545.33	286.84	808.72
		6.0	-1169.88	10585.94	286.84	1669.25
		.0				
1	302.72					

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M B E L E M B N T P O R C B S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
	.0	31677.51	-77438.88	102.00	-593.56	
	3.0	22904.76	4434.51	102.00	-287.56	
	6.0	14132.01	59989.66	102.00	18.44	
15 3929.11						130.54
	.0	31716.84	-77563.80	-101.98	593.48	
	3.0	22944.09	4427.60	-101.98	287.54	
	6.0	14171.34	60100.75	-101.98	-18.41	
16 904.94						-425.02
	.0	1698.14	12519.78	334.67	-1947.53	
	3.0	-7074.61	4455.09	334.67	-943.53	
	6.0	-15847.36	-29927.85	334.67	60.47	
17 -2711.59						426.57
	.0	1827.21	12109.90	-334.65	1947.46	
	3.0	-6945.54	4432.40	-334.65	943.51	
	6.0	-15718.29	-29563.34	-334.65	-60.45	
18 3419.87						-425.02
	.0	15682.14	-29438.14	334.67	-1947.53	
	3.0	6909.39	4449.16	334.67	-943.53	
	6.0	-1863.35	12018.22	334.67	60.47	
19 -196.66						426.57
	.0	15811.21	-29848.03	-334.65	1947.46	
	3.0	7038.46	4426.48	-334.65	943.51	
	6.0	-1734.29	12382.73	-334.65	-60.45	
20 -2799.20						-108.93
	.0	-12661.91	52105.61	86.06	-500.81	
	3.0	-19695.41	3569.63	86.06	-242.63	
	6.0	-26728.91	-66066.84	86.06	15.56	
21 -3729.16						110.05
	.0	-12628.72	52000.21	-86.05	500.76	
	3.0	-19662.22	3563.80	-86.05	242.61	
	6.0	-26695.72	-65973.11	-86.05	-15.54	
22 4274.05						-108.93
	.0	26668.09	-65901.05	86.06	-500.81	
	3.0	19634.59	3552.96	86.06	-242.63	
	6.0	12601.09	51906.47	86.06	15.56	
23 3344.09						110.05
	.0	26701.28	-66006.45	-86.05	500.76	
	3.0	19667.78	3547.13	-86.05	242.61	
	6.0	12634.28	52000.20	-86.05	-15.54	
24 761.40						-364.40
	.0	1064.87	10926.24	286.86	-1669.31	
	3.0	-5968.63	3570.60	286.86	-808.74	
	6.0	-13002.13	-24885.53	286.86	51.83	
25 -2338.49						365.53
	.0	1175.50	10574.91	-286.84	1669.25	
	3.0	-5858.00	3551.16	-286.84	808.72	
	6.0	-12891.50	-24573.10	-286.84	-51.81	
26 2883.37						-364.40
	.0	12863.87	-24475.75	286.86	-1669.31	
	3.0	5830.37	3565.60	286.86	-808.74	
	6.0	-1203.13	10506.46	286.86	51.83	
27 -216.51						365.53

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M E E L E M E N T F O R C E S

Elt Load ID Comb	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
	.0	12974.50	-24827.08	-286.84	1669.25	
	3.0	5941.00	3546.16	-286.84	808.72	
	6.0	-1092.50	10818.90	-286.84	-51.81	
198						
1	160.07					44.52
	.0	7300.80	-6074.35	.22	-.59	
	3.0	-514.20	4105.56	.22	.06	
	6.0	-8329.20	-9159.53	.22	.71	
2	29.74					13.99
	.0	792.41	-554.32	.07	-.18	
	3.0	-107.59	472.90	.07	.02	
	6.0	-1007.59	-1199.88	.07	.22	
3	-1367.24					-293.56
	.0	-22450.64	65687.12	357.95	-1083.48	
	3.0	-22450.64	-1664.80	357.95	-9.63	
	6.0	-22450.64	-69016.72	357.95	1064.23	
4	-1861.53					293.56
	.0	-22363.52	65429.82	-357.95	1083.48	
	3.0	-22363.52	-1660.74	-357.95	9.63	
	6.0	-22363.52	-68751.29	-357.95	-1064.23	
5	1367.24					293.56
	.0	22450.64	-65687.12	-357.95	1083.48	
	3.0	22450.64	1664.80	-357.95	9.63	
	6.0	22450.64	69016.72	-357.95	-1064.23	
6	1861.53					-293.56
	.0	22363.52	-65429.82	357.95	-1083.48	
	3.0	22363.52	1660.74	357.95	-9.63	
	6.0	22363.52	68751.29	357.95	1064.23	
7	339.50					-978.54
	.0	-6867.33	20096.38	1193.18	-3611.61	
	3.0	-6867.33	-505.61	1193.18	-32.08	
	6.0	-6867.33	-21107.59	1193.18	3547.44	
8	-1308.13					978.54
	.0	-6576.92	19238.70	-1193.18	3611.61	
	3.0	-6576.92	-492.06	-1193.18	32.08	
	6.0	-6576.92	-20222.81	-1193.18	-3547.44	
9	-339.50					978.54
	.0	6867.33	-20096.38	-1193.18	3611.61	
	3.0	6867.33	505.61	-1193.18	32.08	
	6.0	6867.33	21107.59	-1193.18	-3547.44	
10	1308.13					-978.54
	.0	6576.92	-19238.70	1193.18	-3611.61	
	3.0	6576.92	492.06	1193.18	-32.08	
	6.0	6576.92	20222.81	1193.18	3547.44	
11	239.66					75.82
	.0	10028.81	-8176.14	.37	-.99	
	3.0	-789.19	5683.31	.37	.11	
	6.0	-11607.19	-12911.25	.37	1.20	
12	-1244.67					-257.57
	.0	-15408.84	62246.33	382.09	-1156.44	
	3.0	-24181.59	2860.69	382.09	-10.19	
	6.0	-32954.34	-82843.20	382.09	1136.07	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M E B L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
	6.0	-14924.07	-24864.98	-1674.36	-4892.88	
25 -2033.95						-785.26
	.0	4284.49	7053.72	1674.36	-5153.29	
	3.0	-5319.41	5501.34	1674.36	-130.21	
	6.0	-14923.31	-24862.74	1674.36	4892.88	
26 2474.18						785.26
	.0	16419.53	-30265.00	-1674.36	5153.29	
	3.0	6815.63	4587.73	-1674.36	130.21	
	6.0	-2788.27	10628.76	-1674.36	-4892.88	
27 2484.97						-785.26
	.0	16420.28	-30267.30	1674.36	-5153.29	
	3.0	6816.38	4587.70	1674.36	-130.21	
	6.0	-2787.52	10631.00	1674.36	4892.88	
200 -----						
1 465.71						.00
	.0	10691.56	-10659.84	.00	.00	
	3.0	20.56	5408.33	.00	.00	
	6.0	-10650.44	-10536.49	.00	.00	
2 107.11						.00
	.0	1804.64	-1796.52	.00	.00	
	3.0	4.64	917.39	.00	.00	
	6.0	-1795.36	-1768.70	.00	.00	
3 -6059.13						109.01
	.0	-21870.80	65624.71	-172.42	325.15	
	3.0	-21870.80	12.30	-172.42	-192.11	
	6.0	-21870.80	-65600.10	-172.42	-709.37	
4 -6053.50						-109.01
	.0	-21870.80	65624.70	172.42	-325.15	
	3.0	-21870.80	12.31	172.42	192.11	
	6.0	-21870.80	-65600.08	172.42	709.37	
5 6059.13						-109.01
	.0	21870.80	-65624.71	172.42	-325.15	
	3.0	21870.80	-12.30	172.42	192.11	
	6.0	21870.80	65600.10	172.42	709.37	
6 6053.50						109.01
	.0	21870.80	-65624.70	-172.42	325.15	
	3.0	21870.80	-12.31	-172.42	-192.11	
	6.0	21870.80	65600.08	-172.42	-709.37	
7 -1826.27						363.37
	.0	-6561.25	19687.44	-574.73	1083.85	
	3.0	-6561.25	3.68	-574.73	-640.36	
	6.0	-6561.25	-19680.07	-574.73	-2364.56	
8 -1807.52						-363.37
	.0	-6561.23	19687.39	574.73	-1083.85	
	3.0	-6561.23	3.70	574.73	640.36	
	6.0	-6561.23	-19679.99	574.73	2364.56	
9 1826.27						-363.37
	.0	6561.25	-19687.44	574.73	-1083.85	
	3.0	6561.25	-3.68	574.73	640.36	
	6.0	6561.25	19680.07	574.73	2364.56	
10 1807.52						363.37
	.0	6561.23	-19687.39	-574.73	1083.85	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD	AXIAL DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL
ID COMB	FORCE ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
	3.0	6561.23	-3.70	-574.73	-640.36	
	6.0	6561.23	19679.99	-574.73	-2364.56	
11	730.23					.00
	.0	15717.29	-15666.25	.00	.00	
	3.0	32.09	7957.82	.00	.00	
	6.0	-15653.11	-15473.71	.00	.00	
12	-5805.66					116.28
	.0	-10601.28	56581.30	-183.91	346.83	
	3.0	-22939.83	6269.63	-183.91	-204.91	
	6.0	-35278.38	-81057.70	-183.91	-756.66	
13	-5799.66					-116.28
	.0	-10601.28	56581.29	183.91	-346.83	
	3.0	-22939.83	6269.63	183.91	204.91	
	6.0	-35278.38	-81057.68	183.91	756.66	
14	6912.60					116.28
	.0	35327.39	-81230.58	-183.91	346.83	
	3.0	22988.84	6243.78	-183.91	-204.91	
	6.0	10650.29	56702.49	-183.91	-756.66	
15	6918.61					-116.28
	.0	35327.40	-81230.59	183.91	-346.83	
	3.0	22988.85	6243.79	183.91	204.91	
	6.0	10650.30	56702.51	183.91	756.66	
16	-1391.39					381.54
	.0	5364.39	8675.29	-603.47	1138.04	
	3.0	-6974.16	6260.64	-603.47	-672.37	
	6.0	-19312.71	-33169.66	-603.47	-2482.79	
17	-1371.70					-381.54
	.0	5364.41	8675.24	603.47	-1138.04	
	3.0	-6974.14	6260.65	603.47	672.37	
	6.0	-19312.69	-33169.58	603.47	2482.79	
18	2484.65					381.54
	.0	19361.70	-33324.53	-603.47	1138.04	
	3.0	7023.15	6252.76	-603.47	-672.37	
	6.0	-5315.40	8814.39	-603.47	-2482.79	
19	2504.34					-381.54
	.0	19361.73	-33324.58	603.47	-1138.04	
	3.0	7023.18	6252.78	603.47	672.37	
	6.0	-5315.37	8814.48	603.47	2482.79	
20	-5034.08					98.11
	.0	-10061.32	49468.38	-155.18	292.64	
	3.0	-19665.22	4878.57	-155.18	-172.90	
	6.0	-29269.12	-68522.93	-155.18	-638.43	
21	-5029.02					-98.11
	.0	-10061.31	49468.37	155.18	-292.64	
	3.0	-19665.21	4878.58	155.18	172.90	
	6.0	-29269.11	-68522.91	155.18	638.43	
22	5867.29					98.11
	.0	29306.12	-68656.09	-155.18	292.64	
	3.0	19702.22	4856.42	-155.18	-172.90	
	6.0	10098.32	49557.27	-155.18	-638.43	
23	5872.35					-98.11
	.0	29306.13	-68656.10	155.18	-292.64	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELEM ID	LOAD COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
				SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
			3.0	19702.23	4856.43	155.18	172.90	
			6.0	10098.33	49557.25	155.18	638.43	
24	-1224.51							327.03
			.0	3717.28	8124.83	-517.26	975.46	
			3.0	-5886.62	4870.82	-517.26	-576.32	
			6.0	-15490.52	-27194.90	-517.26	-2128.10	
25	-1207.63							-327.03
			.0	3717.30	8124.79	517.26	-975.46	
			3.0	-5886.60	4870.83	517.26	576.32	
			6.0	-15490.50	-27194.83	517.26	2128.10	
26	2045.90							327.03
			.0	15527.51	-27312.51	-517.26	975.46	
			3.0	5923.61	4864.17	-517.26	-576.32	
			6.0	-3680.29	8229.15	-517.26	-2128.10	
27	2062.78							-327.03
			.0	15527.53	-27312.55	517.26	-975.46	
			3.0	5923.63	4864.19	517.26	576.32	
			6.0	-3680.27	8229.22	517.26	2128.10	
201								
1	465.71							.00
			.0	10650.44	-10536.49	.00	.00	
			3.0	-20.56	5408.33	.00	.00	
			6.0	-10691.56	-10659.84	.00	.00	
2	107.11							.00
			.0	1795.36	-1768.70	.00	.00	
			3.0	-4.64	917.39	.00	.00	
			6.0	-1804.64	-1796.52	.00	.00	
3	-3932.39							-109.01
			.0	-21849.99	65559.24	172.42	-709.37	
			3.0	-21849.99	9.26	172.42	-192.11	
			6.0	-21849.99	-65540.72	172.42	325.15	
4	-3926.77							109.01
			.0	-21850.00	65559.27	-172.42	709.37	
			3.0	-21850.00	9.26	-172.42	192.11	
			6.0	-21850.00	-65540.74	-172.42	-325.15	
5	3932.39							109.01
			.0	21849.99	-65559.24	-172.42	709.37	
			3.0	21849.99	-9.26	-172.42	192.11	
			6.0	21849.99	65540.72	-172.42	-325.15	
6	3926.77							-109.01
			.0	21850.00	-65559.27	172.42	-709.37	
			3.0	21850.00	-9.26	172.42	-192.11	
			6.0	21850.00	65540.74	172.42	325.15	
7	-1188.25							-363.37
			.0	-6554.99	19667.74	574.73	-2364.56	
			3.0	-6554.99	2.77	574.73	-640.36	
			6.0	-6554.99	-19662.19	574.73	1083.85	
8	-1169.50							363.37
			.0	-6555.01	19667.82	-574.73	2364.56	
			3.0	-6555.01	2.79	-574.73	640.36	
			6.0	-6555.01	-19662.24	-574.73	-1083.85	
9	1188.25							363.37

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

PRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD	AXIAL DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL
UD COMB	FORCE ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
	.0	6554.99	-19667.74	-574.73	2364.56	
	3.0	6554.99	-2.77	-574.73	640.36	
	6.0	6554.99	19662.19	-574.73	-1083.85	
10	1169.50					-363.37
	.0	6555.01	-19667.82	574.73	-2364.56	
	3.0	6555.01	-2.79	574.73	-640.36	
	6.0	6555.01	19662.24	574.73	1083.85	
11	730.23					.00
	.0	15653.11	-15473.71	.00	.00	
	3.0	-32.09	7957.82	.00	.00	
	6.0	-15717.29	-15666.25	.00	.00	
12	-3572.59					-116.28
	.0	-10628.45	56659.61	183.91	-756.66	
	3.0	-22967.00	6266.43	183.91	-204.91	
	6.0	-35305.55	-81142.40	183.91	346.83	
13	-3566.59					116.28
	.0	-10628.46	56659.64	-183.91	756.66	
	3.0	-22967.01	6266.43	-183.91	204.91	
	6.0	-35305.56	-81142.42	-183.91	-346.83	
14	4679.53					-116.28
	.0	35256.54	-81014.82	183.91	-756.66	
	3.0	22917.99	6246.98	183.91	-204.91	
	6.0	10579.44	56493.13	183.91	346.83	
15	4685.53					116.28
	.0	35256.53	-81014.80	-183.91	756.66	
	3.0	22917.98	6246.98	-183.91	204.91	
	6.0	10579.43	56493.11	-183.91	-346.83	
16	-710.84					-381.54
	.0	5322.05	8801.33	603.47	-2482.79	
	3.0	-7016.50	6259.66	603.47	-672.37	
	6.0	-19355.05	-33297.65	603.47	1138.04	
17	-691.15					381.54
	.0	5322.03	8801.41	-603.47	2482.79	
	3.0	-7016.52	6259.68	-603.47	672.37	
	6.0	-19355.07	-33297.70	-603.47	-1138.04	
18	1804.09					-381.54
	.0	19306.05	-33156.60	603.47	-2482.79	
	3.0	6967.50	6253.73	603.47	-672.37	
	6.0	-5371.05	8648.41	603.47	1138.04	
19	1823.79					381.54
	.0	19306.03	-33156.51	-603.47	2482.79	
	3.0	6967.48	6253.75	-603.47	672.37	
	6.0	-5371.07	8648.36	-603.47	-1138.04	
20	-3120.02					-98.11
	.0	-10079.60	49520.48	155.18	-638.43	
	3.0	-19683.50	4875.83	155.18	-172.90	
	6.0	-29287.40	-68580.51	155.18	292.64	
21	-3114.95					98.11
	.0	-10079.60	49520.50	-155.18	638.43	
	3.0	-19683.50	4875.84	-155.18	172.90	
	6.0	-29287.40	-68580.52	-155.18	-292.64	
22	3953.23					-98.11

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

EIT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
23	3958.29	.0	29250.40	-68486.18	155.18	-638.43
		3.0	19646.50	4859.16	155.18	-172.90
		6.0	10042.60	49392.80	155.18	292.64
24	-650.29	.0	29250.39	-68486.16	-155.18	638.43
		3.0	19646.49	4859.17	-155.18	172.90
		6.0	10042.59	49392.79	-155.18	-292.64
25	-633.41	.0	3685.91	8218.12	517.26	-2128.10
		3.0	-5917.99	4869.99	517.26	-576.32
		6.0	-15521.89	-27289.83	517.26	975.46
26	1471.68	.0	3685.89	8218.20	-517.26	2128.10
		3.0	-5918.01	4870.01	-517.26	576.32
		6.0	-15521.91	-27289.88	-517.26	-975.46
27	1488.56	.0	15484.91	-27183.87	517.26	-2128.10
		3.0	5881.01	4864.99	517.26	-576.32
		6.0	-3722.89	8102.16	517.26	975.46
202		.0	15484.89	-27183.80	-517.26	2128.10
		3.0	5880.99	4865.01	-517.26	576.32
		6.0	-3722.91	8102.12	-517.26	-975.46
1	244.57	.0	9839.77	-7907.77	.00	.00
		3.0	-831.23	5605.04	.00	.00
		6.0	-11502.23	-12895.16	.00	.00
2	55.44	.0	1595.72	-1141.75	.00	.00
		3.0	-204.28	945.42	.00	.00
		6.0	-2004.28	-2367.41	.00	.00
3	-1616.18	.0	-22406.95	65558.10	558.12	-1630.96
		3.0	-22406.95	-1662.76	558.12	43.40
		6.0	-22406.95	-68883.62	558.12	1717.76
4	-1612.58	.0	-22407.21	65558.84	-558.12	1630.96
		3.0	-22407.21	-1662.77	-558.12	-43.40
		6.0	-22407.21	-68884.39	-558.12	-1717.76
5	1616.18	.0	22406.95	-65558.10	-558.12	1630.96
		3.0	22406.95	1662.76	-558.12	-43.40
		6.0	22406.95	68883.62	-558.12	-1717.76
6	1612.58	.0	22407.21	-65558.84	558.12	-1630.96
		3.0	22407.21	1662.77	558.12	43.40
		6.0	22407.21	68884.39	558.12	1717.76
7	-490.31	.0	-6721.70	19666.30	1860.40	-5436.53
		3.0	-6721.70	-498.81	1860.40	144.68
		6.0	-6721.70	-20663.92	1860.40	5725.88

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M B E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
			SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
16	-1188.50						-1074.59
		.0	1146.82	13802.44	1239.71	-3747.97	
		3.0	-7625.93	4083.78	1239.71	-28.83	
		6.0	-16398.68	-31953.14	1239.71	3690.31	
17	528.92						963.47
		.0	842.77	14700.40	-1240.25	3749.43	
		3.0	-7929.98	4069.58	-1240.25	28.68	
		6.0	-16702.73	-32879.48	-1240.25	-3692.08	
18	-155.30						-1074.59
		.0	15487.35	-28154.98	1239.71	-3747.97	
		3.0	6714.60	5147.95	1239.71	-28.83	
		6.0	-2058.15	12132.62	1239.71	3690.31	
19	1562.12						963.47
		.0	15183.30	-27257.02	-1240.25	3749.43	
		3.0	6410.55	5133.75	-1240.25	28.68	
		6.0	-2362.20	11206.28	-1240.25	-3692.08	
20	-1529.69						-302.11
		.0	-13556.56	53420.26	318.66	-963.42	
		3.0	-20590.06	2200.34	318.66	-7.45	
		6.0	-27623.56	-70120.08	318.66	948.52	
21	-1088.07						221.97
		.0	-13634.74	53651.16	-319.05	964.48	
		3.0	-20668.24	2196.69	-319.05	7.34	
		6.0	-27701.74	-70358.28	-319.05	-949.81	
22	1376.20						-302.11
		.0	26776.19	-64584.99	318.66	-963.42	
		3.0	19742.69	5193.32	318.66	-7.45	
		6.0	12709.19	53871.13	318.66	948.52	
23	1817.82						221.97
		.0	26698.00	-64354.08	-319.05	964.48	
		3.0	19664.50	5189.67	-319.05	7.34	
		6.0	12631.00	53632.93	-319.05	-949.81	
24	-1027.86						-913.52
		.0	651.12	11849.03	1062.65	-3212.65	
		3.0	-6382.38	3252.14	1062.65	-24.70	
		6.0	-13415.88	-26445.25	1062.65	3163.24	
25	444.22						833.39
		.0	390.50	12618.71	-1063.04	3213.70	
		3.0	-6643.00	3239.97	-1063.04	24.59	
		6.0	-13676.50	-27239.26	-1063.04	-3164.52	
26	-156.09						-913.52
		.0	12750.94	-23552.54	1062.65	-3212.65	
		3.0	5717.44	4150.04	1062.65	-24.70	
		6.0	-1316.06	10752.11	1062.65	3163.24	
27	1315.98						833.39
		.0	12490.33	-22782.86	-1063.04	3213.70	
		3.0	5456.83	4137.87	-1063.04	24.59	
		6.0	-1576.67	9958.10	-1063.04	-3164.52	
207	-----						
1	123.70						19.42
		.0	11450.07	-15464.99	.23	-.88	
		4.0	190.07	7815.29	.23	.04	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M E B I E M E N T F O R C E S

HLT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
15	2130.48	8.0	-16999.46	-33315.50	255.05	915.84
		.0	17448.15	-35799.59	-254.48	1122.35
		4.0	4702.83	8502.38	-254.48	104.45
		8.0	-8042.49	1823.08	-254.48	-913.46
16	-6378.78					
		.0	-1725.37	42370.09	836.22	-3687.39
		4.0	-14470.69	9977.96	836.22	-342.51
		8.0	-27216.01	-73395.45	836.22	3002.38
17	6664.62					
		.0	27664.70	-77452.05	-835.65	3685.21
		4.0	14919.38	7716.12	-835.65	342.60
		8.0	2174.06	41903.02	-835.65	-3000.00
18	-6378.78					
		.0	-1725.37	42370.09	836.22	-3687.39
		4.0	-14470.69	9977.96	836.22	-342.51
		8.0	-27216.01	-73395.45	836.22	3002.38
19	6664.62					
		.0	27664.70	-77452.05	-835.65	3685.21
		4.0	14919.38	7716.12	-835.65	342.60
		8.0	2174.06	41903.02	-835.65	-3000.00
20	-1565.68					
		.0	6526.34	1487.22	215.16	-948.70
		4.0	-3607.66	7324.57	215.16	-88.05
		8.0	-13741.66	-27374.08	215.16	772.60
21	1788.34					
		.0	14083.79	-29324.19	-214.75	947.11
		4.0	3949.79	6742.95	-214.75	88.12
		8.0	-6184.21	2274.10	-214.75	-770.87
22	-1565.68					
		.0	6526.34	1487.22	215.16	-948.70
		4.0	-3607.66	7324.57	215.16	-88.05
		8.0	-13741.66	-27374.08	215.16	772.60
23	1788.34					
		.0	14083.79	-29324.19	-214.75	947.11
		4.0	3949.79	6742.95	-214.75	88.12
		8.0	-6184.21	2274.10	-214.75	-770.87
24	-5478.69					
		.0	-2290.69	37433.86	716.72	-3160.48
		4.0	-12424.69	8003.12	716.72	-293.58
		8.0	-22558.69	-61963.62	716.72	2573.31
25	5701.36					
		.0	22900.81	-65270.83	-716.31	3158.89
		4.0	12766.81	6064.40	-716.31	293.65
		8.0	2632.81	36863.64	-716.31	-2571.58
26	-5478.69					
		.0	-2290.69	37433.86	716.72	-3160.48
		4.0	-12424.69	8003.12	716.72	-293.58
		8.0	-22558.69	-61963.62	716.72	2573.31
27	5701.36					
		.0	22900.81	-65270.83	-716.31	3158.89
		4.0	12766.81	6064.40	-716.31	293.65

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

P R A M B E L E M E N T F O R C E S

E L T L O A D I D C O M B	A X I A L F O R C E	D I S T E N D I	1-2 P L A N E		1-3 P L A N E		A X I A L T O R Q
			S H E A R	M O M E N T	S H E A R	M O M E N T	
2	20.68	8.0	-11069.93	-13944.43	.23	.96	6.07
		.0	1503.32	-2067.85	.07	-.27	
		4.0	39.32	1017.44	.07	.01	
		8.0	-1424.68	-1753.27	.07	.29	
3	-1863.34	.0	-4198.58	17117.45	238.84	-1053.23	-.24
		4.0	-4198.58	323.12	238.84	-97.87	
		8.0	-4198.58	-16471.21	238.84	857.48	
		.0	4198.58	-17117.45	-238.84	1053.23	
4	1863.34	4.0	4198.58	-323.12	-238.84	97.87	.24
		8.0	4198.58	16471.21	-238.84	-857.48	
		.0	4198.58	-17117.45	-238.84	1053.23	
		4.0	4198.58	-323.12	-238.84	97.87	
5	1863.34	8.0	4198.58	16471.21	-238.84	-857.48	.24
		.0	4198.58	-17117.45	-238.84	1053.23	
		4.0	4198.58	-323.12	-238.84	97.87	
		8.0	4198.58	16471.21	-238.84	-857.48	
6	-1863.34	.0	-4198.58	17117.45	238.84	-1053.23	-.24
		4.0	-4198.58	323.12	238.84	-97.87	
		8.0	-4198.58	-16471.21	238.84	857.48	
		.0	-13995.27	57058.16	796.13	-3510.76	-.80
7	-6211.14	4.0	-13995.27	1077.07	796.13	-326.24	
		8.0	-13995.27	-54904.03	796.13	2858.28	
		.0	13995.27	-57058.16	-796.13	3510.76	
8	6211.14	4.0	13995.27	-1077.07	-796.13	326.24	.80
		8.0	13995.27	54904.03	-796.13	-2858.28	
		.0	13995.27	-57058.16	-796.13	3510.76	
		4.0	13995.27	-1077.07	-796.13	326.24	
9	6211.14	8.0	13995.27	54904.03	-796.13	-2858.28	.80
		.0	13995.27	-57058.16	-796.13	3510.76	
		4.0	13995.27	-1077.07	-796.13	326.24	
		8.0	13995.27	54904.03	-796.13	-2858.28	
10	-6211.14	.0	-13995.27	57058.16	796.13	-3510.76	-.80
		4.0	-13995.27	1077.07	796.13	-326.24	
		8.0	-13995.27	-54904.03	796.13	2858.28	
		.0	16145.40	-21866.55	.39	-1.48	33.02
11	181.54	4.0	291.00	11006.25	.39	.07	
		8.0	-15563.40	-19538.55	.39	1.62	
		.0	8491.18	717.63	255.05	-1124.54	
12	-1844.65	4.0	-4254.14	9191.70	255.05	-104.35	23.96
		8.0	-16999.46	-33315.50	255.05	915.84	
		.0	17448.15	-35799.59	-254.48	1122.35	
		4.0	4702.83	8502.38	-254.48	104.45	
13	2130.48	8.0	-8042.49	1823.08	-254.48	-913.46	24.47
		.0	8491.18	717.63	255.05	-1124.54	
		4.0	-4254.14	9191.70	255.05	-104.35	
		8.0	-16999.46	-33315.50	255.05	915.84	
14	-1844.65	.0	8491.18	717.63	255.05	-1124.54	23.96
		4.0	-4254.14	9191.70	255.05	-104.35	
		8.0	-16999.46	-33315.50	255.05	915.84	
		.0	8491.18	717.63	255.05	-1124.54	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

PROGRAM:SAP90/FILE:ulfa3d.F3P

P R A M B E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
212	8.0	2632.81	36863.64	-716.31	-2571.58	
1	123.70					-19.42
	.0	11069.93	-13944.43	-.23	.96	
	4.0	-190.07	7815.29	-.23	.04	
	8.0	-11450.07	-15464.99	-.23	-.88	
2	20.68					-6.07
	.0	1424.68	-1753.27	-.07	.29	
	4.0	-39.32	1017.44	-.07	.01	
	8.0	-1503.32	-2067.85	-.07	-.27	
3	-754.71					-.24
	.0	-4193.66	16458.44	237.06	-852.76	
	4.0	-4193.66	-316.22	237.06	95.47	
	8.0	-4193.66	-17090.88	237.06	1043.69	
4	754.71					.24
	.0	4193.66	-16458.44	-237.06	852.76	
	4.0	4193.66	316.22	-237.06	-95.47	
	8.0	4193.66	17090.88	-237.06	-1043.69	
5	754.71					.24
	.0	4193.66	-16458.44	-237.06	852.76	
	4.0	4193.66	316.22	-237.06	-95.47	
	8.0	4193.66	17090.88	-237.06	-1043.69	
6	-754.71					-.24
	.0	-4193.66	16458.44	237.06	-852.76	
	4.0	-4193.66	-316.22	237.06	95.47	
	8.0	-4193.66	-17090.88	237.06	1043.69	
7	-2515.71					-.80
	.0	-13978.88	54861.47	790.19	-2842.53	
	4.0	-13978.88	-1054.06	790.19	318.22	
	8.0	-13978.88	-56969.60	790.19	3478.97	
8	2515.71					.80
	.0	13978.88	-54861.47	-790.19	2842.53	
	4.0	13978.88	1054.06	-790.19	-318.22	
	8.0	13978.88	56969.60	-790.19	-3478.97	
9	2515.71					.80
	.0	13978.88	-54861.47	-790.19	2842.53	
	4.0	13978.88	1054.06	-790.19	-318.22	
	8.0	13978.88	56969.60	-790.19	-3478.97	
10	-2515.71					-.80
	.0	-13978.88	54861.47	790.19	-2842.53	
	4.0	-13978.88	-1054.06	790.19	318.22	
	8.0	-13978.88	-56969.60	790.19	3478.97	
11	181.54					-33.02
	.0	15563.40	-19538.55	-.39	1.62	
	4.0	-291.00	11006.25	-.39	.07	
	8.0	-16145.40	-21866.55	-.39	-1.48	
12	-662.11					-24.47
	.0	8047.73	1809.46	252.57	-908.42	
	4.0	-4697.59	8509.74	252.57	101.88	
	8.0	-17442.91	-35771.25	252.57	1112.18	
13	947.94					-23.96
	.0	16994.22	-33301.88	-253.15	910.80	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

PROGRAM:SAP90/FILE:ulfa3d.F3P

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
24	118.15					-6.66
	.0	4887.85	18311.55	770.90	-2913.33	
	4.0	-9425.75	9235.77	770.90	170.25	
	8.0	-23739.35	-57094.42	770.90	3253.83	
25	198.66					-2.81
	.0	23227.98	-53652.57	-771.21	2914.59	
	4.0	8914.38	10632.14	-771.21	-170.26	
	8.0	-5399.22	17662.46	-771.21	-3255.12	
26	118.15					-6.66
	.0	4887.85	18311.55	770.90	-2913.33	
	4.0	-9425.75	9235.77	770.90	170.25	
	8.0	-23739.35	-57094.42	770.90	3253.83	
27	198.66					-2.81
	.0	23227.98	-53652.57	-771.21	2914.59	
	4.0	8914.38	10632.14	-771.21	-170.26	
	8.0	-5399.22	17662.46	-771.21	-3255.12	
209						
1	180.97					.00
	.0	16200.03	-21952.63	.00	.00	
	4.0	296.03	11039.50	.00	.00	
	8.0	-15607.97	-19584.37	.00	.00	
2	38.11					.00
	.0	2999.06	-4106.51	.00	.00	
	4.0	71.06	2033.73	.00	.00	
	8.0	-2856.94	-3538.03	.00	.00	
3	28.14					.00
	.0	-2583.12	10529.37	.00	.00	
	4.0	-2583.12	196.88	.00	.00	
	8.0	-2583.12	-10135.61	.00	.00	
4	-28.14					.00
	.0	2583.12	-10529.37	.00	.00	
	4.0	2583.12	-196.88	.00	.00	
	8.0	2583.12	10135.61	.00	.00	
5	-28.14					.00
	.0	2583.12	-10529.37	.00	.00	
	4.0	2583.12	-196.88	.00	.00	
	8.0	2583.12	10135.61	.00	.00	
6	28.14					.00
	.0	-2583.12	10529.37	.00	.00	
	4.0	-2583.12	196.88	.00	.00	
	8.0	-2583.12	-10135.61	.00	.00	
7	93.82					.00
	.0	-8610.41	35097.90	.00	.00	
	4.0	-8610.41	656.27	.00	.00	
	8.0	-8610.41	-33785.36	.00	.00	
8	-93.82					.00
	.0	8610.41	-35097.90	.00	.00	
	4.0	8610.41	-656.27	.00	.00	
	8.0	8610.41	33785.36	.00	.00	
9	-93.82					.00
	.0	8610.41	-35097.90	.00	.00	
	4.0	8610.41	-656.27	.00	.00	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

FRAME ELEMENT FORCES

ELEM LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
10	93.82	8.0	8610.41	33785.36	.00	.00
		.0	-8610.41	35097.90	.00	.00
		4.0	-8610.41	656.27	.00	.00
11	278.15	8.0	-8610.41	-33785.36	.00	.00
		.0	24238.53	-32913.57	.00	.00
		4.0	468.93	16501.37	.00	.00
12	244.06	8.0	-23300.67	-29152.10	.00	.00
		.0	16144.11	-14406.03	.00	.00
		4.0	-2399.73	13082.73	.00	.00
13	184.01	8.0	-20943.57	-33603.87	.00	.00
		.0	21654.77	-36868.69	.00	.00
		4.0	3110.93	12662.72	.00	.00
14	244.06	8.0	-15432.91	-11981.23	.00	.00
		.0	16144.11	-14406.03	.00	.00
		4.0	-2399.73	13082.73	.00	.00
15	184.01	8.0	-20943.57	-33603.87	.00	.00
		.0	21654.77	-36868.69	.00	.00
		4.0	3110.93	12662.72	.00	.00
16	312.54	8.0	-15432.91	-11981.23	.00	.00
		.0	9858.51	11215.43	.00	.00
		4.0	-8685.33	13561.80	.00	.00
17	115.53	8.0	-27229.17	-58267.18	.00	.00
		.0	27940.37	-62490.15	.00	.00
		4.0	9396.53	12183.65	.00	.00
18	312.54	8.0	-9147.31	12682.08	.00	.00
		.0	9858.51	11215.43	.00	.00
		4.0	-8685.33	13561.80	.00	.00
19	115.53	8.0	-27229.17	-58267.18	.00	.00
		.0	27940.37	-62490.15	.00	.00
		4.0	9396.53	12183.65	.00	.00
20	188.21	8.0	-9147.31	12682.08	.00	.00
		.0	12255.22	-10280.93	.00	.00
		4.0	-2058.38	10112.74	.00	.00
21	137.55	8.0	-16371.98	-26747.99	.00	.00
		.0	16904.84	-29233.79	.00	.00
		4.0	2591.24	9758.36	.00	.00
22	188.21	8.0	-11722.36	-8503.89	.00	.00
		.0	12255.22	-10280.93	.00	.00
		4.0	-2058.38	10112.74	.00	.00

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELEM ID	LOAD COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
				SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
23	137.55		8.0	-16371.98	-26747.99	.00	.00	.00
			.0	16904.84	-29233.79	.00	.00	
			4.0	2591.24	9758.36	.00	.00	
			8.0	-11722.36	-8503.89	.00	.00	
24	247.31							.00
			.0	6830.66	11830.74	.00	.00	
			4.0	-7482.94	10526.19	.00	.00	
			8.0	-21796.54	-48032.76	.00	.00	
25	78.44							.00
			.0	22329.39	-51345.47	.00	.00	
			4.0	8015.79	9344.91	.00	.00	
			8.0	-6297.81	12780.89	.00	.00	
26	247.31							.00
			.0	6830.66	11830.74	.00	.00	
			4.0	-7482.94	10526.19	.00	.00	
			8.0	-21796.54	-48032.76	.00	.00	
27	78.44							.00
			.0	22329.39	-51345.47	.00	.00	
			4.0	8015.79	9344.91	.00	.00	
			8.0	-6297.81	12780.89	.00	.00	

214								
1	180.97							.00
			.0	15607.97	-19584.37	.00	.00	
			4.0	-296.03	11039.50	.00	.00	
			8.0	-16200.03	-21952.63	.00	.00	
2	38.11							.00
			.0	2856.94	-3538.03	.00	.00	
			4.0	-71.06	2033.73	.00	.00	
			8.0	-2999.06	-4106.51	.00	.00	
3	-24.63							.00
			.0	-2583.13	10135.63	.00	.00	
			4.0	-2583.13	-196.89	.00	.00	
			8.0	-2583.13	-10529.40	.00	.00	
4	24.63							.00
			.0	2583.13	-10135.63	.00	.00	
			4.0	2583.13	196.89	.00	.00	
			8.0	2583.13	10529.40	.00	.00	
5	24.63							.00
			.0	2583.13	-10135.63	.00	.00	
			4.0	2583.13	196.89	.00	.00	
			8.0	2583.13	10529.40	.00	.00	
6	-24.63							.00
			.0	-2583.13	10135.63	.00	.00	
			4.0	-2583.13	-196.89	.00	.00	
			8.0	-2583.13	-10529.40	.00	.00	
7	-82.11							.00
			.0	-8610.43	33785.42	.00	.00	
			4.0	-8610.43	-656.29	.00	.00	
			8.0	-8610.43	-35098.01	.00	.00	
8	82.11							.00
			.0	8610.43	-33785.42	.00	.00	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KG-M

PROGRAM:SAP90/FILE:ulfa3d.F3P

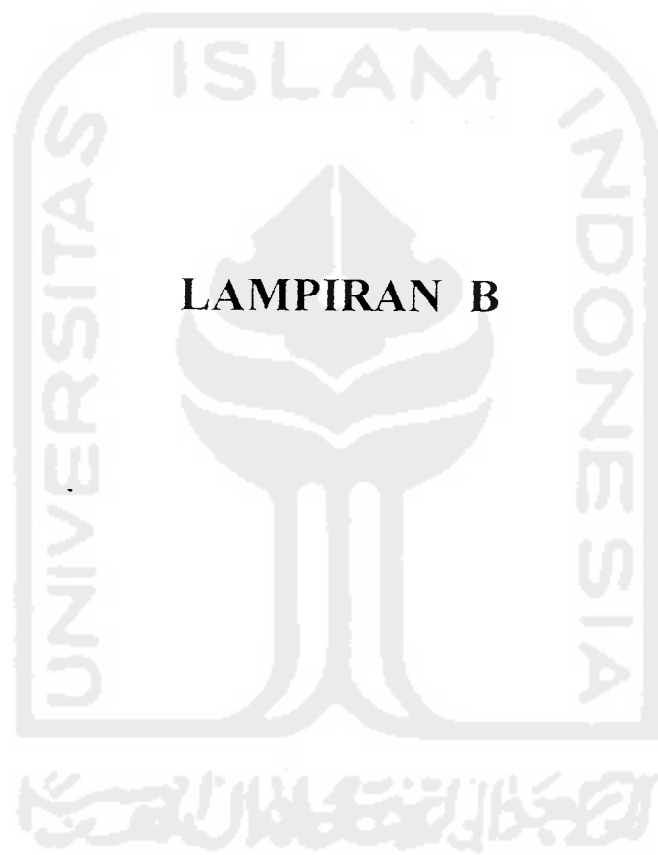
P R A M E E L E M E N T F O R C E S

EIT LOAD ID COMB	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
9	82.11	4.0	8610.43	656.29	.00	.00
		8.0	8610.43	35098.01	.00	
		.0	8610.43	-33785.42	.00	
		4.0	8610.43	656.29	.00	
10	-82.11	8.0	8610.43	35098.01	.00	.00
		.0	-8610.43	33785.42	.00	
		4.0	-8610.43	-656.29	.00	
		8.0	-8610.43	-35098.01	.00	
11	278.15	.0	23300.67	-29162.10	.00	.00
		4.0	-468.93	16501.37	.00	
		8.0	-24238.53	-32913.57	.00	
		.0	15432.90	-11981.22	.00	
12	187.76	4.0	-3110.94	12662.71	.00	.00
		8.0	-21654.78	-36868.72	.00	
		.0	20943.58	-33603.89	.00	
		4.0	2399.74	13082.74	.00	
13	240.31	8.0	-16144.10	-14406.00	.00	.00
		.0	15432.90	-11981.22	.00	
		4.0	-3110.94	12662.71	.00	
		8.0	-21654.78	-36868.72	.00	
14	187.76	.0	20943.58	-33603.89	.00	.00
		4.0	2399.74	13082.74	.00	
		8.0	-16144.10	-14406.00	.00	
		.0	15432.90	-11981.22	.00	
15	240.31	4.0	-3110.94	12662.71	.00	.00
		8.0	-21654.78	-36868.72	.00	
		.0	20943.58	-33603.89	.00	
		4.0	2399.74	13082.74	.00	
16	127.82	8.0	-16144.10	-14406.00	.00	.00
		.0	9147.29	12682.14	.00	
		4.0	-9396.55	12183.62	.00	
		8.0	-27940.39	-62490.27	.00	
17	300.25	.0	27229.19	-58267.24	.00	.00
		4.0	8685.35	13561.83	.00	
		8.0	-9858.49	11215.55	.00	
		.0	9147.29	12682.14	.00	
18	127.82	4.0	-9396.55	12183.62	.00	.00
		8.0	-27940.39	-62490.27	.00	
		.0	27229.19	-58267.24	.00	
		4.0	8685.35	13561.83	.00	
19	300.25	8.0	-9858.49	11215.55	.00	.00
		.0	11722.36	-8503.87	.00	
		4.0	-2591.24	9758.35	.00	
		8.0	-16904.84	-29233.83	.00	
20	140.71	.0	16371.99	-26748.00	.00	.00
		.0	16371.99	-26748.00	.00	
21	185.05	.0	16371.99	-26748.00	.00	.00
		.0	16371.99	-26748.00	.00	

TUGAS AKHIR PORTAL 3 DIMENSI, KC-M

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD	AXIAL	DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL
ID COMB	FORCE	ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
22	140.71	4.0	2058.39	10112.75	.00	.00	.00
		8.0	-12255.21	-10280.90	.00	.00	
		.0	11722.36	-8503.87	.00	.00	
23	185.05	4.0	-2591.24	9758.35	.00	.00	.00
		8.0	-16904.84	-29233.83	.00	.00	
		.0	16371.99	-26748.00	.00	.00	
24	88.98	4.0	2058.39	10112.75	.00	.00	.00
		8.0	-12255.21	-10280.90	.00	.00	
		.0	6297.79	12780.94	.00	.00	
25	236.77	4.0	-8015.81	9344.89	.00	.00	.00
		8.0	-22329.41	-51345.57	.00	.00	
		.0	21796.56	-48032.82	.00	.00	
26	88.98	4.0	7482.96	10526.21	.00	.00	.00
		8.0	-6830.64	11830.85	.00	.00	
		.0	6297.79	12780.94	.00	.00	
27	236.77	4.0	-8015.81	9344.89	.00	.00	.00
		8.0	-22329.41	-51345.57	.00	.00	
		.0	21796.56	-48032.82	.00	.00	
210 -----							
1	176.01	.0	16188.09	-21906.65	-.18	.71	-5.26
		4.0	284.09	11037.73	-.18	.01	
		8.0	-15619.91	-19633.90	-.18	-.70	
2	36.60	.0	2995.44	-4092.58	-.05	.22	-1.61
		4.0	67.44	2033.18	-.05	.00	
		8.0	-2860.56	-3553.06	-.05	-.21	
3	8.00	.0	-3056.72	12459.68	-258.02	1090.17	.64
		4.0	-3056.72	232.79	-258.02	58.10	
		8.0	-3056.72	-11994.11	-258.02	-973.97	
4	-8.00	.0	3056.72	-12459.68	258.02	-1090.17	-.64
		4.0	3056.72	-232.79	258.02	-58.10	
		8.0	3056.72	11994.11	258.02	973.97	
5	-8.00	.0	3056.72	-12459.68	258.02	-1090.17	-.64
		4.0	3056.72	-232.79	258.02	-58.10	
		8.0	3056.72	11994.11	258.02	973.97	
6	8.00	.0	-3056.72	12459.68	-258.02	1090.17	.64
		4.0	-3056.72	232.79	-258.02	58.10	
		8.0	-3056.72	-11994.11	-258.02	-973.97	
7	26.68						2.14



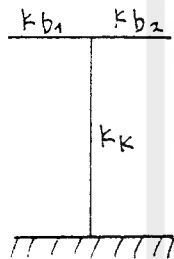
LAMPIRAN B

Lampiran

Kontrol waktu getar T dihitung dengan menggunakan cara pendekatan Muto yakni suatu cara atau metode perhitungan yang dipakai untuk menghitung gaya-gaya dalam, yang terjadi pada suatu portal yang mendapat pembebanan lateral. Dalam hal ini adalah portal arah x maupun arah y .

A. Kontrol Waktu Getar Alami T Pada Portal Arah X

1) Kolom 1 lantai 1



Kekakuan relatif kolom diperoleh setelah Momen inersia dari balok dan kolom dihitung.

$$K_b = \frac{I_b}{L} \quad \text{dan} \quad K_k = \frac{I_k}{h}$$

dimana K_b = kekakuan relatif balok

K_k = kekakuan relatif kolom

I_b = momen inersia balok

I_k = momen inersia kolom

L = panjang balok

h = tinggi kolom

maka :

$$Kb_1 = 0$$

$$Kb_2 = \frac{Ib}{L} = \frac{\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 60^3}{600} = 900 \text{ cm}^3$$

$$Kk = \frac{Ik}{h} = \frac{\frac{1}{12} \cdot 60 \cdot 60^3}{350} = 3085,714 \text{ cm}^3$$

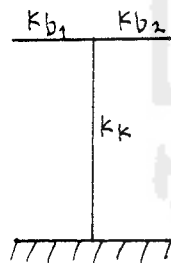
Kemudian dihitung nilai-nilai $\bar{K}$ dan a sesuai dengan kondisi atau letak kolom yang ditentukan.

Untuk kolom 1 lantai 1 :

$$\bar{K} = \frac{Kb_1 + Kb_2}{2 \cdot Kk} = \frac{0 + 900}{2 \cdot 3085,714} = 0,146$$

$$a = \frac{0,5 + \bar{K}}{2 + \bar{K}} = \frac{0,5 + 0,146}{2 + 0,146} = 0,301$$

2) Kolom 2 lantai 1



$$Kb_1 = \frac{Ib_1}{L} = \frac{\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 60^3}{600} = 900 \text{ cm}^3$$

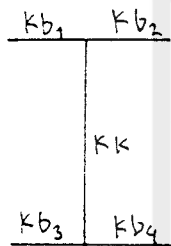
$$Kb_2 = \frac{Ib_2}{L} = \frac{\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 60^3}{600} = 900 \text{ cm}^3$$

$$K_k = \frac{I_k}{h} = \frac{\frac{1}{12} \cdot 60 \cdot 60^3}{350} = 3085,714 \text{ cm}^3$$

$$\bar{K} = \frac{Kb_1 + Kb_2}{2 \cdot K_k} = \frac{900 + 900}{2 \cdot 3085,714} = 0,292$$

$$a = \frac{0,5 + \bar{K}}{2 + \bar{K}} = \frac{0,5 + 0,292}{2 + 0,292} = 0,346$$

3) Kolom 1 lantai 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10



$$Kb_1 = 0$$

$$Kb_2 = \frac{Ib_2}{L} = \frac{\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 60^3}{600} = 900 \text{ cm}^3$$

$$Kb_3 = 0$$

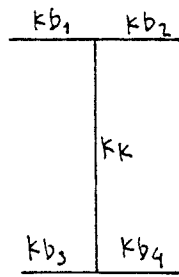
$$Kb_4 = \frac{Ib_4}{L} = \frac{\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 60^3}{600} = 900 \text{ cm}^3$$

$$K_k = \frac{I_k}{h} = \frac{\frac{1}{12} \cdot 60 \cdot 60^3}{350} = 3085,714 \text{ cm}^3$$

$$\bar{K} = \frac{Kb_1 + Kb_2 + Kb_3 + Kb_4}{2 \cdot K_k} = \frac{0 + 900 + 0 + 900}{2 \cdot 3085,714} = 0,292$$

$$\bar{a} = \frac{\bar{K}}{2 + \bar{K}} = \frac{0,292}{2 + 0,292} = 0,127$$

4) Kolom 2 lantai 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 dan 10



$$Kb_1 = \frac{Ib_1}{L} = \frac{\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 60^3}{600} = 900 \text{ cm}^3$$

$$K_1 = K_2 = K_3 = K_4$$

$$Kk = \frac{Ik}{h} = \frac{\frac{1}{12} \cdot 60 \cdot 60^3}{350} = 3085,714 \text{ cm}^3$$

$$\bar{K} = \frac{Kb_1 + Kb_2 + Kb_3 + Kb_4}{2 \cdot Kk} = \frac{900 + 900 + 900 + 900}{2 \cdot 3085,714} = 0,583$$

$$\bar{a} = \frac{\bar{K}}{2 + \bar{K}} = \frac{0,583}{2 + 0,583} = 0,226$$

Maka defleksi horizontal lantai I terhadap lantai dasar adalah :

$$\begin{aligned} 1) \Sigma a \text{ lantai 1} &= 10 \cdot \bar{a}_{k1} + 10 \cdot \bar{a}_{k2} \\ &= 10 \cdot 0,301 + 10 \cdot 0,346 \\ &= 6,470 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \Sigma a \text{ lantai 2,3,4,5,6,7,8,9 dan 10} &= 10 \cdot \bar{a}_{k1} + 10 \cdot \bar{a}_{k2} \\ &= 10 \cdot 0,127 + 10 \cdot 0,226 \\ &= 3,528 \end{aligned}$$

Perhitungan waktu getar bangunan dalam arah x, untuk lantai 10:

a). Diketahui :

$$\text{Dimensi balok} = 30/60$$

Dimensi kolom = 60/60

L = 600 cm

h = 350 cm

Kk = 3085,714 cm³

Nilai D_{ijx} adalah elemen-elemen penahan beban lateral yang terdapat pada tingkat

10 :

$$\begin{aligned}\Sigma D_{ijx} &= \Sigma a_{(2)} \cdot Kk \\ &= 3,528 \cdot 3085,714 \\ &= 10886,399 \\ &\approx 10886\end{aligned}$$

Inersia penampang kolom $\frac{12 E}{h^2} \cdot 0,75$ dengan 0,75 adalah faktor reduksi

inersia, maka :

$$\begin{aligned}&= \frac{12 \cdot 257429,6}{350^2} \cdot 0,75 \\ &= 15,429 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,0154 \text{ t/cm}^4\end{aligned}$$

Untuk kekakuannya :

$$\begin{aligned}K_{ix} &= \Sigma D_{ijx} \cdot \frac{12 E}{h^2} \cdot 0,75 \\ &= 10886 \cdot 0,0154 \\ &= 167,64 \text{ t/cm.}\end{aligned}$$

Pada hitungan distribusi gaya geser horizontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung di dapat :

$$F_{ix} = \frac{w_i \cdot h_i}{\sum w_i \cdot h_i} \cdot V_x$$

$$= 35,64$$

Dari tabel 4.1 halaman 37, diperoleh nilai F_{ix} sedangkan nilai dari V_{ix} yakni total penjumlahan nilai F_{ix} terhadap satu lantai dibawahnya (nilai F_{ix} lantai 10 + nilai F_{ix} lantai 9) adalah nilai dari V_{ix} untuk lantai 9.

$$\text{Yakni : } V_{ix} = F_{ix,10} + F_{ix,9}$$

$$= 35,64 + 52,42$$

$$= 88,05 \text{ ton}$$

Sedangkan untuk defleksi relatif pada tiap-tiap tingkat dihitung dengan rumus :

$$\delta_i = \frac{V_{ix}}{K_{ix}}$$

dimana : δ_i = defleksi antar taraf lantai i & taraf lantai i-1

K_{ix} = kekakuan tingkat i

V_{ix} = gaya geser tingkat i, yang nilainya sama dengan jumlah semua beban horizontal terpusat yang menangkap pada taraf lantai-lantai yang berada diatas taraf i yang ditinjau.

$$\delta_i = \frac{35,64}{167,64} = 0,213 \text{ cm}$$

Adapun defleksi pada tiap-tiap lantai dihitung dengan rumus :

$$d_{ix} = \sum \delta_{ix} - \delta_{ix}$$

$$= 10,17 - 0,213$$

$$= 9,96 \text{ cm}$$

Setelah didapatkan nilai dari d_{ix} , maka waktu getar struktur dapat dicari dengan persamaan :

$$T_x = 6,3 \cdot \sqrt{\frac{\sum w_i \cdot d_{ix}^2}{g \cdot \sum F_{ix} \cdot d_{ix}}}$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel Waktu Getar Bangunan Dalam Arah X

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
It	ΣD_{ijx} (cm ³)	$\frac{1}{h^2} \cdot \frac{\Sigma}{\Sigma}$ (t/cm ³)	K_{ix} (t/cm)	F_{ix} (t)	V_{ix} (t)	δ_{ix} (cm)	d_{ix} (cm)	d_{ix}^2 (cm ²)	w_i (t)	$w_i \cdot d_{ix}^2$ (t cm ²)	$F_{ix} \cdot d_{ix}$ (t . cm)
10	10886	0,0154	167,64	35,64	35,64	0,213	10,17	103,49	270,74	28018	362,51
9	10886	0,0154	167,64	52,42	88,05	0,525	9,96	99,20	442,48	42894	522,05
8	10886	0,0154	167,64	46,59	134,64	0,803	9,44	89,02	442,48	29318	439,59
7	10886	0,0154	167,64	40,77	175,41	0,820	8,63	74,51	442,48	32969	351,90
6	10886	0,0154	167,64	34,94	210,35	0,977	7,81	61,03	442,48	27004	272,98
5	10886	0,0154	167,64	29,12	239,47	1,108	6,84	46,72	442,48	20672	199,58
4	10886	0,0154	167,64	23,30	262,77	1,567	5,73	32,80	442,48	14513	133,42
3	10886	0,0154	167,64	17,47	280,24	1,672	4,15	17,31	442,48	7659	72,68
2	10886	0,0154	167,64	11,65	291,89	1,741	2,49	6,19	442,48	2739	28,98
1	19965	0,0154	307,46	5,82	297,71	0,747	0,75	0,56	442,48	248	4,35
									Σ	207034	2388,04

Waktu getar struktur, $T_x = 6,3 \cdot \sqrt{\frac{\sum w_i \cdot d_{ix}^2}{g \cdot \sum F_{ix} \cdot d_{ix}}} = 1,87 \text{ detik.}$

Keterangan :

1. Kolom (1) adalah nomor lantai
2. Kolom (2) yakni jumlah seluruh nilai D_{ijx} dari elemen-elemen penahan bbn

lateral tingkat i = $\Sigma a_{(2)} \cdot K_k$

3. Kolom (3), inersia penampang retak diambil 75% dari inersia seluruhnya, dengan $E = 257429,6 \text{ kg/cm}^2$
4. Kolom (4) adalah perkalian antara kolom (2) dengan kolom (3)
5. Kolom (5) Distribusi gaya geser dasar horisontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung, diambil dari tabel 4.1 halaman 37.
6. Kolom (6) adalah gaya geser tingkat i , yang nilainya sama dengan jumlah semua beban horisontal terpusat yang diambil dari lantai yang berada diatas lantai i yang ditinjau.
7. Kolom (7) defleksi relatif pada tiap-tiap tingkat yakni $\frac{V_{ix}}{K_{ix}}$
8. Kolom (8) defleksi pada lantai $i = \sum \delta_{ix} - \delta_{ix}$
9. Kolom (10) adalah nilai-nilai yang diambil dari tabel 4.1 halaman 37.

B. Kontrol Waktu Getar Alami Pada Portal Arah Y

1) Kolom 1 lantai 1



$$Kb_1 = 0$$

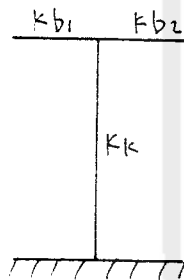
$$Kb_2 = \frac{Ib_2}{L} = \frac{\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 60^3}{800} = 675 \text{ cm}^3$$

$$K_k = \frac{I_k}{h} = \frac{\frac{1}{12} \cdot 60 \cdot 60^3}{350} = 3085,714 \text{ cm}^3$$

$$\bar{K} = \frac{K_{b1} + K_{b2}}{2 \cdot K_k} = \frac{0 + 675}{2 \cdot 3085,714} = 0,109$$

$$a = \frac{0,5 + \bar{K}}{2 + \bar{K}} = \frac{0,5 + 0,109}{2 + 0,109} = 0,289$$

2) Kolom 2 lantai 1



$$K_{b1} = \frac{I_{b1}}{L} = \frac{\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 60^3}{800} = 675 \text{ cm}^3$$

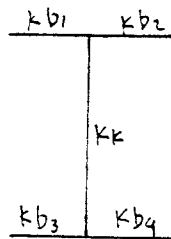
$$K_{b2} = \frac{I_{b2}}{L} = \frac{\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 60^3}{800} = 675 \text{ cm}^3$$

$$K_k = \frac{I_k}{h} = \frac{\frac{1}{12} \cdot 60 \cdot 60^3}{350} = 3085,714 \text{ cm}^3$$

$$\bar{K} = \frac{K_{b1} + K_{b2}}{2 \cdot K_k} = \frac{675 + 675}{2 \cdot 3085,714} = 0,219$$

$$a = \frac{0,5 + \bar{K}}{2 + \bar{K}} = \frac{0,5 + 0,219}{2 + 0,219} = 0,324$$

3) Kolom 1 lantai 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10



$$Kb_1 = 0$$

$$Kb_2 = \frac{Ib_2}{L} = \frac{\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 60^3}{800} = 675 \text{ cm}^3$$

$$Kb_3 = 0$$

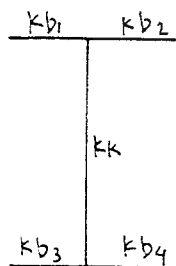
$$Kb_4 = \frac{Ib_4}{L} = \frac{\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 60^3}{800} = 675 \text{ cm}^3$$

$$Kk = \frac{Ik}{h} = \frac{\frac{1}{12} \cdot 60 \cdot 60^3}{350} = 3085,714 \text{ cm}^3$$

$$\bar{K} = \frac{Kb_1 + Kb_2 + Kb_3 + Kb_4}{2 \cdot Kk} = \frac{0 + 675 + 0 + 675}{2 \cdot 3085,714} = 0,219$$

$$\bar{a} = \frac{\bar{K}}{2 + \bar{K}} = \frac{0,219}{2 + 0,219} = 0,099 \approx 0,10$$

4) Kolom 2 lantai 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 dan 10



$$Kb_1 = \frac{Ib_1}{L} = \frac{\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 60^3}{800} = 675 \text{ cm}^3$$

$$Kb_1 = Kb_2 = Kb_3 = Kb_4$$

$$Kk = \frac{Ik}{h} = \frac{\frac{1}{12} \cdot 60 \cdot 60^3}{350} = 3085,714 \text{ cm}^3$$

$$\bar{K} = \frac{Kb_1 + Kb_2 + Kb_3 + Kb_4}{2 \cdot Kk} = \frac{675 + 675 + 675 + 675}{2 \cdot 3085,714} = 0,438$$

$$\bar{a} = \frac{\bar{K}}{2 + \bar{K}} = \frac{0,438}{2 + 0,438} = 0,179$$

Defleksi horizontal lantai i terhadap lantai dasar adalah :

$$\begin{aligned} 1) \Sigma a \text{ lantai } 1 &= 10 \cdot \bar{a}_{k1} + 10 \cdot \bar{a}_{k2} \\ &= 10 \cdot 0,289 + 10 \cdot 0,324 \\ &= 6,130 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1) \Sigma a \text{ lantai } 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \text{ dan } 10 &= 10 \cdot \bar{a}_{k1} + 10 \cdot \bar{a}_{k2} \\ &= 10 \cdot 0,10 + 10 \cdot 0,179 \\ &= 2,79 \end{aligned}$$

Perhitungan waktu getar bangunan dalam arah y, untuk lantai 10:

a). Diketahui :

$$\text{Dimensi balok} = 30/60$$

$$\text{Dimensi kolom} = 60/60$$

$$L = 600 \text{ cm}$$

$$h = 350 \text{ cm}$$

$$Kk = 3085,714 \text{ cm}^3$$

Nilai D_{iy} adalah elemen-elemen penahan beban lateral yang terdapat pada tingkat 10 :

$$\begin{aligned}\Sigma D_{iy} &= \Sigma a_{(2)} \cdot Kk \\ &= 3,528 \cdot 3085,714 \\ &= 8609,130 \\ &\approx 8609\end{aligned}$$

Inersia penampang kolom $\frac{12 E}{h^2} \cdot 0,75$ dengan 0,75 adalah faktor reduksi inersia, maka :

$$\begin{aligned}&= \frac{12 \cdot 257429,6}{350^2} \cdot 0,75 \\ &= 15,429 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,0154 \text{ t/cm}^4\end{aligned}$$

Untuk kekakuannya :

$$\begin{aligned}K_{iy} &= \Sigma D_{iy} \cdot \frac{12 E}{h^2} \cdot 0,75 \\ &= 8609 \cdot 0,0154 \\ &= 132,58 \text{ t/cm.}\end{aligned}$$

Pada hitungan distribusi gaya geser horizontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung di dapat dari persamaan berikut ini :

$$\begin{aligned}F_{iy} &= \frac{w_i \cdot h_i}{\sum w_i \cdot h_i} \cdot V_x \\ &= 35,64\end{aligned}$$

Dari tabel 4.1 halaman 37, diperoleh nilai F_{iy} sedangkan nilai dari V_{iy} yakni total penjumlahan nilai F_{iy} terhadap satu lantai dibawahnya (nilai F_{iy} lantai 10 + nilai F_{iy} lantai 9) adalah nilai dari V_{iy} untuk lantai 9.

$$\begin{aligned}\text{Yakni : } V_{iy} &= F_{iy,10} + F_{iy,9} \\ &= 35,64 + 52,42 \\ &= 88,05 \text{ ton}\end{aligned}$$

Sedangkan untuk defleksi relatif pada tiap-tiap tingkat dihitung dengan rumus :

$$\delta_i = \frac{V_{iy}}{K_{iy}}$$

dimana : δ_i = defleksi antar taraf lantai i & taraf lantai i-1

K_{iy} = kekakuan tingkat i

V_{iy} = gaya geser tingkat i, yang nilainya sama dengan jumlah semua beban horizontal terpusat yang menangkap pada taraf lantai-lantai yang berada diatas taraf i yang ditinjau.

$$\delta_i = \frac{35,64}{132,58} = 0,27 \text{ cm}$$

Adapun defleksi pada tiap-tiap lantai dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned}d_{iy} &= \sum \delta_{iy} - \delta_{iy} \\ &= 13,98 - 0,27 \\ &= 13,71 \text{ cm}\end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai dari d_{iy} , maka waktu getar struktur dapat dicari dengan persamaan :

$$T_y = 6,3 \cdot \sqrt{\frac{\sum w_i \cdot d_{iy}^2}{g \cdot \sum F_{iy} \cdot d_{iy}}}$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel Waktu Getar Bangunan Dalam Arah Y

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
It	ΣD_{iy} (cm ²)	$\frac{12 \cdot E}{L^3} \cdot 0,75$ (t/cm ²)	K_{iy} (t/cm)	F_{iy} (t)	V_{iy} (t)	δ_{iy} (cm)	d_{iy} (cm)	d_{iy}^2 (cm ²)	w_i (t)	$w_i \cdot d_{iy}^2$ (t cm ²)	$F_{iy} \cdot d_{iy}$ (t cm)
10	8609	0,0154	132,58	35,64	35,64	0,27	13,98	195,44	277,74	52912	498,18
9	8609	0,0154	132,58	52,42	88,05	0,66	13,71	187,96	442,48	83168	718,61
8	8609	0,0154	132,58	46,59	134,64	1,02	13,05	170,30	442,48	75353	608,01
7	8609	0,0154	132,58	40,77	175,41	1,32	12,03	144,72	442,48	64035	490,43
6	8609	0,0154	132,58	34,94	210,35	1,59	10,71	114,70	442,48	50732	374,25
5	8609	0,0154	132,58	29,12	239,47	1,81	9,12	83,17	442,48	36801	265,57
4	8609	0,0154	132,58	23,30	262,77	1,98	7,31	53,44	442,48	23646	170,29
3	8609	0,0154	132,58	17,47	280,24	2,11	5,33	28,41	442,48	12571	93,13
2	8609	0,0154	132,58	11,65	291,89	2,20	3,22	10,37	442,48	4588	37,51
1	18915	0,0154	291,29	5,82	297,71	1,02	1,02	1,04	442,48	460	5,94
									Σ	404286	3261,92

Waktu getar struktur $T_y = 6,3 \cdot \sqrt{\frac{\sum w_i \cdot d_{iy}^2}{g \cdot \sum F_{iy} \cdot d_{iy}}} = 2,24$ detik