

repository.ub.ac.id

**STUDI ANALISIS MENCARI KEBUTUHAN DAKTILITAS
BANGUNAN TAK BERATURAN (*IRREGULAR FORM BUILDING*)
DENGAN METODE *PUSHOVER ANALYSIS*
(SAP 2000 NON LINIER)**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

ADHI KUSUMA HARYANTO

0110610002-61

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN SIPIL

MALANG

2007

repository.ub.ac.id

**STUDI ANALISIS MENCARI KEBUTUHAN DAKTILITAS
BANGUNAN TAK BERATURAN (*IRREGULAR FORM BUILDING*)
DENGAN METODE *PUSHOVER ANALYSIS*
(SAP 2000 NON LINIER)**

Skripsi

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Diajukan oleh :

ADHI KUSUMA HARYANTO
NIM. 0110610002 – 61

Dosen Pembimbing

Ari Wibowo, ST, MT.
NIP. 132 283 204

Ir. Siti Nurlina, MT.
NIP. 131 879 036



repository.ub.ac.id

**STUDI ANALISIS MENCARI KEBUTUHAN DAKTILITAS
BANGUNAN TAK BERATURAN (*IRREGULAR FORM BUILDING*)
DENGAN METODE *PUSHOVER ANALYSIS*
(SAP 2000 NON LINIER)**

Diajukan oleh :

ADHI KUSUMA HARYANTO

NIM. 0110610002 – 61

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada

Tanggal

Dosen Penguji

Ari Wibowo, ST, MT.
NIP. 132 283 204

Ir. Siti Nurlina, MT.
NIP. 131 879 036

Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS.
NIP. 130 938 855

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil

Ir. A. Wicaksono, M.Eng, Ph.D.
NIP. 132 007 111

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena atas rahmat, karunia dan petunjuk-Nya lah kami dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Skripsi dengan judul "STUDI ANALISIS MENCARI KEBUTUHAN DAKTILITAS BANGUNAN TAK BERATURAN (*IRREGULAR FORM BUILDING*) DENGAN METODE *PUSHOVER ANALYSIS* (SAP 2000 NON LINIER)" disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana teknik di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang.

Penyusunan skripsi ini tidak lah akan lancar dan terselesaikan dengan baik tanpa petunjuk, bantuan dan dukungan yang besar diri kami. Kami menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua kami yang selalu memberi dukungan lahir batin serta doa selama kami menuntut ilmu.
2. Bapak Ari Wibowo, ST, MT. selaku dosen pembimbing kami yang selalu dengan sabar dan tulus memberikan ilmu dan pengetahuan kepada kami.
3. Ibu Ir. Siti Nurlina, MT. selaku dosen pembimbing kami yang telah memberikan saran dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Ibu Ir. Sri Murni Dewi, MT. yang telah memberikan masukan demi lebih baiknya penyusunan skripsi ini.

Besar harapan penyusun semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca dan memberikan wawasan baru. Akhir kata penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Malang, Januari 2007

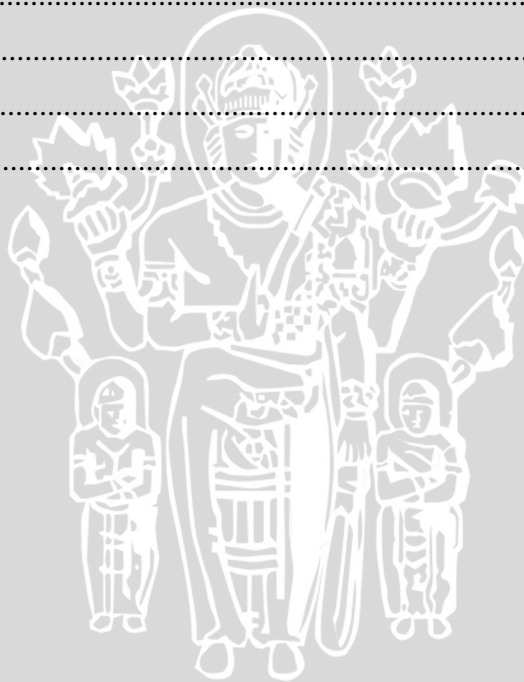
Penyusun

DAFTAR ISI

PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR LAMPIRAN.....	vi
RINGKASAN.....	vii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Umum.....	3
2.2 Daktilitas.....	4
2.3 Analisa Struktur.....	9
2.3.1 Waktu Getar Alami Struktur.....	10
2.3.2 Waktu Getar Rayleigh.....	13
2.3.3 Analisis Modal.....	13
2.4 Kinerja Struktur.....	16
2.4.1 Strength Based Design.....	16
2.4.2 Performance Based Design.....	17
2.5 Analisis Pushover.....	20
2.5.1 Prosedur Menentukan Kapasitas.....	24
2.5.2 Prosedur Menentukan Demand.....	24
2.6 Persyaratan Gempa Rencana.....	27
2.7 Hipotesa.....	27
III. METODOLOGI.....	29
IV. PEMBAHASAN.....	31
4.1 Matrik Kekakuan.....	31

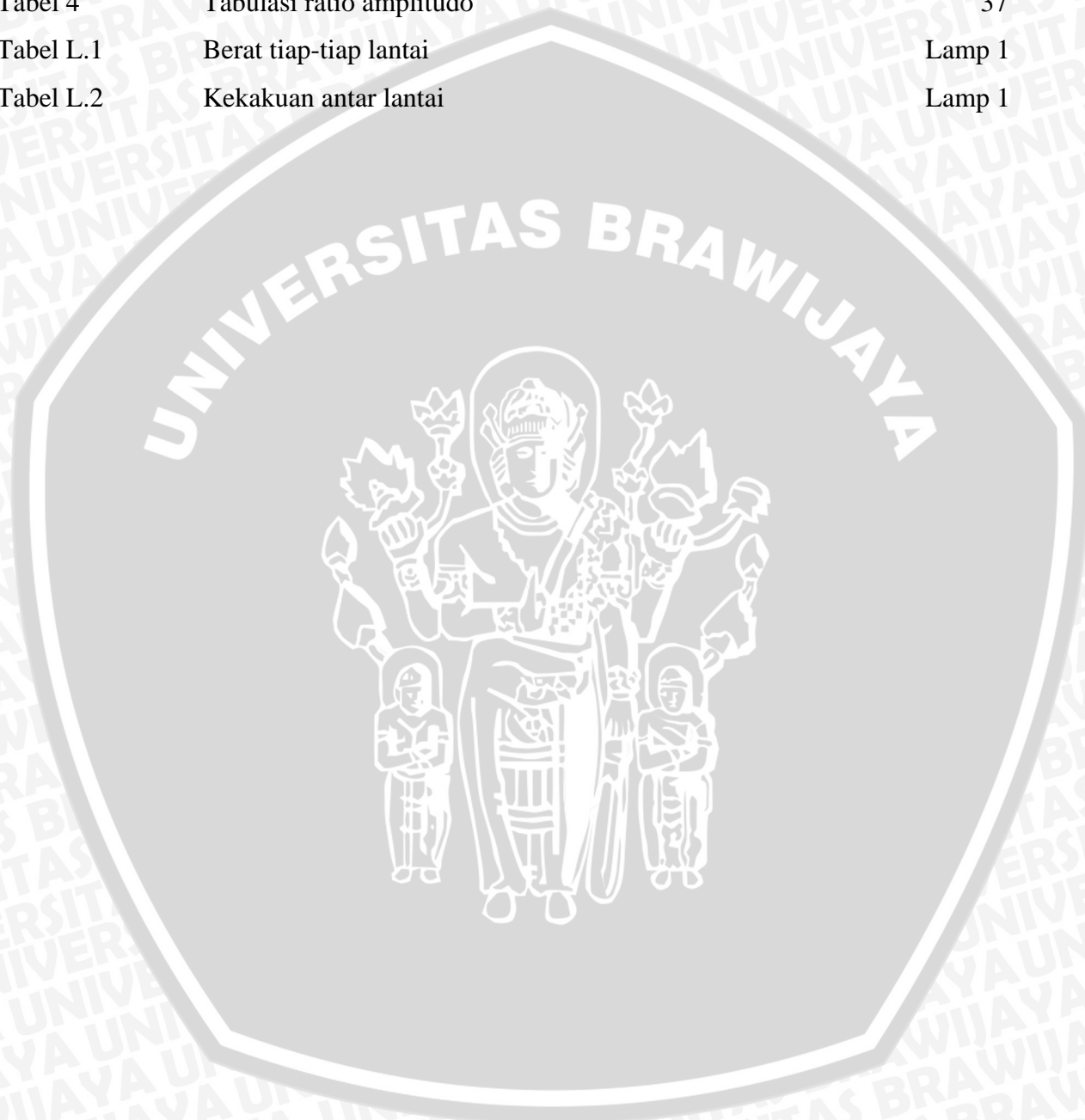


4.1.1	Waktu Getar Alami Dinamis.....	32
4.1.1.A	Perakitan Matrik Persamaan Gerak.....	32
4.1.1.B	Frekuensi Natural Tiap Mode.....	33
4.1.1.C	Matrik Normalisasi Tiap Mode.....	35
4.1.2	Analisis Modal.....	39
4.1.2.A	Modal Respon Statik.....	39
4.1.2.B	Kombinasi Respon Modal.....	50
4.2	Perhitungan Nilai Koefisien Ca dan Cv.....	52
4.3	Daktilitas dan Kinerja Struktur.....	52
4.3.1	Analisa Hasil Pushover.....	52
4.3.2	Penentuan Kebutuhan Daktilitas Kurvatur.....	56
V.	PENUTUP.....	58
5.1	Kesimpulan.....	58
5.2	Saran.....	58
	DAFTAR PUSTAKA.....	60
	LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Tingkatan kinerja struktur berdasarkan ATC 40, 1997	20
Tabel 4	Tabulasi ratio amplitudo	37
Tabel L.1	Berat tiap-tiap lantai	Lamp 1
Tabel L.2	Kekakuan antar lantai	Lamp 1

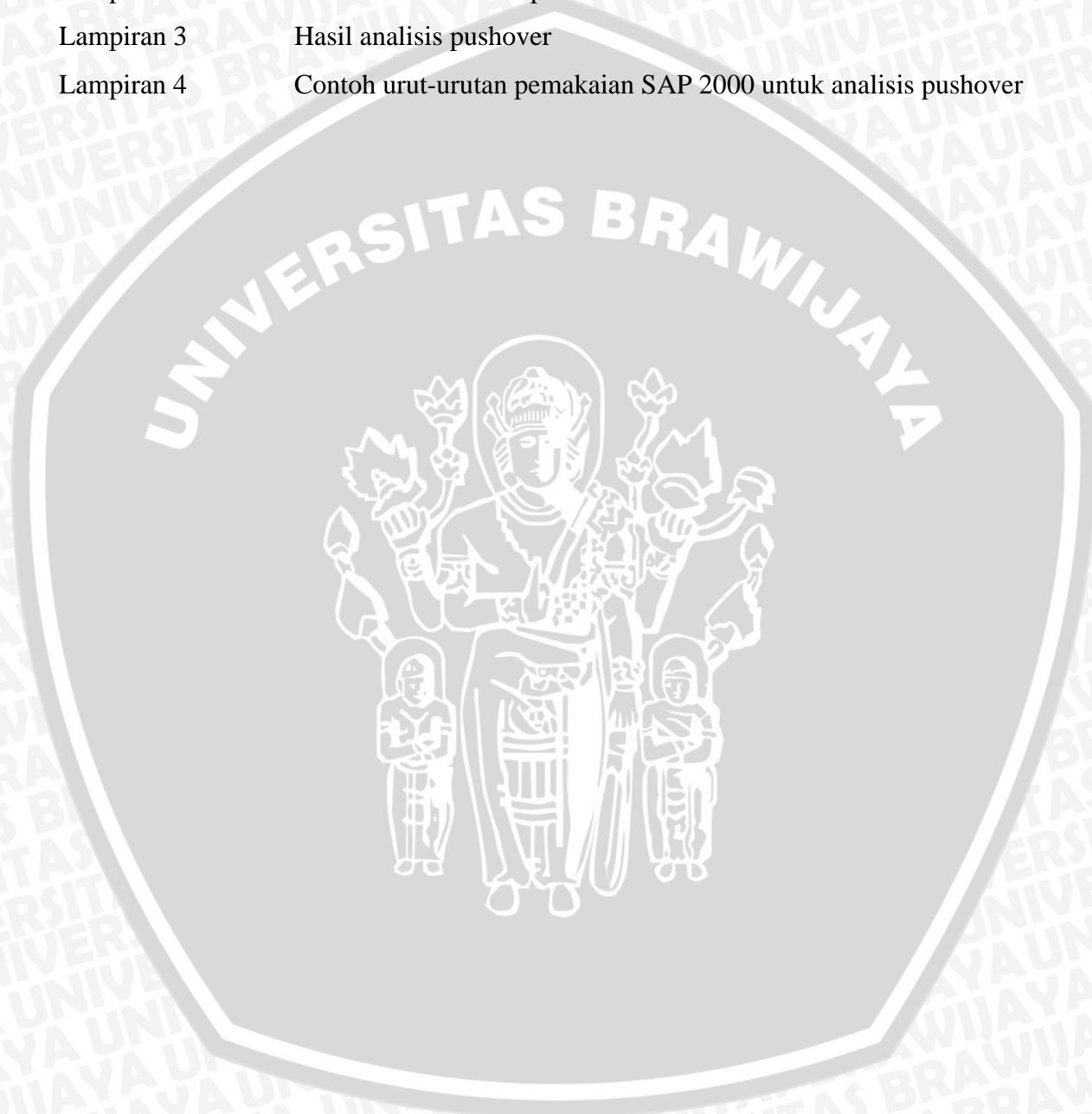


DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar A	Contoh asumsi pembebanan pada mekanisme kehancuran statik	6
Gambar B	Asumsi kurva momen-kurvatur	7
Gambar 2.1	Getaran bebas dari sistem tidak teredam	11
Gambar 2.2	Sistem single degree freedom	14
Gambar 2.3	Tingkatan kinerja struktur APMC 2001	19
Gambar 2.4	Kurva kapasitas dari hasil analisis pushover (ATC 40, 1997)	21
Gambar 2.5	Kurva kapasitas pushover untuk struktur daktail	21
Gambar 2.6	Kurva kapasitas pushover untuk struktur nondaktail	21
Gambar 2.7	Prosedur analisa kerja	22
Gambar 4.1	Gaya-gaya pada struktur penahan geser	31
Gambar 4.2	Normalisasi modal	38
Gambar 4.3	Penggambaran respon statik tiap mode	49
Gambar 4.4	Respon statik kombinasi	51

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1	Perhitungan pembebanan dan kekakuan kolom antar lantai
Lampiran 2	Gambar struktur dan pembebanan
Lampiran 3	Hasil analisis pushover
Lampiran 4	Contoh urutan pemakaian SAP 2000 untuk analisis pushover



RINGKASAN

ADHI KUSUMA HARYANTO, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2007, Studi Analisis Mencari Kebutuhan Daktilitas Bangunan Tak Beraturan (*Irregular Form Building*) dengan *Metode Pushover Analysis* (SAP 2000 NON LINIER). Dosen Pembimbing : Ari Wibowo, ST, MT dan Ir. Siti Nurlina, MT.

Analisis *Pushover* merupakan sebuah sarana untuk memberikan solusi yang berdasarkan *Performance Based Seismic Design* yang pada intinya adalah mencari kapasitas struktur. Prosedur analisis *Pushover* dengan memberikan beban statis dalam arah lateral yang ditingkatkan secara bertahap (*increment*) hingga mencapai target perubahan bentuk (*displacement*) tertentu.

Penulisan ini dilakukan untuk mengetahui kondisi dari struktur dari besarnya daktilitas dan tingkat kinerja pada struktur 3 dimensi dengan bentuk tidak beraturan (*asimetris*) yang di pecah-pecah menjadi struktur 2 dimensi yang lebih sederhana serta untuk mengetahui pola keruntuhan yang terjadi. Analisis dinamik memberikan banyak mode-mode natural dari perilaku struktur. Untuk mendapatkan gaya yang diberikan pada analisis *pushover* dilakukan analisis modal. Masing-masing gaya dari analisis modal dilakukan respon kombinasi dengan CQC (*Complete Quadratic Combination*) atau SRSS (*Square Root of the Sum of Square*).

Dalam perencanaan struktur ini, dilakukan perhitungan tingkat kinerja struktur dengan pembebanan berdasarkan peraturan yang berlaku serta gambar dan mutu yang sesuai dengan rencana kerja dan syarat.

Hasil analisis *pushover* didapatkan besarnya deformasi lateral pada portal sebesar 10,1 cm. Besarnya drift ratio adalah 0,23 %, maka tingkat pelayanan struktur berdasar ACMC 2001 tergolong pada kondisi batas layan (*serviceability limit state*) sedangkan menurut ATC 40 bangunan pada kondisi operasional (*immediate occupancy*).

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Metode baru tentang penghitungan gempa semakin berkembang. Hal ini harus diperhatikan sebagai langkah melakukan pendekatan terakurat pada proses penghitungan beban dinamis tersebut. Dan tidak dilupakan sekarang ini juga terjadi peningkatan yang sangat pesat terhadap berbagai jenis software yang berkompeten dan sangat aplikatif untuk diterapkannya suatu metode yang digunakan dalam perhitungan. Suatu bangunan dalam hal kekuatan beban gempa salah satunya sangat ditentukan oleh daktilitas yang dimiliki oleh struktur tersebut.

Salah satu dari metode yang sekarang ini digunakan adalah *Push Over Analysis* (ATC 40, 1997). Pada dasarnya metode ini cukup sederhana, yaitu suatu beban statis tertentu diberikan secara *incremental* dalam arah lateral pada pusat massa tiap lantai bangunan hingga tercapai keruntuhan pada elemen struktur atau batasan *displacement*-nya terlampaui.

Perencanaan harus dapat mengetahui perilaku struktur pada saat terjadinya gempa. Suatu struktur bangunan dengan daktilitas tertentu ketika terkena beban gempa dengan periode ulang tertentu harus mempunyai ketahanan gempa sesuai dengan perencanaan, sehingga dapat diketahui tingkat kerusakannya (*damage index*) pada saat terkena gempa dengan periode tersebut. Untuk mendapatkan nilai *damage index* pada periode tertentu berdasarkan rasio daktilitas diperlukan suatu analisis yang rumit dan program komputer masih sangat sedikit untuk analisis hal ini. Tingkatan *damage index* dapat digantikan dengan tingkat kinerja struktur dengan mencari besarnya deformasi lateral (*drift*) pada atap.

Pada penelitian sebelumnya kebanyakan bentuk bangunan yang dianalisis adalah bangunan dengan bentuk yang simetris, sebagai contoh : skripsi dengan judul “ PERHITUNGAN PERFORMA BANGUNAN PADA GEDUNG KULIAH TEKNIK SIPIL (GEDUNG A) UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN ANALISIS *PUSHOVER* “ oleh Yustina Nurhayati. Gedung yang dianalisis adalah gedung dengan bentuk yang simetris dimana dimungkinkan berbagai hasil yang diharapkan akan tidak sekompleks bangunan yang tidak beraturan (*Irregular Form Building*) dan kemungkinan untuk hasil yang sesuai dengan teori yang telah berlaku.

Desain dengan bentuk bangunan tidak beraturan diharapkan akan menambah ilmu dan pencermatan hasil yang semakin variatif dalam menggunakan analisis *pushover*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti, yaitu :

1. Berapa besarnya daktilitas yang dihasilkan pada bangunan tak beraturan hasil desain setelah dilakukan analisis Pushover ?
2. Berapa besarnya deformasi lateral (drift) yang terjadi pada struktur bangunan tersebut dengan bentuk yang tidak beraturan. ?
3. Bagaimana performa struktur ?

1.3 Tujuan

Tujuan yang diharapkan dalam penganalisaan ini adalah :

- o Untuk mengetahui kebutuhan daktilitas pada suatu bangunan tak beraturan dengan Pushover Analysis.
- o Untuk mengetahui pola keruntuhan pada *Irregular form buildings*.

1.4 Manfaat

Dalam penganalisaan ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut :

- o Bagi para mahasiswa agar dapat mengaplikasikan analisis *pushover* dalam perhitungan kebutuhan daktilitas.
- o Diharapkan perhitungan ini dapat digunakan sebagai alternatif studi dengan menggunakan analisis pushover.

1.5 Batasan Masalah

Untuk menghindari kemungkinan semakin bertambahnya masalah, maka ruang lingkup permasalahan harus dibatasi dengan jelas. Batasan-batasan permasalahan antara lain :

- o Pembebanan berdasarkan Peraturan Pembebanan untuk Gedung 1983.
- o Bentuk bangunan adalah bentuk yang direncanakan sendiri (virtual).
- o Mutu bahan ditentukan sendiri dengan tidak terlalu menyimpang dari mutu pada umumnya yang tersedia di pasaran.
- o Pemodelan bangunan dilakukan secara dua dimensi.
- o Perhitungan analisis struktur menggunakan SAP 2000 non-linear dengan beban gempa berupa statik non-linear *pushover*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Analisa struktur tidak beraturan akibat pembebanan gempa sangat sulit untuk menggambarkan perilaku strukturnya. Perilaku struktur menjadi tidak seragam pada tiap-tiap lantainya yang kemudian menghasilkan rotasi horisontal. Rotasi horisontal tersebut dapat digunakan sebagai acuan penentuan besarnya momen torsi pada setiap elemen struktur, sehingga tidak terjadi keruntuhan pada waktu terjadi gempa dengan periode ulang tertentu.

Suatu elemen struktur yang mengalami pembebanan akan menunjukkan perilaku atas pembebanan tersebut. Elemen struktur tersebut akan mengalami peningkatan linier, dimana besarnya regangan sebanding dengan tegangannya yang biasa disebut kondisi elastis. Penambahan beban akan mengakibatkan peningkatannya tidak linier lagi sampai mencapai keruntuhan, kondisi ini disebut kondisi plastis. Sedangkan untuk struktur secara keseluruhan sifat non-linier muncul karena : adanya efek $P-\Delta$ pada bangunan, adanya displacement yang besar dan bentuk geometri dari bangunan itu sendiri.

Tingkat daktilitas struktur sangat berhubungan dengan tingkat pelayanan (performa), dimana semakin besar tingkat daktilitas struktur akan memberikan suatu perpindahan lateral yang semakin besar dan tingkat pelayanan dari struktur tersebut menjadi sangat jelek. Tingkat pelayanan ini dapat secara nyata terlihat pada waktu terjadi gempa, pergerakannya akan sangat terasa akan mengakibatkan kerusakan pada tiap-tiap subsistem struktur gedung.

Analisa statik non-linier pushover merupakan suatu metode perhitungan yang berdasarkan filosofi Desain Gempa Berdasarkan Daya Guna yang mempunyai 2 elemen utama pada prosedur perhitungannya, yaitu tuntutan gaya gempa (demand) dan kapasitas dari struktur (capacity). Secara garis besar langkah-langkah yang harus dilakukan pada analisa pushover adalah menghitung kapasitas struktur dan menentukan besarnya demand dengan periode ulang tertentu, yang kemudian dari kedua grafik ini dicari titik dimana kapasitas struktur mampu menahan demand yang diberikan.

Kapasitas, demand, performa dalam ATC 40, 1997 secara garis besar adalah :

- Kapasitas
Besarnya nilai kapasitas ini sangat tergantung pada kekuatan dan besarnya deformasi dari masing-masing elemen struktur. Pada analisa non-linier kapasitas struktur telah melebihi batas elastisnya hingga mencapai kondisi diambang keruntuhan.
- Demand

Merupakan suatu bentuk pembebanan gempa yang digambarkan dalam bentuk respon spektrum dari suatu pencatatan kejadian gempa pada suatu lokasi tertentu.

- Daya Guna

Nilai performa ini sangat tergantung pada kapasitas struktur yang tersedia untuk mengatasi demand yang ada, dengan kata lain struktur harus memiliki kapasitas untuk menahan demand dari gempa sedemikian rupa, sehingga daya guna dari struktur sesuai dengan objektifitas desain yang diinginkan.

2.2 Daktilitas

Salah satu hal penting yang perlu ditambahkan dalam pertimbangan kekuatan dan tingkat pelayanan bangunan adalah "daktilitas". Ini penting untuk dimasukkan pada kejadian luar biasa dari struktur yang dibebani sampai hancur, dimana struktur itu akan memiliki perilaku daktail. Ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa struktur itu tidak akan runtuh tanpa memberikan peringatan atau tanda-tanda tetapi akan memberikan tanda-tanda kehancuran dengan terlebih dahulu berdeformasi sampai batas maksimum kapasitas beban yang diizinkan. Dengan adanya deformasi yang terjadi melalui terjadinya lendutan maka beban maksimum dapat selalu terjaga sehingga kehancuran fatal struktur dapat dihindari juga untuk menghinadari jatuhnya korban. Selanjutnya perilaku daktail dari struktur perlu digunakan dalam desain.

Dalam desain kapasitas yang diminta untuk beban gempa, daktilitas menjadi sangatlah penting untuk dipertimbangkan. Ini dikarenakan untuk memenuhi bahwa apabila suatu struktur atau bangunan tidak akan langsung runtuh saat terjadinya gempa. (R. Park and T. Paulay : Reinforced Concrete Structures, hal 7)

Untuk jenis daktilitas akan diuraikan sebagai berikut :

1. Daktilitas Regangan

Sumber dasar dari daktilitas adalah kemampuan material secara umum/struktur untuk menopang atau menahan regangan plastis tanpa pengurangan yang berarti pada tegangan.

$$\mu_e = \varepsilon / \varepsilon_y$$

ε = total regangan yang terjadi

ε_y = regangan leleh

Regangan yang terjadi tidak diperbolehkan melebihi kapasitas regangan maksimum yang diperbolehkan. Sebagai buktinya bahwa beton menunjukkan keterbatasan untuk hal daktilitas regangan dalam keadaan tekan. Oleh karena itu, ini dapat mengalami kenaikan yang signifikan jika beton yang tertekan secara tepat dibatasi. Jika keadaan regangan inelastis diharapkan terjadinya sangat kecil maka daktilitas regangan akan terjadi. Daktilitas regangan dibatasi dengan

$$\mu_e = \varepsilon / \varepsilon_y \geq 2$$

Apabila perlu bisa diperbolehkan lebih dari 2, maka ini menunjukkan bahwa daktilitas regangan juga dapat dikatakan sebagai daktilitas terbatas, dimana struktur diproporsikan dalam keadaan yang memungkinkan struktur memberikan respons inelastik terhadap beban siklis yang bekerja tanpa mengalami keruntuhan getas.

2. Daktilitas Curvature

Suatu keadaan yang dibutuhkan sebagai sumber dari perubahan bentuk struktur inelastis adalah rotasi pada sendi plastis yang terjadi. Itu sangat berguna untuk menghubungkan daerah rotasi per unit panjang yang disebabkan oleh momen lentur yang terjadi. Daktilitas curvature maksimum ditunjukkan dengan :

$$\mu_\phi = \phi_m / \phi_y$$

Dimana ϕ_m adalah maksimum curvature yang ingin dicapai dan ϕ_y adalah curvature leleh.

(a) curvature leleh diperhitungkan dari daktilitas yang diminta didasarkan pada asumsi hubungan antara daktilitas dan faktor pengurangan gaya. Hubungan yang bervariasi didasarkan pada elastoplastic atau dua garis lurus yang tepat bertemu antara kekuatan dari struktur dan displacement response. Sebagai konsekuensinya, ini perlu ketika memperkirakan kapasitas daktilitas pada kemampuan sebenarnya struktur dalam merespon beban yang terjadi.

(b) curvature maksimum. Curvature maksimum yang dicapai atau *ultimit curvature* seperti secara umum diakhiri, secara normal dikontrol oleh tegangan tekan maksimum ϵ_{cm} pada serat terekstrim.

$$\phi_m = \epsilon_{cm} / c_u$$

Dimana C_u adalah jarak garis netral pada ultimit curvature.

Prediksi kegagalan/kehancuran untuk rangka beton bertulang dibawah beban gravitasi dan beban lateral akibat gempa diukur berdasarkan kebutuhan daktilitas untuk balok dan kolom (Banon et. Al., 1981). Hal ini dikarenakan bahwa batang beton bertulang saat dikenai deformasi inelastis siklik akan mengalami penurunan kekakuan dan kekuatan. Dalam hal ini identifikasi kerusakan di dasarkan pada daktilitas kurvatur yang dimiliki apakah mencukupi daktilitas kurvatur yang dibutuhkan untuk daktilitas perpindahan yang direncanakan.

Untuk itu dalam studi ini, dilakukan analisa daktilitas struktur. Proses analisa dilakukan sebagai berikut :

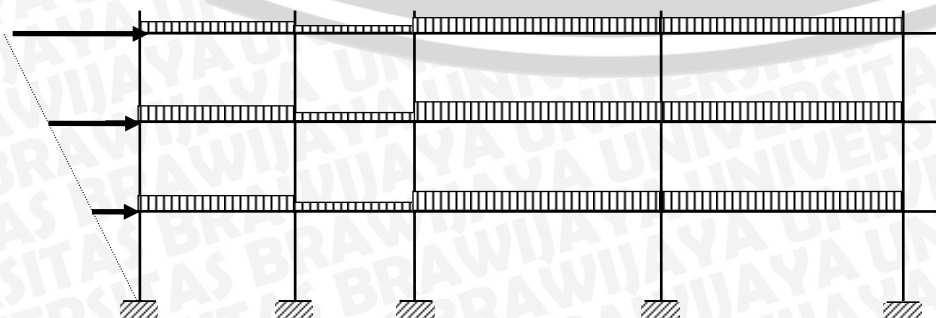
- 1) Direncanakan beban yang akan bekerja pada struktur, baik beban gravitasi maupun gempa statis.
- 2) Dilakukan analisa struktur untuk mendapatkan gaya-gaya dalam dari kolom dan balok, melalui pembebanan gravitasi dan pembebanan lateral yang meningkat untuk mengetahui kapan terjadinya leleh pertama. Karena yang diinginkan adalah mekanisme yang terjadi pada saat leleh pertama terjadi pada penampang kritis, maka prediksi penampang kolom dan balok adalah sudah retak.
- 3) Dilakukan analisa momen kurvatur pada penampang kolom dan balok.
- 4) Tinjau mekanisme yang terjadi lebih dahulu apakah *column sidesway mechanism* atau *beam sidesway mechanism*, dengan meninjau elemen apa yang lebih dahulu mengalami leleh pada penampang kritis yang direncanakan terjadi sendi plastis. Peninjauan dilakukan dengan melihat hasil analisa pushover dari output SAP 2000 Non Linear.

Pada tahap ini juga diamati apakah terjadi mekanisme terburuk yang dapat terjadi, yaitu *soft storey mechanism*.

- 5) Sesuai mekanisme yang di dapat pada tahap sebelumnya, maka di hitung berapa daktilitas kurvatur yang dibutuhkan (μ_{ϕ} butuh) dan yang dimiliki (μ_{ϕ} ada) oleh struktur untuk daktilitas perpindahan yang direncanakan (μ_{Δ}).

Pada tahap ini dapat dilihat apakah kebutuhan ini sudah tercukupi atau belum.

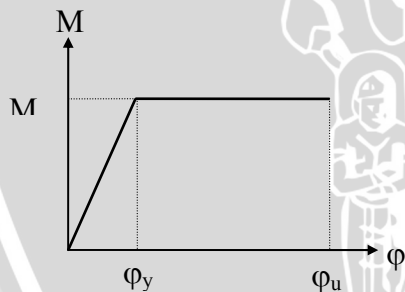
Mekanisme Kehancuran Statis (Static Collaps Mechanism)



Gambar A. Contoh asumsi pembebanan pada mekanisme kehancuran statik

Sebagai masalah adalah struktur frame yang dikenai beban gravitasi dan gempa. Untuk penyederhanaan, diambil asumsi sebagai berikut :

1. Penampang dari batang frame mempunyai karakteristik momen-kurvatur bilinear, tapi tidak selalu dengan harga M_u , ϕ_y , dan ϕ_u yang sama. Untuk balok, besaran ini tergantung dari sifat penampang. Untuk kolom, tingkat beban aksial pada permulaan leleh juga mempunyai pengaruh. Asumsi ini mengabaikan kekakuan lentur yang lebih besar dari batang yang tidak retak dan kekakuan lentur yang lebih besar diantara retak. Karenanya, deformasi elastis terhadap lentur agak overestimate.
2. Hanya deformasi dari batang terhadap lentur yang akan diperhatikan. Ini adalah asumsi yang dapat diterima untuk struktur rangka (frame) yang tidak mempunyai balok tinggi . Pengabaian dari perpindahan terhadap geser akan berkompensasi terhadap adanya over estimasi pada perpindahan lentur elastis.
3. Saat beban gempa pada rangka meningkat sampai leleh terjadi, leleh akan terjadi di semua penampang kritis pada beban yang sama dan pada penampang yang cukup untuk membentuk mekanisme. Kondisi ini akan jarang terjadi di dalam praktek karena adanya variasi dari kekuatan aktual baja dan beton , dan distribusi aktual dari pembebanan oleh gempa pada struktur. Bagaimanapun juga asumsi ini akan memungkinkan untuk mendapatkan hasil sederhana yang masuk akal.



Gambar B. Asumsi kurva Momen-kurvatur

PERPINDAHAN LATERAL SAAT LELEH PERTAMA

Gambar di bawah ini menunjukkan distribusi kurvatur pada kolom tipikal saat beban lateral telah meningkat sampai pada menimbulkan leleh pada frame. Distribusi kurvatur pada kolom mengikuti bentuk dari diagram momen lentur, karena momen masih berada pada daerah linear dari hubungan momen-kurvatur. Kurvatur dari kolom akan berbeda dari lantai ke lantai karena adanya perbedaan penampang dan tingkat beban aksial. Defleksi lateral pada tiap tingkat kolom relatif terhadap tanah adalah menghitung momen dari diagram kurvatur terhadap level. Untuk adanya kurvatur positif dan negatif dalam kolom, defleksi lateral pada tingkat teratas pada frame r -lantai saat leleh pertama terhadap dasar struktur adalah :

$$\Delta_y = \phi_{cl} l_c \left(r l_c - \frac{l_c}{2} \right) - \phi_{cl} \left(1 + \frac{1 - \beta_1}{\beta_1} \right) \frac{l_c}{2} \left(r l_c - \frac{2 l_c}{3} \right)$$

$$\begin{aligned}
& + \varphi_{c2} l_c \left(r l_c - \frac{3l_c}{2} \right) - \varphi_{c2} \left(1 + \frac{1-\beta_2}{\beta_2} \right) \frac{l_c}{2} \left(r l_c - \frac{5l_c}{3} \right) + \dots \\
& + \varphi_{ci} l_c \left(r l_c - \left(i - \frac{1}{2} \right) l_c \right) - \varphi_{ci} \left(1 + \frac{1-\beta_i}{\beta_i} \right) \frac{l_c}{2} \left(r l_c - \left(i - \frac{1}{3} \right) l_c \right) + \dots \\
& + \varphi_{cr} \frac{l_c^2}{2} - \varphi_{cr} \left(1 + \frac{1-\beta_r}{\beta_r} \right) \frac{l_c^6}{6} \\
= & + \frac{l_c^6}{6} \sum_{i=1,2,\dots,r} \frac{\varphi_{ci}}{\beta_i} [6\beta_i(r-i+0.5) - 3(r-i) - 1]
\end{aligned} \tag{1}$$

Apabila diasumsikan bahwa titik balik kelengkungan kolom terjadi pada 0,6 tinggi kolom pada kolom dasar dan pada tengah tinggi dari kolom pada lantai yang lainnya, maka :

$$\beta_1 = 0,6 \text{ dan } \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_r = 0,5$$

$$\Delta_y = \frac{l_c^6}{6} \left[\varphi_{c1} \left(r + \frac{1}{3} \right) + \varphi_{c2} + \varphi_{c3} + \dots + \varphi_{cr} \right]$$

BEAM SIDESWAY MECHANISM

$$\theta_u = \frac{\Delta_u - \Delta_y}{r l_c}$$

dimana karena deformasi adalah kecil, maka rotasi plastis pada balok dan pada dasar kolom dapat dihubungkan sebagai :

$$\delta = l \theta_{pc} = l_b \theta_{pb}$$

Substitusi pers. (4) ke (3) menghasilkan :

$$\theta_{pb} = \theta_{pc} \frac{l}{l_b} = \frac{\Delta_u - \Delta_y}{r l_c} \frac{l}{l_b}$$

sehingga :

$$\Delta_u = \Delta_y + \frac{r l_c l_b}{l} \theta_{pb}$$

atau dalam bentuk lain :

$$\mu = 1 + \frac{r l_c l_b}{l} \theta_{pb} / \Delta_y$$

dimana $\theta_{pb} = (\varphi_{ub} - \varphi_{yb}) / l_{pb}$

COLUMN SIDESWAY MECHANISM

Lateral deflection pada masing-masing tingkat ketika ultimate curvature terjadi pada kolom di tingkat tersebut dijelaskan pada rumus berikut :

$$\Delta_u = \Delta_y + \theta_{pc} [l_c - 0,5(l_{pc} + l'_{pc})]$$

Daktilitas perpindahan adalah :

$$\mu = 1 + \frac{\theta_{pc}}{\Delta_y} [l_c - 0,5(l_{pc} + l'_{pc})]$$

3. Daktilitas Perpindahan

ukuran yang tepat untuk mengevaluasi antara daktilitas yang dibebani pada suatu struktur dengan beban gempa atau kapasitas struktur untuk meningkatkan daktilitas adalah perpindahan. Rumus daktilitas perpindahan :

$$\mu_{\Delta} = \Delta / \Delta_y$$

Dimana $\Delta = \Delta_y + \Delta_p$

Δ_y = saat leleh pertama

Δ_p = saat kondisi plastis penuh

2.3 Analisa Struktur

Pada penelitian ini analisa struktur menggunakan program bantuan komputer yaitu SAP 2000. Analisa ini digunakan dalam program ini adalah metode elemen hingga (*finite elemen method*) yang merupakan perluasan dari metode perpindahan (*displacement method*) atau yang lebih dikenal dengan metode kekakuan (*stiffness method*). Sebelum masuk kedalam pembahasan metode elemen hingga akan diberikan penjelasan mengenai metode kekakuan.

Metode kekakuan mempunyai tingkat analisa yang lebih baik dibandingkan dengan metode gaya (*force method*). Pada metode gaya besaran yang tidak diketahui adalah gaya kelebihan (*redundant*) yang dipilih secara sembarang, sedangkan dalam metode kekakuan yang tidak diketahui adalah perpindahan titik kumpul struktur. Perpindahan titik kumpul struktur dalam metode kekakuan menghasilkan jumlah yang tidak diketahui sama dengan derajat ketidak-tentuan (*indeterminacy*) kinematis yang lebih banyak lagi.

Secara matematis metode kekakuan merupakan hubungan gaya dan perpindahan yang dapat ditulis :

$$\{F\} = [K] \cdot \{X\}$$

Dimana $\{F\}$ merupakan gaya-gaya yang diberikan pada titik diskrit akibat diberikan perpindahan sebesar $\{X\}$ pada titik tersebut, $[K]$ menyatakan kekakuan dari struktur.

Metode elemen hingga (*finite elemen method*) merupakan metode yang membagi-bagi suatu kontinum menjadi beberapa bagian kecil yang berhingga (bukan kecil tak berhingga) dan dihubungkan bersama-sama hingga disebut proses diskritisasi (pembagian). Dengan menggunakan metode elemen hingga kita mengubah suatu masalah yang memiliki jumlah derajat kebebasan tertentu, sehingga dalam pemecahannya akan lebih sederhana.

Konsep analisa metode elemen hingga ialah dengan menganggap bentuk perpindahan atau pola tegangan dalam elemen dan menggunakan dalil energi akan didapatkan penurunan dari matrik kekakuan yang menghubungkan gaya simpul (nodal force) dan perpindahan titik simpul-titik simpul pada elemen.

2.3.1 Waktu Getar Alami Struktur

Suatu osilator yang diberikan suatu gaya / digetarkan akan bergerak sesuai dengan gaya yang diberikan, semakin besar gaya yang diberikan maka waktu yang dibutuhkan untuk kembali ke keadaan diam semakin lama. Akan tetapi, periode waktu yang diperlukan untuk kembali ke posisi awal adalah tetap (*konstan*). Perubahan amplitudo sampai mencapai keadaan diam merupakan pengaruh dari gaya gesekan (*friction*) atau gaya redam (*damping*).

Struktur atau benda yang mengalami kondisi getaran bebas (*free vibration*) strukturnya sama sekali tidak dipengaruhi oleh gaya luar (gaya atau gerak penyokong) dan gerakanya hanya dipengaruhi oleh kondisi awal. Pola gerak dari struktur yang bergetar bebas akan mempunyai nilai amplitudo yang konstan pada frekuensi naturalnya. Kondisi struktur yang mampu bergetar bebas sampai saat ini masih sulit didapatkan. Namun, analisis struktur yang bergerak bebas memberikan sifat dinamis yang paling penting dari struktur yaitu frekuensi natural dan perubahan bentuk (*modal shape*).

Sebuah sistem berderajat tunggal (*single degree of freedom*) yang tak teredam (*undamped*) dapat dirumuskan dalam persamaan gerak oleh d'Alembert dan hukum Newton kedua yang menyatakan bahwa sebuah sistem dapat dibuat dalam keadaan keseimbangan dinamis dengan menambahkan sebuah gaya fiktif pada gaya-gaya luar yang biasanya disebut gaya inersia. Persamaan tersebut ialah :

$$m\ddot{u} + ku = 0 \dots\dots\dots(2.3.1.a)$$

dengan : m = massa dari benda bergetar

k = kekakuan dari pegas

u = perpindahan

\ddot{u} = kecepatan

Solusi persamaan diatas dilakukan dengan pendekatan differensial orde dua sebagai berikut :

$$u = A \cos \omega t \dots\dots\dots(2.3.1.b)$$

$$u = B \sin \omega t \dots\dots\dots(2.3.1.c)$$

sedangkan: $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \dots\dots\dots(2.3.1.d)$

Konstanta A dan B merupakan konstanta yang tergantung pada kondisi awal gerak. Karena persamaan (2.3.1.b) dan (2.3.1.c) adalah solusi dari persamaan (2.3.1.a) sedangkan persamaan differensial adalah linear maka superposisi dari solusi ini adalah :

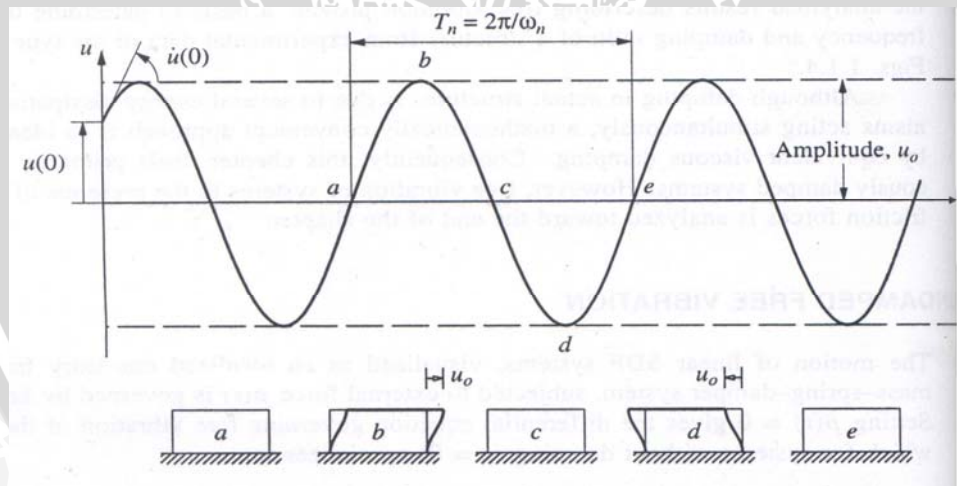
$$u = A \cos \omega t + B \sin \omega t \dots\dots\dots(2.3.1.e)$$

$$\dot{u} = -A\omega \sin \omega t + B\omega \cos \omega t \dots\dots\dots(2.3.1.f)$$

Konstanta A dan B dapat ditentukan dari perpindahan u_0 dan kecepatan \dot{u}_0 pada kondisi awal (*initial condition*) yaitu pada saat $t = 0$, oleh karena itu nilai $u_0 = A$ dan $\dot{u}_0 = B\omega$. Maka didapatkan persamaan :

$$u = u_0 \cos \omega t + \frac{\dot{u}_0}{\omega} \sin \omega t \dots\dots\dots(2.3.1.g)$$

yang merupakan perpindahan u dari osilator sederhana sebagai fungsi dari variabel waktu t. Berikut ditampilkan grafik fungsi dari perpindahan dari persamaan (2.3.1.g) :



Gambar 2.1. Getaran bebas dari sistem tak teredam

Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa getaran tersebut merupakan gerak harmonis (*harmonic*) dan oleh karena itu periodik. Titik a-b-c-d-e pada grafik perpindahan-waktu menggambarkan satu putaran dari sistem yang bergetar bebas.

$$T_n = \frac{2\pi}{\omega_n} \dots\dots\dots(2.3.1.h)$$



$$f_n = \frac{1}{T} = \frac{\omega_n}{2\pi} \dots\dots\dots(2.3.1.i)$$

- dengan : T_n = periode natural dari sistem
- f_n = frekuensi natural dari sistem
- ω_n = frekuensi natural siklis

Penentuan frekuensi natural dan pola normal (*normal modes*) dari struktur bangunan yang terdiri dari beberapa lantai dengan kekakuan dan massanya masing-masing dilakukan dengan vektor gaya {F} sama dengan nol. Hal ini dapat dilakukan dengan menganggap bahwa tiap lantai dari struktur berupa gumpalan massa dengan kekakuan tiap-tiap antar lantai. Pada analisis ini kekakuan antar lantai hanya ditinjau pada arah gaya saja dan tidak memasukkan kekakuan dari diafragma akibat rotasi.

$$[M]\{\ddot{u}\} + [K]\{u\} = \{0\} \dots\dots\dots(2.3.1.j)$$

- dengan : $u_i = a_i \sin(\omega t - \alpha)$, $i = 1, 2, 3, \dots, n$

$$\{u\} = \{a\} \sin(\omega t - \alpha) \dots\dots\dots(2.3.1.k)$$

- dengan : a_i = amplitudo gerak dari koordinat ke- i

- [M] = matrik massa
- [K] = matrik kekakuan

untuk kolom dengan kedua ujungnya terjepit : $k = \frac{12EI}{L^3} \dots\dots\dots(2.3.1.l)$

untuk kolom dengan satu ujung terjepit dan ujung lain berengsel : $k = \frac{3EI}{L^3} \dots\dots(2.3.1.m)$

Substitusikan persamaan (2.2.1.k) kedalam persamaan (2.2.1.j) didapatkan :

$$[[K] - \omega^2[M]] \{a\} = \{0\} \dots\dots\dots(2.3.1.n)$$

Permasalahan matematis ini merupakan kumpulan n buah sistem aljabar homogen dari persamaan linear dengan n derajat kebebasan dari besaran perpindahan a_i yang tak diketahui dan juga parameter ω^2 . Persamaan (2.2.1.n) yang merupakan permasalahan "*eigenproblem*". Solusi nontrivialnya dengan tidak semua harga $a_i = 0$, maka diperlukan faktor-faktor matrik {a} sama dengan nol.

$$[[K] - \omega^2[M]] = 0 \dots\dots\dots(2.3.1.o)$$

Solusi dari persamaan (2.2.1.o) mempunyai bentuk persamaan polynomial derajat n dalam besaran ω^2 . Setiap harga ω^2 yang memenuhi akan didapatkan nilai-nilai a_1, a_2, \dots, a_n yang merupakan ratio amplitudo dari perpindahan yang terjadi pada struktur. Matrik {a} dapat juga disebut *matrik normalisasi* yang nantinya digunakan untuk mencari besarnya *displacement* yang terjadi pada struktur.

2.3.2 Waktu Getar Rayleigh

Penyelesaian dari persamaan differensial dari sistem yang bergetar bebas menggunakan prinsip *kerja virtual* telah dijelaskan diatas. Metode lain dapat digunakan untuk memecahkan keseimbangan dinamis dari sistem yang bergetar bebas dengan menggunakan prinsip kekekalan energi (*principle of conservation of energy*). Prinsip kekekalan energi ialah bila tak ada gaya luar yang bekerja pada sistem dan tak ada kehilangan energi akibat redaman maka energi total dari sistem harus tetap konstan selama gerakan.

Frekuensi natural dari metode Rayleigh dengan menggunakan prinsip kekekalan energi didapatkan dengan menyamakan energi kinetis maksimum dengan energi potensial maksimum.

$$\omega = \sqrt{\frac{g \sum m_i y_i}{\sum m_i y_i^2}} \dots\dots\dots(2.3.2.a)$$

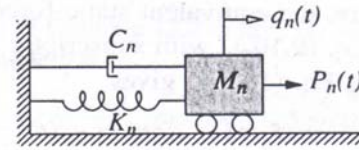
$$T = 6,3 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n W_i y_i}{g \sum_{i=1}^n F_i y_i}} \dots\dots\dots(2.3.2.b)$$

Pada perencanaan suatu struktur nilai dari metode rayleigh merupakan batasan dari kenyamanan struktur dengan pembebanan gempa. Berdasarkan SNI-1726-2002 waktu getar alami dari struktur boleh menyimpang lebih dari 20% (keatas atau kebawah) bila digunakan analisis matematis lain.

2.3.3 Analisis Respon Modal

Analisis respon modal difungsikan untuk menentukan besarnya respon struktur terhadap beban gempa yang diberikan. Dari analisis ini akan didapatkan besarnya gaya horisontal yang terjadi pada struktur dari berbagai mode yang terjadi pada struktur. Pada penulisan ini analisis dilakukan dengan anggapan terjadi pergerakan pada satu arah sumbu saja, sehingga besarnya nilai rotasi tidak dimunculkan. Meskipun, nilai rotasi tidak dapat diberikan nilai ini bisa diperoleh dari perhitungan perpindahan yang terjadi pada portal ujung-ujung yang kemudian dicari besar dari sudut selisih nilainya.

Analisis modal pada sistem berderajat banyak (*multi degree freedom*) tidak terlepas dari persamaan gerak :



Gambar 2.2. Sistem single degree freedom

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = P(t) \dots\dots\dots(2.3.3.a)$$

dengan gaya eksternal pada struktur adalah $P(t)$, sedangkan parameter lain telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Tetapi, dalam analisis modal nilai *damping* tidak dibutuhkan karena *damping* sesungguhnya dapat dicari dari analisis *pushover*. Analisis modal dapat dihasilkan dari respon riwayat waktu dan respon spektra, tetapi sebelum membahas penggunaan respon spektra dalam analisis modal dilakukan pembahasan terlebih dahulu pada respon riwayat waktu. Hal ini dilakukan karena pada dasarnya respon spektra merupakan hasil penggambaran dari respon riwayat waktu.

Pada persamaan (2.2.3.a) besarnya perpindahan u dari sistem MDF diberikan dalam bentuk kontribusi modal :

$$u(t) = \sum_{r=1}^N \phi_r q_r(t) = \Phi q(t) \dots\dots\dots(2.3.3.b)$$

- dengan : Φ = Matrik modal
- ϕ_r = Matrik normalisasi pada mode ke-r
- q_r = Koordinat modal pada mode ke-r

Jadi lebih tepatnya dari persamaan (2.2.3.b) besarnya perpindahan u didapatkan dari koordinat modal yang telah dinormalisasikan. Jika mode ke-r dipadukan dengan mode ke-n dengan mengalikan tiap bagian dengan ϕ_n^T persamaan gerak dinamis menjadi :

$$\sum_{r=1}^N \phi_n^T m \phi_r \ddot{q}_r + \sum_{r=1}^N \phi_n^T c \phi_r \dot{q}_r + \sum_{r=1}^N \phi_n^T k \phi_r q_r = \phi_n^T p(t)$$

Bila ditulis secara ringkas dan persamaan modal dalam sistem gerak tersebut menggunakan *classical damping* dengan $r \neq n$ menjadi :

$$M_n \ddot{q}_n + C_n \dot{q}_n + K_n q_n = P_n(t) \dots\dots\dots(2.3.3.c)$$

Untuk menentukan besarnya kontribusi modal pada $P_n(t)$ dipakai vektor s sebagai gaya semu yang terjadi pada struktur :

$$P(t) = -ml \ddot{u}_g(t) = sp(t) \dots\dots\dots(2.3.3.d)$$

Dengan vektor s :



$$s = -ml = \Gamma_n m \emptyset_n \dots \dots \dots (2.3.3.e)$$

$$\Gamma_n = \frac{L_n}{M_n} \quad L_n = \phi_n^T ml \quad M_n = \phi_n^T m \phi_n$$

dengan : M_n = matrik diagonal massa

C_n = damping

K_n = matrik diagonal kekakuan

m = unit mass

l = vektor gaya

Γ_n = faktor partisipasi modal

Jika dikembalikan dalam persamaan gerak dinamis :

$$\ddot{q}_n + 2\zeta_n \omega_n \dot{q}_n + \omega_n^2 q_n = \Gamma_n P_n(t) \dots \dots \dots (2.3.3.f)$$

besarnya koordinat modal q_n :

$$q_n(t) = \Gamma_n D_n(t)$$

maka didapatkan besarnya perpindahan u pada mode ke-n :

$$u_n(t) = \emptyset_n q_n(t) = \Gamma_n \emptyset_n D_n(t) \dots \dots \dots (2.3.3.f)$$

sedangkan gaya statik ekivalen f_n :

$$f_n(t) = s_n A_n(t) = \Gamma_n m \emptyset_n A_n(t) \dots \dots \dots (2.3.3.g)$$

Bila ditinjau dalam analisis respon spektra didasarkan pada nilai puncak gaya dan perpindahan. Secara ringkas gaya-gaya respon modal statis adalah sebagai berikut :

$$u_{jn} = \Gamma_n \emptyset_{jn} D_n \dots \dots \dots (2.3.3.h)$$

$$\Delta_{jn} = \Gamma_n (\emptyset_{jn} - \emptyset_{j-1n}) D_n \dots \dots \dots (2.3.3.i)$$

$$f_{jn} = \Gamma_n m_j \emptyset_{jn} A_n \dots \dots \dots (2.3.3.j)$$

$$V_{bn} = V_{bn}^{st} A_n = \Gamma_n L_n^h A_n \dots \dots \dots (2.3.3.k)$$

$$M_{bn} = M_{bn}^{st} A_n = A_n \sum_{j=1}^N h_j s_{jn} \dots \dots \dots (2.3.3.l)$$

$$\text{dengan : } \Gamma_n = \frac{L_n^h}{M_n} \quad L_n^h = \sum_{j=1}^N m_j \phi_{jn} \quad M_n = \sum_{j=1}^N m_j \phi_{jn}^2$$

dengan : D_n = perpindahan pada mode ke-n

A_n = percepatan pada mode ke-n

\emptyset_{jn} = matrik normalisasi pada mode ke-n

u_{jn} = perpindahan lantai ke-j pada mode ke-n

Δ_{jn} = drift story pada lantai ke-j dan mode ke-n

f_{jn} = gaya statik pada lantai ke-j dan mode ke-n

V_{bn} = gaya geser dasar pada mode ke-n

M_{bn} = momen guling pada mode ke-n

Besarnya gaya-gaya yang didapatkan pada masing-masing mode dari analisis respon spektra harus dikombinasikan untuk mendapatkan nilai puncak dari respon struktur. Berdasarkan SK-SNI 1726 - 2002 bab 7.2 hal 30 bahwa perhitungan respon dinamik pada gedung tidak beraturan yang memiliki waktu getar alami berdekatan dengan selisih 15% harus dilakukan metode kombinasi kuadrat lengkap (*Complete Quadratic Combination* atau CQC), sedangkan untuk jarak waktu getar alami yang berjauhan dilakukan dengan metode akar jumlah kuadrat (*Square Root of the Sum of Square* atau SRSS).

Kombinasi respon untuk metode SRSS :

$$r_o = \left(\sum_{n=1}^N r_{no}^2 \right)^{1/2} \dots\dots\dots(2.3.3.m)$$

kombinasi respon untuk metode CQC :

$$r_o = \left(\sum_{n=1}^N r_{no}^2 + \sum_{i=1}^N \sum_{n=1}^N \rho_{in} r_{io} r_{no} \right)^{1/2} \dots\dots\dots(2.3.3.n)$$

untuk $i \neq n$

dengan :

r_o = respon puncak pada struktur

r_{no} = respon pada mode ke-n

ρ_{in} = koefisien cross-corelation pada mode ke-i dan ke-n

2.4 Kinerja Struktur

Pembahasan suatu kinerja struktur dengan suatu pembebanan, sebelumnya harus memahami konsep *Strength Based Design* dan *Performance Based Design* yang akan dibahas berikut ini.

2.4.1 Strength Based Design

Konsep ini diterjemahkan dalam suatu metode desain kapasitas, dimana pengendalian pola keruntuhan struktur dilakukan melalui pemanfaatan sifat daktail dari struktur secara maksimal. Pendekatan ini mengandalkan kekuatan, kekakuan dan daktilitas struktur. Metode desain kapasitas mengontrol pola keruntuhan struktur daktail dengan merencanakan lokasi

dan tipe sendi plastis yang boleh terjadi pada struktur, sehingga tidak membahayakan komponen struktur yang lain yang dianggap lebih penting.

Analisa struktur pada metode Strength Based Design bekerja pada daerah elastis dari elemen struktur yang biasa dikenal dengan analisis linier. Pada analisa struktur linier tidak dapat menampilkan fenomena-fenomena penting yang mengontrol daya guna suatu struktur terhadap kejadian gempa kuat yang struktur tidak bersifat elastik lagi. Perilaku non-linier ini yang menyebabkan penyebaran energi dari gerakan gempa, karena pada titik tersebut sudah mencapai kapasitasnya atau muncul sendi plastis yang kemudian akan hancur (*collapse*).

Ada dua macam batasan kinerja struktur dalam konsep Strength Based Design (Paulay, 1992) adalah sebagai berikut :

1. Serviceability Limited State

Titik berat dari kriteria ini adalah pengontrolan dan pembatasan displacement yang terjadi selama gempa berlangsung. Kerusakan-kerusakan minor pada elemen non-struktural masih diijinkan, tetapi tidak diperkenankan terjadi kelelahan tulangan elemen struktur.

2. Survival Limit State

Prinsip utama dari kriteria ini adalah sedapat mungkin mencegah kehilangan nyawa manusia, ketika terjadi gempa yang paling kuat. Struktur yang mengalami perpindahan lateral yang besar harus tetap mampu menahan beban grafitasi dengan mempertahankan kehilangan kekuatannya, sehingga perpindahan lateralnya sekecil mungkin.

Dari penjelasan diatas dapat diketahui bahwa konsep Strength Based Design juga memperhatikan tingkat kinerja struktur, tetapi hanya terbatas pada kondisi elastis dan kemudian runtuh. Hal ini tidak dapat menggambarkan tingkat kinerja struktur pada waktu terjadi gempa kuat yang akan menghasilkan kondisi inelastik sebelum mengalami keruntuhan. Tingkat kinerja struktur non-linier pada bangunan tahan gempa dapat diketahui dengan konsep pendekatan baru yang dinamakan *Performance Based Design*.

2.4.2 Performance Based Design

Metodologi yang didasarkan pada performance based design ini merupakan kriteria desain dan evaluasi yang diekspresikan sebagai obyektifitas dari daya guna struktur. Hal tersebut dapat menetapkan berbagai tingkatan kinerja struktur (*multiple performance objektif elevel*), dimana tingkatan kinerja dari struktur bangunan merupakan pilihan yang dapat direncanakan pada tahap awal dengan berbagai kondisi batas. Kondisi batas ini bersifat

fleksibel, karena merupakan kesepakatan dari pihak pemilik bangunan dan perencana. Tujuan utama dari performance based design adalah mencitakan bangunan tahan gempa yang daya gunanya dapat diperkirakan.

Performance based design mempunyai dua elemen utama dalam perencanaannya yaitu kapasitas struktur (*capacity*) dan beban (*demand*). Beban merupakan representasi dari gerakan tanah akibat gempa bumi, dimana yang akan digambarkan sebagai kurva respon spektrum. Kapasitas struktur adalah kemampuan dari struktur untuk menanggulangi gaya gempa tanpa mengalami kerusakan. Salah satu analisis yang dapat menggambarkan kapasitas struktur secara keseluruhan adalah analisis *pushover*. Dari analisis pushover didapatkan suatu titik *performance point* yang merupakan perpotongan antara kurva demand dengan kurva capacity. Performance point merupakan estimasi dimana kapasitas struktur mampu menahan beban yang diberikan. Dari titik kinerja ini dapat diketahui tingkat kerusakan struktur berdasarkan perpindahan lateralnya (*drift*).

Asian Concrete Model Code (ACMC) adalah suatu standar yang diharapkan dapat memberikan standarisasi terhadap berbagai macam standar negara-negara di wilayah asia. Sesuai dengan tujuan desain gempa berdasarkan daya guna (performance based seismic design) yaitu penetapan kinerja struktur dari berbagai tingkat intensitas gempa dan beberapa kondisi batas rencana, ACMC menetapkan tiga tingkatan intensitas gempa dengan rentang periode ulang gempa yang dapat disesuaikan, tergantung kepada fungsi dan umur efektif bangunan tersebut, yaitu :

1. gempa kecil sampai sedang (*minor to moderate earthquake*) dengan periode ulang 20-200 tahun. Gempa ini dapat terjadi beberapa kali selama umur efektif bangunan.
2. gempa kuat (*severe earthquake*) dengan periode ulang 500 tahun. Gempa ini dapat terjadi sekali selama umur efektif bangunan.
3. gempa terkuat (*ultimate earthquake*) dengan periode ulang 1000 tahun atau lebih. Gempa ini terjadi pada lokasi bangunan yang berada pada kawasan rawan gempa.

ACMC menetapkan tiga kondisi batas yang dapat disesuaikan oleh perencana struktur sebagai dasar untuk memeriksa dan mengevaluasi kinerja bangunan terhadap gempa. Masing-masing kondisi batas harus memiliki beberapa kriteria penilaian, seperti tingkat kerusakan (*damage index*), batasan tingkatan antar tingkat (*drift*) dan lain sebagainya. Tiga kondisi batas ACMC tersebut adalah :

1. *Serviceability Llimit State*

Pada batasan ini fungsi bangunan dapat dipertahankan, dalam arti kegiatan operasional masih bisa tetap berfungsi. Kerusakan yang terjadi hanya pada elemen-elemen non-

struktural saja. Selain itu, tidak terjadi sendi plastis pada elemen strukturr yang pada mulanya memang direncanakan untuk mengalami sendi plastis, walaupun elemen struktur tersebut telah mengalami retak.

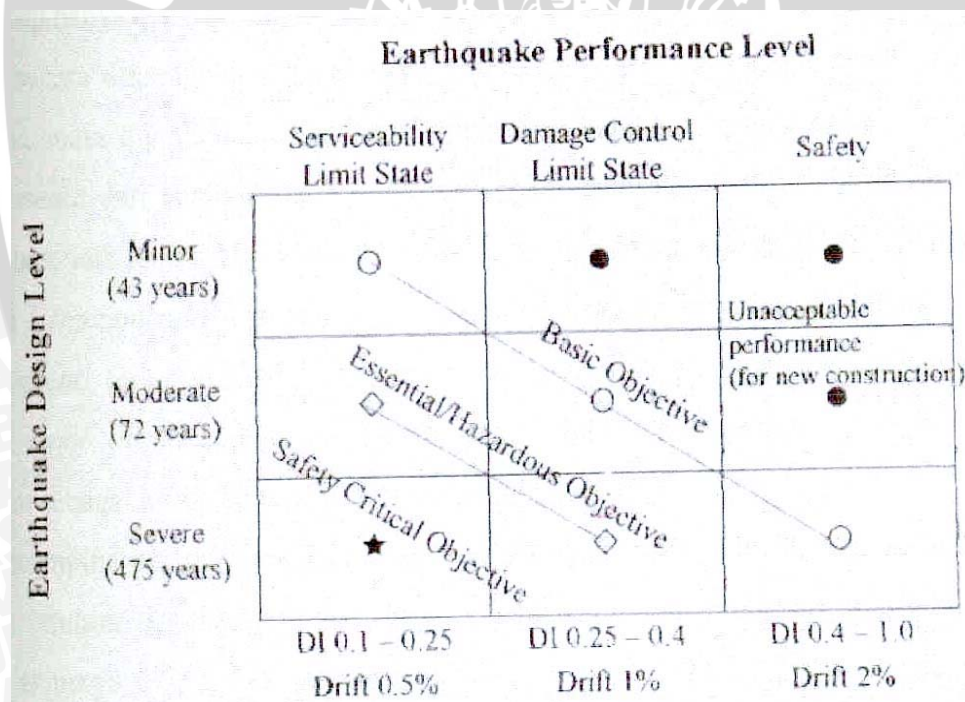
2. *Damage Kontrol Limit State*

Pada batasan ini kerusakan yang terjadi pada daerah sendi plastis dan dalam kondisi yang masih bisa diperbaiki. Untuk daerah yang berada diluar sendi plastis tidak mengalami kegagalan kelelahan, sedangkan elemen-elemen struktur yang ada tidak mengalami kegagalan geser.

3. *Safety Limit State*

Pada batasan ini kehilangan ketahanan struktur secara drastis didalam memikul beban lateral tidak terjadi dan integritas strujtur untuk memikul beban grafitasi masih efektif, tetapi struktur sudah tidak dapat dipakai lagi.

Secara singkat tingkat kinerja struktur serta batasan yang ditetapkan oleh ACMC dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.3. Tingkatan kinerja struktur (*earthquake performance level*) ACMC 2001

Sedangkan tingkatan kinerja struktur menurut ATC 40,1997 ditunjukkan pada tabel di bawah ini :

Batas perpindahan	Tingkatan kinerja			
	Kondisi operational (<i>immediate ocupancy</i>)	Kondisi batas kontrol (<i>damage Control</i>)	Kondisi <i>Life Safety</i>	Kondisi struktur stabil (<i>Structural Stability</i>)
Perpindahan total maksimum	0,01	0,01-0,02	0,02	0,33 Vi/Pi
Perpindahan pada kondisi inelastik maksimum	0,005	0,005-0,015	Tak Berhingga	Tak Berhingga

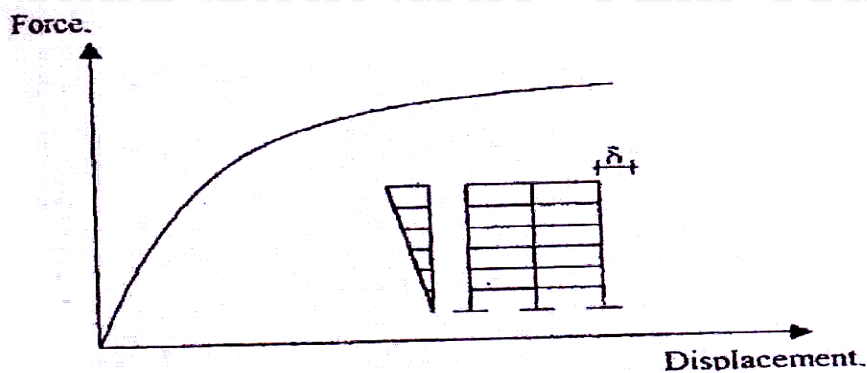
Tabel 2.1. tingkatan kinerja struktur menurut ATC 40, 1997

2.5 Analisis Pushover

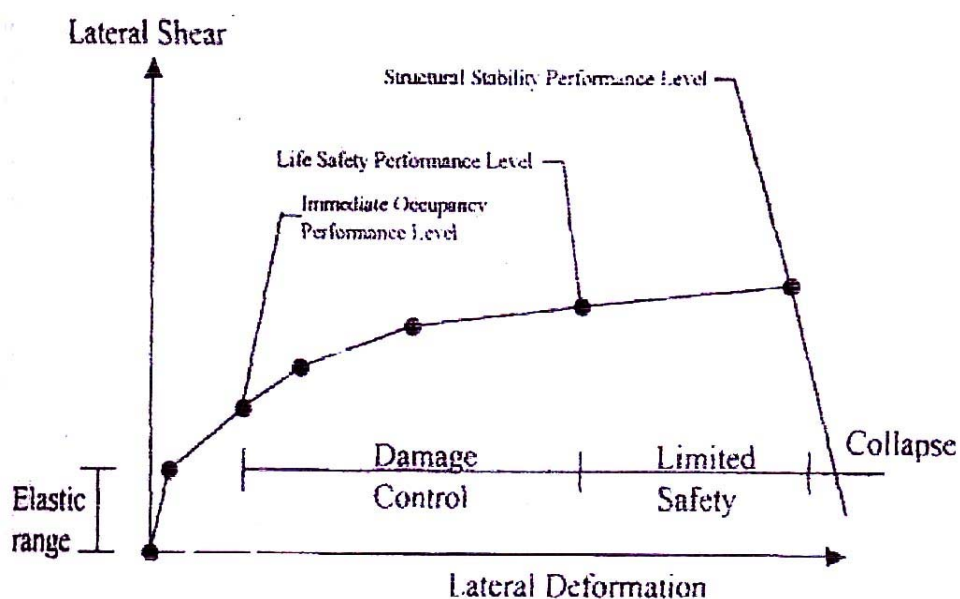
Analisi pushover (ATC 40.1997) merupakan salah satu komponen dari desain struktur berdasarkan daya guna (*performance based design*), yaitu yaitu sebagai sarana untuk mencari kapasitas struktur. Dengan banyaknya variabel dan parameter yang cukup banyak dan rumit untuk menganalisa mekanisme keruntuhan dan kerusakan struktur secara dinamik non linier yang diperlukan dalam desain gempa berdasarkan daya guna, maka digunakanlah analisis pushover yang cukup sederhana.

Prosedur dari analisis pushover sangat sederhana yaitu memberikan beban statis dalam arah lateral kepada suatu struktur. Beban ini kemudian ditingkatkan secara bertahap (*incremental*) sampai struktur mencapai target perubahan bentuk (*displacement*) tertentu. Dari hasil analisa diambil nilai-nilai perpindahan pada puncak struktur (*roof displacemenet*) dan gaya geser dasar (*base shear*) yang kemudian dipetakan sebagai kurva kapasitas dari struktur tersebut.

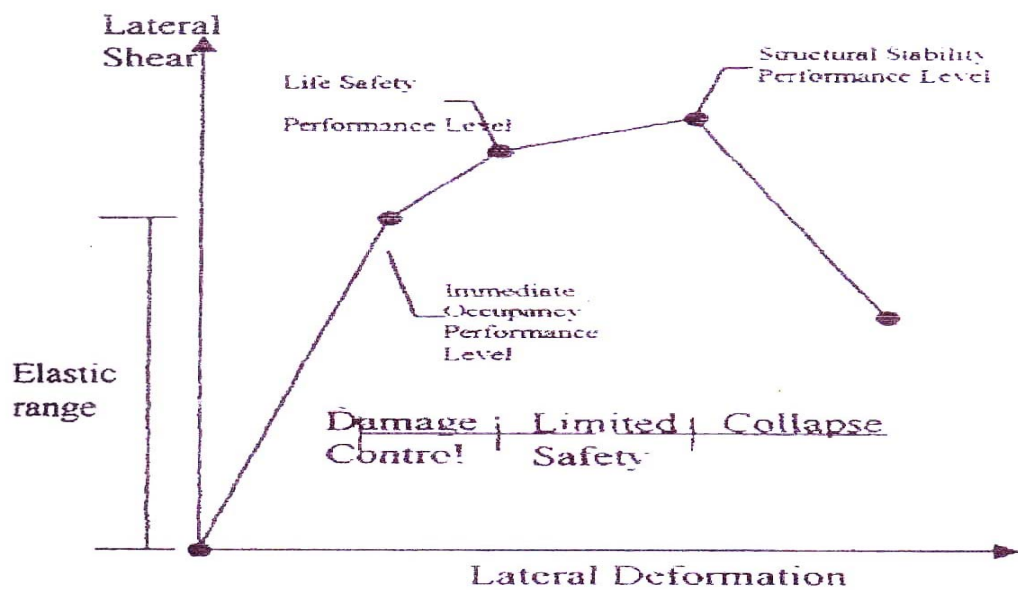
Disamping itu dari analisis pushover ini juga dapat diperlihatkan secara visual perilaku struktur dari kondisi masih elastis kemudian memasuki perilaku plastis sampai akhirnya terjadi keruntuhan pada elemen-elemen strukturnya. Dengan adanya tampilan visual ini dapat pula dibandingkan antara daya guna dengan sasaran daya guna yang direncanakan. Gambar 2.4, gambar 2.5, gambar 2.6 merupakan contoh kurva kapasitas pushover



Gambar 2.4. Kurva kapasitas dari hasil analisis *pushover* (ATC 40, 1997)

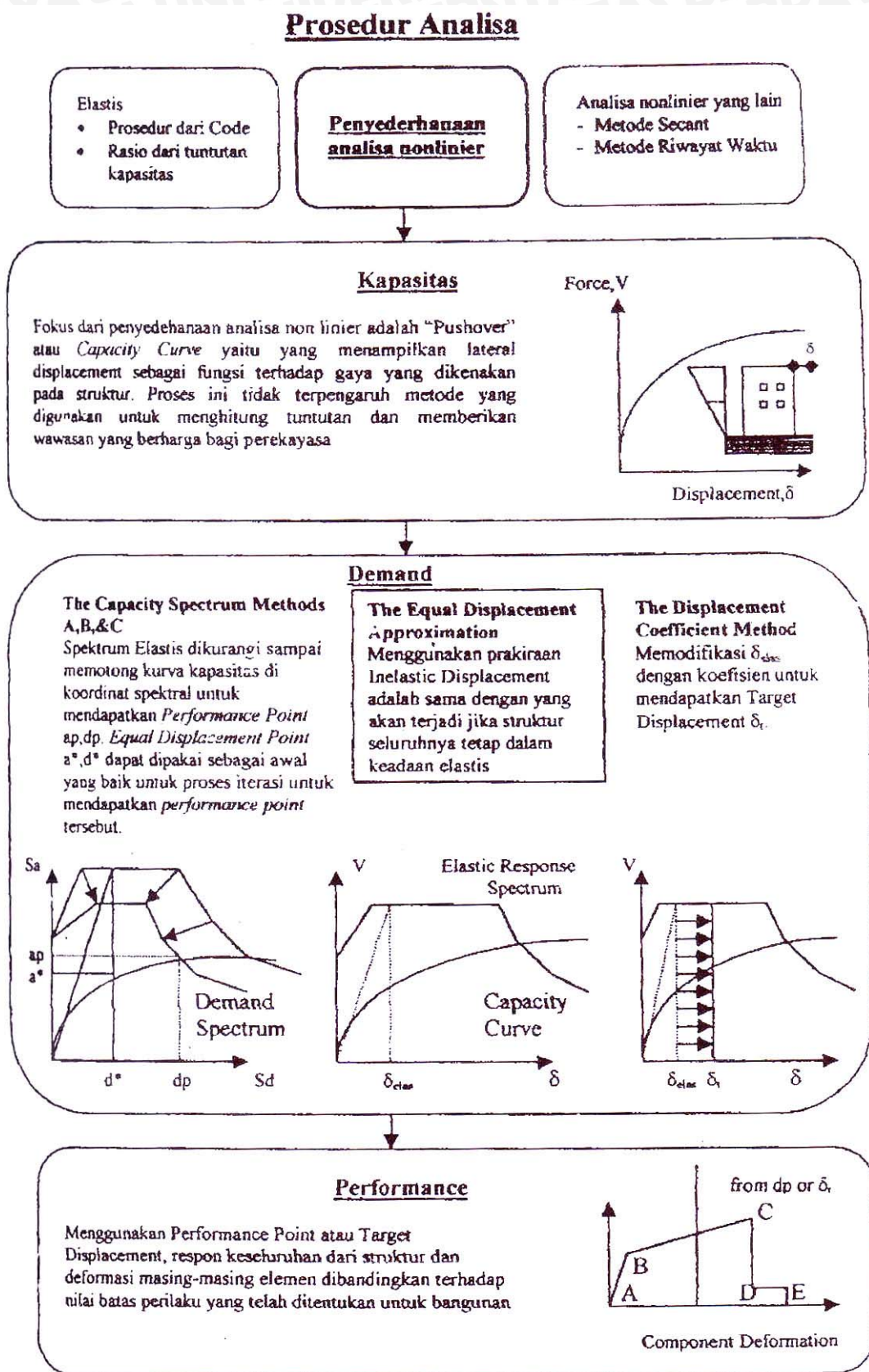


Gambar 2.5. Kurva kapasitas *pushover* untuk struktur dakatail (Boen, 1999)



Gambar 2.6. Kurva kapasitas *pushover* untuk struktur nondakatail (Boen, 1999)

Prosedur analisis kinerja bangunan dengan menggunakan statik non-linear ditampilkan pada gambar 2.7.



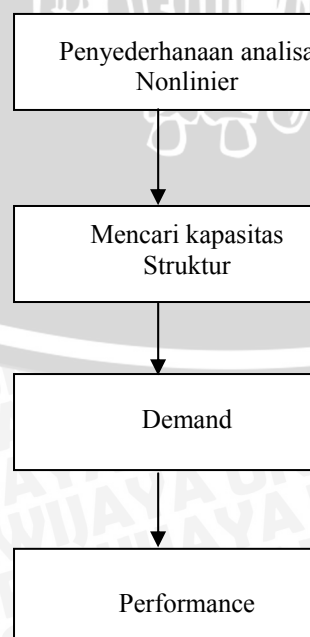
Gambar 2.7. Prosedur analisis kinerja (ATC 40, 1997)

Prosedur perhitungan dengan analisa pushover berdasarkan ATC 40 (1997) adalah sebagai berikut :

1. dibuat model analitik 2 dimensi atau 3 dimensi
2. ditentukan suatu kriteria daya guna (*performance*), seperti batas ijin simpangan pada lantai atap.
3. struktur dibebani dengan gaya gravitasi.
4. struktur kemudian juga dibebani dengan beban gempa statis ekivalen yang ditambahkan secara bertahap. Pola pembebanan ditentukan sesuai peraturan yang berlaku.
5. ditentukan titik kontrol (*control joint*) untuk memantau perpindahan, biasanya pada puncak struktur.
6. selanjutnya struktur didorong dengan pola pembebanan, yang telah ditentukan sebelumnya secara incremental sampai mencapai keruntuhan suatu target perpindahan tertentu.
7. digambarkan kurva hubungan gaya geser dasar (*base shear*) VS perpindahan terkontrol (*controlled displacement*). Kurva inilah yang disebut kurva pushover, dari sini dapat dilihat kejadian-kejadian untuk kriteria *performance* yang berbeda.

Flowchart dibawah ini menjelaskan secara skematis prosedur analisa kinerja bangunan

PROSEDUR ANALISA



2.5.1 Prosedur menentukan capacity

Pada dasarnya yang dilakukan secara iterasi pada program SAP2000 adalah sebagai berikut :

1. Memberikan pembebanan lateral tiap tingkat pada struktur yang polanya sesuai dengan peraturan yang berlaku
2. Menghitung gaya-gaya dalam pada elemen-elemen struktur (beban gravitasi ikut dimasukkan, selain beban pada langkah 1).
3. Memperbesar beban lateral tersebut secara terus menerus (*incremental*) sampai beberapa elemen atau kelompok elemen (misalnya : *joint*, *strut* pada *braced-frame*, atau *shear wall*) mencapai 10% tegangan lelehnya.
4. Mencatat besarnya *base shear* dan simpangan lateral atap yang terjadi.
5. Merevisi model struktur dengan memberikan stiffness yang sangat kecil bahkan nol untuk elemen-elemen yang leleh.
6. Memberikan beban lateral dengan *incremental* yang baru pada struktur yang sudah direvisi sedemikian rupa hingga ada elemen atau grup elemen lain yang leleh.
7. Menambahkan *increment* beban lateral dan displacement atap akumulatif dengan sebelumnya sehingga diperoleh akumulasi *base shear* dan *roof displacement*.

2.5.2 Prosedur Menentukan Demand

Menurut ATC 40 1997 [2], ada 2 metode untuk menentukan *demand*, yaitu :

a. Capacity Spectrum Method

- Merupakan metode iterative yang bertujuan untuk menentukan lokasi titik *performance* struktur dengan kapasitas yang ada dan *demand* yang diminta.
- Lokasi *performance point* harus memenuhi 2 kriteria, yaitu :
 1. Berada pada kurva spektrum kapasitas.
 2. Berada pada kurva *demand* spectral yang telah direduksi dari keadaan elastis (damping 5%).
- Ada tiga macam prosedur yang dapat dipilih, yaitu :
 1. **Prosedur A**: paling cocok digunakan oleh pemula sebab paling mudah digunakan dalam *spreadsheet* dan paling mudah dipahami, merupakan cara analitis berdasarkan rumusan-rumusan tertentu.
 2. **Prosedur B** : melakukan penyederhanaan bilinear pada kurva kapasitas sehingga cara ini relatif sedikit iterasinya tetapi kurang jelas jika dibandingkan dengan prosedur A.

3. **Prosedur C** : murni secara grafis sehingga paling tepat untuk penyelesaian manual tanpa *spreadsheet* tetapi paling tidak jelas diantara ke tiga prosedur.

b. Displacement Coefficient Method

Metode dengan proses numeric langsung dalam menghitung *displacement demand* sehingga tidak perlu mengkonversi kurva kapasitas ke dalam koordinat spectral.

Dalam nalisis ini digunakan **Metode Spektrum Kapasitas Prosedur B** (aplikasi dari program SAP 2000 Non-Linier).

Langkah-langkah yang dilakukan pada **prosedur B** adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan respon spektrum dengan redaman 5% sesuai dengan keadaan tanah setempat.
2. Gambar respon spektrum dengan redaman 5% dan gambar pula respon spektrum dengan redaman efektif antara 5% hingga nilai redaman maksimum yang diijinkan untuk tiap-tiap perilaku struktur bangunan seperti dalam tabel berikut

Shaking Duration	Essentially new building	Average existing building	Poor existing building
Short	Tipe A	Tipe B	Tipe C
Long	Tipe B	Tipe C	Tipe C

3. Plot kurva kapasitas dengan kelompok spektrum demand pada suatu grafik. Kurva kapasitas harus diubah kedalam koordinat spectral menjadi kurva spektrum kapasitas dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$S_a = \frac{v}{\alpha_1 w}$$

$$S_a = \frac{\Delta_{roof}}{PF_1 \cdot \phi_{1roof}}$$

Dengan :

$$\alpha_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N \frac{w_i \phi_{li}}{g} \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^N \frac{w_i}{g} \right] \left[\sum_{i=1}^N \frac{w_i \phi_{li}^2}{g} \right]}$$

$$PF_1 = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{w_1 \phi_{li}}{g}}{\sum_{i=1}^N \frac{w_1 \phi_{li}^2}{g}}$$

4. Buat hubungan bilinear pada spektrum kapasitas. Initial slope dari kurva bilinear adalah sama dengan initial stiffness dai bangunan. Bagian dari kurva bilinear khususnya segmen setelah leleh harus melalui spektrum kapasitas pada perpindahan sama dengan perpindahan spektral respon spektrum dengan redaman 5% pada kekakuan sebelum leleh (pre-initial stiffness), sehingga didapatkan titik (a^*, d^*). Kurva bilinear ini harus memperhatikan bahwa luasan daerah yang dibentuk yaitu A1 dan A2 harus sama.
5. Hitung nilai perpindahan untuk tiap perpindahan di dekat titik (a^*, b^*) disesuaikan dengan nilai redaman efektif :

$$a_{pi} = \frac{(a^* a_y)(d_{pi} - d_y)}{(d^* - d_y)} + a_y$$

$$\beta_{eff} = \frac{63,7 \cdot K(a_y \cdot d_{pi} - d_y \cdot a_{pi})}{a_{pi} \cdot d_{pi}} + 5$$

$$\beta_0 = \frac{63,7(a_v \cdot d_{pi} - d_v \cdot a_{pi})}{a_{pi} \cdot d_{pi}}$$

6. Untuk setiap nilai d_{pi} yang didapat dari langkah 5 diplotkan bersama dengan kelompok spektrum demand yang sesuai.
7. Hubungkan titik-titik yang didapatkan dari langkah 6 hingga membentuk sebuah garis. Perpotongan garis ini dengan spektrum kapasitas didefinisikan sebagai *performance point*.

Prosedur menentukan titik kinerja (*performance point*) – Prosedur B

Performance point didapat dari perpotongan antara kurva spektrum kapasitas dengan garis yang didapat dari titik-titik (d_{pi} , a_{pi}) dengan masing-masing nilai damping efektif (β_{eff}). Prosedur ini menghasilkan suatu nilai yang sama dengan prosedur lainnya, jika performance point yang didapatkan pada titik (a^*, d^*). Apabila titik performance point yang didapatkan jauh dari titik (a^*, b^*), maka harus dibuktikan dengan menggunakan prosedur A atau prosedur C.

2.6 Persyaratan Gempa Rencana Menurut SNI 1726-2002

Beban Gempa Dasar Nominal

Analisa pushover yang diambil pada penulisan ini ialah analisa statik. Berdasarkan SNI 1726-2002 analisa statik ekivalen dengan beban geser nominal dihitung berdasarkan persamaan :

$$V = \frac{C_1 I}{R} W_t$$

Dengan : C_1 = Faktor respon gempa yang didapat dari spektrum respon gempa rencana.

I = Faktor keutamaan struktur.

R = Faktor reduksi gempa.

W_t = Berat total gedung tereduksi.

Beban geser dasar nominal harus didistribusikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi gempa nominal statis ekivalen F_i yang bekerja pada pusat massa lantai tingkat ke- i menurut persamaan :

$$F_i = \frac{W_i Z_i}{\sum_{i=1}^n W_i Z_i} V$$

Dimana : W_i = Berat lantai tingkat ke- i

Z_i = Ketinggian lantai ke- i diukur dari taraf penjepitan lateral

n = Nomor lantai tingkat paling atas.

Apabila rasio antara tinggi struktur gedung dan ukuran denahnya dalam dua arah pembebanan gempa sama dengan atau melebihi 3, maka $0.1 V$ harus dianggap sebagai beban horisontal terpusat yang menangkap pada pusat massa lantai tingkat paling atas, sedangkan $0.9 V$ sisanya harus dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban-beban gempa nominal statik ekivalen.

2.7 Hipotesa

Berdasarkan tinjauan pustaka diatas dapat dilakukan perkiraan tentang analisa pada tulisan ini, yaitu :

1. Nilai daktilitas yang didapat dari perencanaan gedung tak beraturan ini tidak akan melebihi daktilitas maksimum yang telah ditentukan dalam peraturan (STANDAR PERENCANAAN KETAHANAN GEMPA UNTUK STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG, SNI-1726-2002).

2. Pola keruntuhan pada struktur yang dimungkinkan terjadi adalah *Beam Sidesway Mechanism*.
3. Performa struktur yang dimungkinkan tercapai adalah Kondisi Batas kontrol (*Damage Control*).



BAB III

METODOLGI PENELITIAN

Tahapan Pembahasan

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembahasan Studi Analisis Kebutuhan Daktilitas pada Bangunan Tak Beraturan (*Irregular Form Building*) dengan Metode *Push Over Analysis* (SAP 2000 non linier) adalah sebagai berikut :

1. Penentuan Bentuk dan Karakteristik Bangunan

Bentuk bangunan adalah bentuk bangunan yang tidak sumetris pada sumbu X dan atau pada sumbu Y. Bentuk bangunan ini kita tentukan sendiri. Pada bangunan ini akan ditentukan juga karakteristik bangunan berupa : tinggi bangunan, lebar bangunan, tinggi antar lantai, jarak antar lantai, bangunan menggunakan bahan konstruksi apa, kegunaan bangunan untuk apa. Pada skripsi ini dibatasi bahwa bangunan digunakan sebagai gedung perkantoran dan bahan konstruksi utama adalah beton bertulang.

2. Perhitungan Pembebanan

Beban-beban yang dikenakan pada bangunan adalah beban riil berdasarkan peraturan standar yang berlaku. Beban yang ditentukan pada analisis ini adalah beban statis yaitu : beban mati, beban hidup dan beban gravitasi.

3. Pengolahan Data

Pengolahan data menggunakan program SAP 2000 non linier.

4. Analisis Data

Analisis data yang dilakukan dengan menggunakan salah satu metode pada program SAP 2000 non linier. Dan nantinya pembacaan yang perlu preferensian lebih lanjut akan mengacu pada ATC(Applied Technology Council)-40 1997.

5. Analisis Kebutuhan Daktilitas Bangunan dan Analisis Pola Keruntuhan.

Setelah didapat data hasil analisis dengan menggunakan program SAP 2000, maka permasalahan yang ingin dianalisis akan didapat.

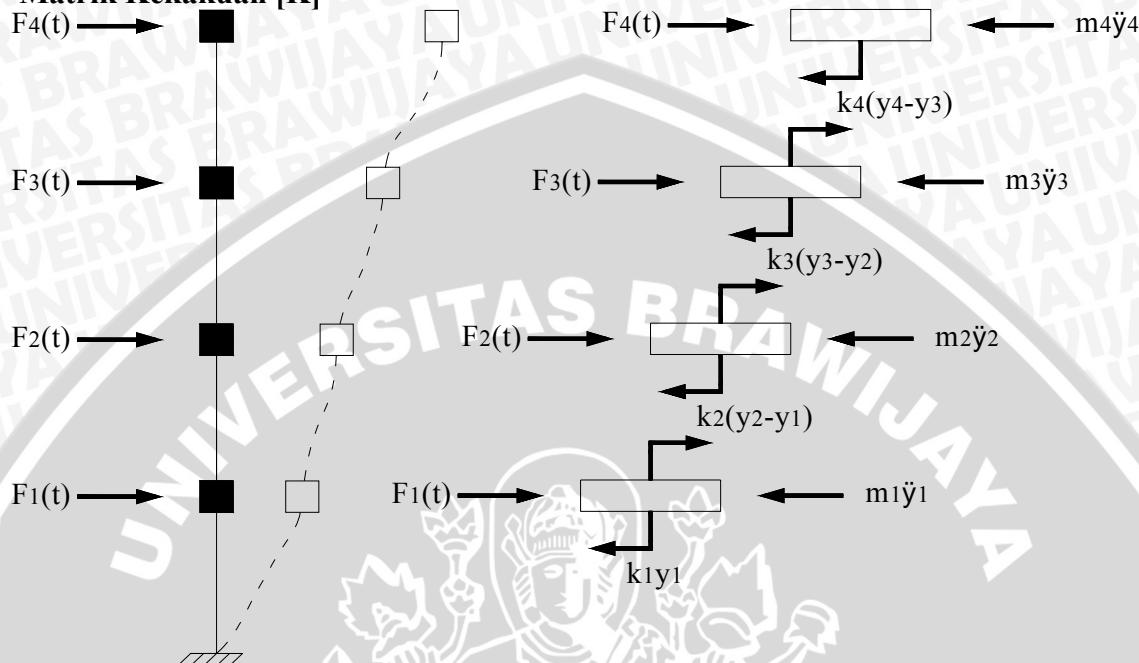
6. Kesimpulan

Meanarik kesimpulan dari studi analisis ini dan memberikan suatu saran bagi yang berkepentingan dengan studi ini.



BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Matrik Kekakuan [K]



Gambar 4.1. Gaya-gaya pada struktur penahan geser

Didapatkan :

$$F_1(t) = k_1 y_1 - k_2 (y_2 - y_1)$$

$$F_2(t) = k_2 (y_2 - y_1) - k_3 (y_3 - y_2)$$

$$F_3(t) = k_3 (y_3 - y_2) - k_4 (y_4 - y_3)$$

$$F_4(t) = k_4 (y_4 - y_3)$$

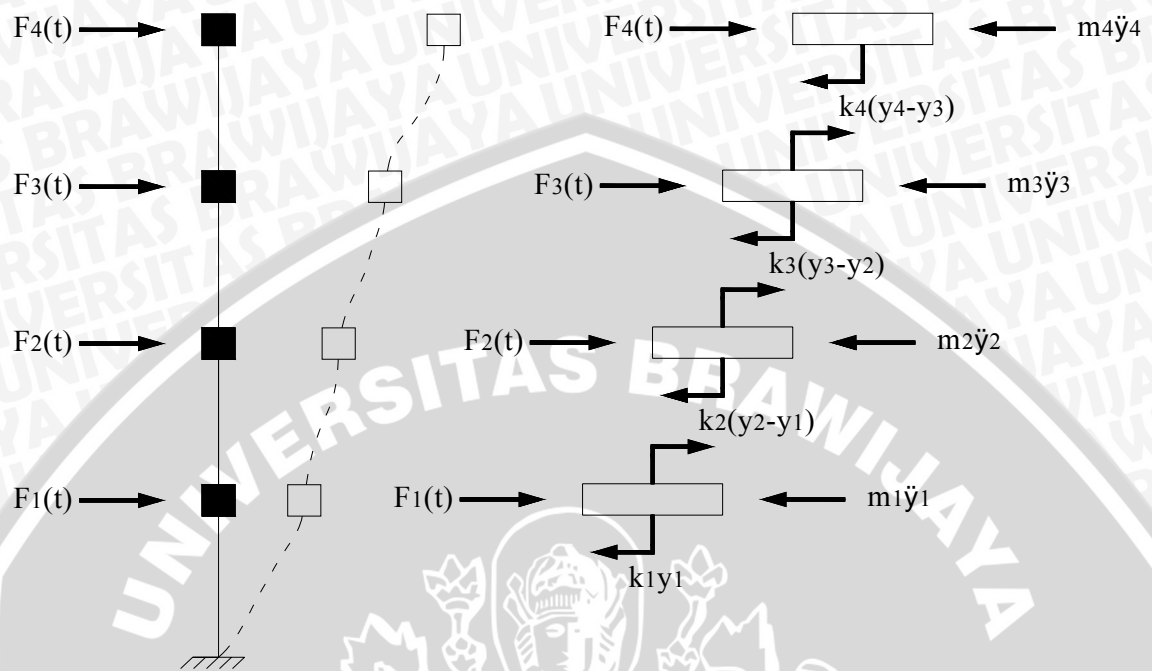
Dalam matrik :

$$\begin{array}{c|c|c|c|c|c|c}
 F_1 & & k_1+k_2 & -k_2 & 0 & 0 & Y_1 \\
 F_2 & = & -k_2 & K_2+k_3 & -k_3 & 0 & y_2 \\
 F_3 & & 0 & -k_3 & K_3+k_4 & -K_4 & Y_3 \\
 F_4 & & 0 & 0 & -K_4 & K_4 & Y_4
 \end{array} \quad \times$$

$$[K] = \begin{array}{c|c|c|c|c|c}
 747670.690 & -373834.845 & 0 & 0 & \\
 -373834.845 & 581521.875 & -207687.030 & 0 & \\
 0 & -207687.030 & 415373.060 & -207686.030 & \\
 0 & 0 & -207686.030 & 207686.030 &
 \end{array}$$

4.1.1 Waktu Getar Alami Dinamis

4.1.1.A Perakitan Matrik Persamaan Gerak



Gambar 4.1. Gaya-gaya pada struktur penahan geser

Persamaan gerak :

$$m_1 \ddot{y}_1 + k_1 y_1 - k_2 (y_2 - y_1) = 0$$

$$m_2 \ddot{y}_2 + k_2 (y_2 - y_1) - k_3 (y_3 - y_2) = 0$$

$$m_3 \ddot{y}_3 + k_3 (y_3 - y_2) - k_4 (y_4 - y_3) = 0$$

$$m_4 \ddot{y}_4 + k_4 (y_4 - y_3) = 0$$

dengan : $y = a \sin(\omega t - \alpha) \longrightarrow \ddot{y} = -a\omega^2 \sin(\omega t - \alpha)$

dimana $\sin(\omega t - \alpha) = 1$ maka :

$$m_1(-a_1\omega^2) + k_1 a_1 - k_2(a_2 - a_1) = 0$$

$$m_2(-a_2\omega^2) + k_2(a_2 - a_1) - k_3(a_3 - a_2) = 0$$

$$m_3(-a_3\omega^2) + k_3(a_3 - a_2) - k_4(a_4 - a_3) = 0$$

$$m_4(-a_4\omega^2) + k_4(a_4 - a_3) = 0$$

Dalam bentuk matrik :

$$\begin{vmatrix} k_1+k_2 -m_1\omega^2 & -k_2 & 0 & 0 \\ -k_2 & k_2+k_3 - m_2\omega^2 & -k_3 & 0 \\ 0 & -k_3 & k_3+k_4 - m_3\omega^2 & -k_4 \\ 0 & 0 & -k_4 & k_4 - m_4\omega^2 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}$$

Dimana : $m = \frac{W}{g} \longrightarrow g = 981 \text{ cm/dt}^2$

$$\begin{vmatrix} 747670,69-381 \omega^2 & -373834,85 & 0 & 0 \\ -373834,85 & 581521,89-358,5 \omega^2 & -207687,03 & 0 \\ 0 & -207687,03 & 415373,06-202,22 \omega^2 & -207686,03 \\ 0 & 0 & -207686,03 & -207686,03-158,6\omega^2 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}$$

4.1.1.B Frekuensi Natural Tiap Mode (ω_n)

Untuk solusi non trivial maka matrik tersebut mempunyai determinan = 0

$$\det \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix} = a_{11} k_{11} + a_{21} k_{21} + a_{31} k_{31} + a_{41} k_{41}$$

Jika : $k_1+k_2 = 747670,69 = a$

$k_2+k_3 = 581521,89 = b$

$k_3+k_4 = 415373,06 = c$

$$\begin{vmatrix} a - m_1\omega^2 & -k_2 & 0 & 0 \\ -k_2 & b - m_2\omega^2 & -k_3 & 0 \\ 0 & -k_3 & c - m_3\omega^2 & -k_4 \\ 0 & 0 & -k_4 & k_4 - m_4\omega^2 \end{vmatrix}$$

Maka :

$$K_{11} = (-1)^{1+1} \begin{vmatrix} b - m_2\omega^2 & -k_3 & 0 \\ -k_3 & c - m_3\omega^2 & -k_4 \\ 0 & -k_4 & k_4 - m_4\omega^2 \end{vmatrix}$$

Det matrik 3x3 dari k_{11} :

$$k_{11}' = (-1)^{1+1} \begin{vmatrix} c - m_3\omega^2 & -k_4 \\ -k_4 & k_4 - m_4\omega^2 \end{vmatrix}$$

$$\begin{aligned}
 k_{11}' &= [(c - m_3\omega^2)(k_4 - m_4\omega^2) - (k_4)^2] \\
 &= ck_4 - cm_4\omega^2 - k_4m_3\omega^2 + m_3m_4\omega^4 - k_4^2 \\
 &= m_3m_4\omega^4 - (k_4m_3 + cm_4)\omega^2 - (k_4^2 - ck_4)
 \end{aligned}$$

dengan : $k_4^2 - k_4(k_3 + k_4) = -k_3k_4$

$$k_{11}' = m_3m_4\omega^4 - (k_4m_3 + cm_4)\omega^2 + k_3k_4$$

$$K_{21}' = (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} -k_3 & 0 \\ -k_4 & k_4 - m_4\omega^2 \end{vmatrix}$$

$$\begin{aligned}
 K_{21}' &= -1 [-k_3(k_4 - m_4\omega^2)] \\
 &= k_3k_4 - k_3m_4\omega^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Det matrik } 3 \times 3 \text{ dari } k_{11} &= (b - m_2\omega^2)[m_3m_4\omega^4 - (k_4m_3 + cm_4)\omega^2 - (k_4^2 - ck_4)] + \\
 &\quad (c - m_3\omega^2)[k_3k_4 - k_3m_4\omega^2] \\
 &= -11495226,4\omega^6 + 57314942596\omega^4 - 7,1349 \cdot 10^{13}\omega^2 + 1,61249 \cdot 10^{16}
 \end{aligned}$$

$$K_{21} = (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} -k_2 & 0 & 0 \\ -k_3 & c - m_3\omega^2 & -K_4 \\ 0 & -K_4 & K_4 - m_4\omega^2 \end{vmatrix}$$

Det matrik 3x3 dari k_{21} :

$$k_{11}' = (-1)^{1+1} \begin{vmatrix} c - m_3\omega^2 & -k_4 \\ -k_4 & k_4 - m_4\omega^2 \end{vmatrix}$$

$$\begin{aligned}
 k_{11}' &= [(c - m_3\omega^2)(k_4 - m_4\omega^2) - (k_4)^2] \\
 &= ck_4 - cm_4\omega^2 - k_4m_3\omega^2 + m_3m_4\omega^4 - k_4^2 \\
 &= m_3m_4\omega^4 - (k_4m_3 + cm_4)\omega^2 - (k_4^2 - ck_4)
 \end{aligned}$$

dengan : $k_4^2 - k_4(k_3 + k_4) = -k_3k_4$

$$k_{11}' = m_3m_4\omega^4 - (k_4m_3 + cm_4)\omega^2 + k_3k_4$$

$$K_{21}' = (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ -k_4 & k_4 - m_4\omega^2 \end{vmatrix}$$

$$K_{21}' = 0$$

$$\begin{aligned}
 \text{Det matrik } 3 \times 3 \text{ dari } k_{21} &= -1(-k_2)[(m_3m_4\omega^4) - (k_4m_3 + cm_4)\omega^2 + k_3k_4] \\
 &= k_2m_3m_4\omega^4 - (k_2k_4m_3 + k_2cm_4)\omega^2 + k_2k_3k_4 \\
 &= 11987936082\omega^4 - 4,03244 \cdot 10^{13}\omega^2 + 1,61249 \cdot 10^{16}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Rightarrow \text{Det matrik } 4 \times 4 &= (747670,69 - 381\omega^2)(-11495226,4\omega^6 + 57314942596\omega^4 - \\
 &\quad 7,1349 \cdot 10^{13}\omega^2 + 1,61249 \cdot 10^{16}) - (373834,85)(11987936082\omega^4 - \\
 &\quad 4,03244 \cdot 10^{13}\omega^2 + 1,61249 \cdot 10^{16}) \\
 &= 4379681258\omega^8 - 3,0435 \cdot 10^{13}\omega^6 + 6,555516338 \cdot 10^{16}\omega^4 - \\
 &\quad 4,441893 \cdot 10^{19}\omega^2 + 6,02805 \cdot 10^{21}
 \end{aligned}$$

solusi non trivial : Det matrik 4x4 = 0

$$4379681258 \omega^8 - 3.0435.10^{13} \omega^6 + 6,555516338.10^{16} \omega^4 - 4,441893.10^{19} \omega^2 + 6.02805.10^{21} = 0$$

dengan penyelesaian matematis didapatkan **Frekuensi Natural (ω_n)** :

$$\omega_1 = \pm 13,391 \text{ rad/dt}$$

$$\omega_2 = \pm 30,214 \text{ rad/dt}$$

$$\omega_3 = \pm 50,213 \text{ rad/dt}$$

$$\omega_4 = \pm 57,748 \text{ rad/dt}$$

4.1.1.C Matrik Normalisasi (Ratio Amplitudo) Tiap Mode

➤ **Mode 1 ($\omega_1 = \pm 13,391 \text{ rad/dt}$)**

$$f_1 = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{13,391}{2\pi} = 2,131 \text{ spd}$$

$$T_1 = \frac{1}{f} = \frac{1}{2,131} = 0.46921 \text{ dt}$$

$$\begin{vmatrix} 679350,1963 & -373834,85 & 0 & 0 \\ -373834,85 & 517236,0712 & -207687,03 & 0 \\ 0 & -207686,03 & 379111,196 & -207686,03 \\ 0 & 0 & -207686,03 & 179246,056 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}$$

$$679350,1963 (a_1) - 373834,85 (a_2) = 0$$

$$a_2 = 1.81725 a_1$$

$$-373834,85 (a_1) + 517236,0712 (a_2) - 207686,03 (a_3) = 0$$

$$-373834,85 (a_1) + 939945,611 (a_2) - 207686,03 (a_3) = 0$$

$$a_3 = 2,72579 a_1$$

$$-207687,03 (a_2) + 379111,196 (a_3) - 207686,03 (a_4) = 0$$

$$-377419,2553 (a_1) + 1033377,507 (a_2) - 207686,03 (a_4) = 0$$

$$a_4 = 3,1584 a_1$$

$$-207686,03 (a_3) + 179246,056 (a_4) = 0$$

$$a_4 = 3,1584 a_1 \dots \dots \dots \text{(OK)}$$

➤ **Mode 2 ($\omega_2 = \pm 30,214 \text{ rad/dt}$)**

$$f_2 = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{30,214}{2\pi} = 4,80871 \text{ spd}$$

$$T_2 = \frac{1}{f} = \frac{1}{4,80871} = 0.20796 \text{ dt}$$



$$\begin{vmatrix} 399861,2017 & -373834,85 & 0 & 0 \\ -373834,85 & 254252,332 & -207686,03 & 0 \\ 0 & -207686,03 & 230769,2943 & -207686,03 \\ 0 & 0 & -207686,03 & 62902,343 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}$$

$$399861,2017 (a_1) - 373834,85 (a_2) = 0$$

$$a_2 = 1,06962 a_1$$

$$-373834,85 (a_1) + 254252,332 (a_2) - 207686,03 (a_3) = 0$$

$$-373834,85 (a_1) + 271953,3794 (a_1) - 207686,03 (a_3) = 0$$

$$a_3 = -0,49055 a_1$$

$$-207686,03 (a_2) + 230769,2943 (a_3) - 207686,03 (a_4) = 0$$

$$-222146,201(a_1) - 113204,5696 (a_1) - 207686,03 (a_4) = 0$$

$$a_4 = -1,6147 a_1$$

$$-207686,03 (a_3) - 62902,343 (a_4) = 0$$

$$a_4 = -1,6197 a_1 \dots \dots \dots (OK)$$

➤ **Mode3 ($\omega_3 = \pm 50,213 \text{ rad/dt}$)**

$$f_3 = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{50,213}{2\pi} = 7.1137 \text{ spd}$$

$$T_3 = \frac{1}{f} = \frac{1}{7.1137} = 0,12513 \text{ dt}$$

$$\begin{vmatrix} -212961,896 & -373834,85 & 0 & 0 \\ -373834,85 & -322380,425 & -207686,03 & 0 \\ 0 & -207686,03 & -94493,4005 & -207686,03 \\ 0 & 0 & -207686,03 & -192199,346 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}$$

$$-212961,896 (a_1) - 373834,85 (a_2) = 0$$

$$a_2 = -0,56967 a_1$$

$$-373834,85 (a_1) - 322380,425 (a_2) - 207686,03 (a_3) = 0$$

$$-373834,85 (a_1) + 183650,4567(a_1) - 207686,03(a_3) = 0$$

$$a_3 = -0,915726 a_1$$

$$-207686,03 (a_2) - 94493,4005 (a_3) - 207686,03 (a_4) = 0$$

$$118313,0704 (a_1) + 86530,063 (a_1) - 207686,03 (a_4) = 0$$

$$a_4 = 0.98631 a_1$$

$$-207686,03 (a_3) - 192199,346 (a_4) = 0$$

$$a_4 = 0,9895 a_1 \dots \dots \dots (OK)$$



➤ **Mode 4 ($\omega_4 = \pm 57,748 \text{ rad/dt}$)**

$$F_4 = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{57,748}{2\pi} = 9,19088 \text{ spd}$$

$$T_4 = \frac{1}{f} = \frac{1}{9,19088} = 0,108804 \text{ dt}$$

$$\begin{vmatrix} -522900,113 & -373834,85 & 0 & 0 \\ -373834,85 & -614015,2042 & -207686,03 & 0 \\ 0 & -207686,03 & -258996,567 & -207686,03 \\ 0 & 0 & -207686,03 & -321218,247 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}$$

$$-522900,113 (a_1) - 373834,85 (a_2) = 0$$

$$a_2 = -1,39875 a_1$$

$$-373834,85 (a_1) - 614015,2042 (a_2) - 207686,03 (a_3) = 0$$

$$-373834,85 (a_1) + 858853,767 (a_1) - 207686,03 (a_3) = 0$$

$$a_3 = 2,3353 a_1$$

$$-207686,03 (a_2) - 258996,567 (a_3) - 207686,03 (a_4) = 0$$

$$290502,2332 (a_1) - 604834,683 (a_1) - 207686,03 (a_4) = 0$$

$$a_4 = -1,5135 a_1$$

$$-207686,03 (a_3) - 321218,247 (a_4) = 0$$

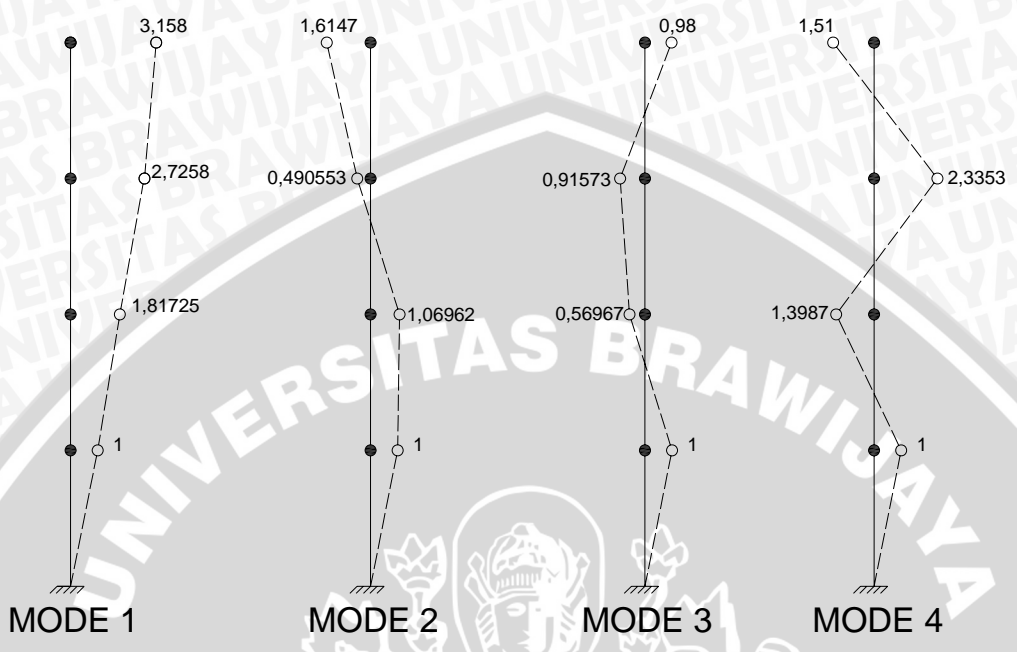
$$a_4 = -1,51 a_1 \dots \dots \dots \text{(OK)}$$

TABULASI RATIO AMPLITUDO

Ratio amplitudo	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4
a_1	1	1	1	1
a_2	1,81725	-1,06962	-0,56967	-0.7825
a_3	2,7258	-0,490553	-0,91573	2,3353
a_4	3,158	-1,6147	0,98	-1.51

Tabel 4. Ratio amplitudo (normalisasi)





Gambar 4.2. Grafik normalisasi modal



4.1.2 Analisa Modal

4.1.2.A Modal Respon Statik

A. Mode 1 ($T_1 = 0,46921$ dt)

Dengan menggunakan persamaan (2.2.3.h) sampai (2.2.3.l) maka akan didapatkan respon statik modal yang pada awalnya hanya berupa nilai ratio amplitudo (normalisasi).

$$\Phi_1 = \begin{vmatrix} \Phi_{11} \\ \Phi_{21} \\ \Phi_{31} \\ \Phi_{41} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 \\ 1.81725 \\ 2.7258 \\ 3.158 \end{vmatrix}$$

$$L_1^h = \sum_{j=1}^N m_j \phi_{j1} = \begin{vmatrix} m_1/g & m_2/g & m_3/g & m_4/g \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \Phi_{11} \\ \Phi_{21} \\ \Phi_{31} \\ \Phi_{41} \end{vmatrix}$$

$$L_1^h = \begin{vmatrix} 380.977706 & 358.47006 & 202.2213354 & 158.576075 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 1 \\ 1.81725 \\ 2.7258 \\ 3.158 \end{vmatrix}$$

$$L_1^h = 2084.406$$

$$M_1 = \sum_{j=1}^N m_j \phi_{j1}^2 = \begin{vmatrix} m_1/g & m_2/g & m_3/g & m_4/g \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \Phi_{11}^2 \\ \Phi_{21}^2 \\ \Phi_{31}^2 \\ \Phi_{41}^2 \end{vmatrix}$$

$$M_1 = \begin{vmatrix} 380.977706 & 358.47006 & 202.2213354 & 158.576075 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 1 \\ 3.302398 \\ 7.429986 \\ 9.972964 \end{vmatrix}$$

$$M_1 = 4648.763$$

$$\Gamma_1 = \frac{L_1^h}{M_1} = \frac{2084,406}{4648,763} = 0.4483785$$

a. Perpindahan lantai (u_1)

$$u_{j1} = \Gamma_1 \Phi_{j1} D_1$$

dengan : $D_1 =$ perpindahan spektra pada mode ke-1 = $\frac{A_1}{\omega_1}$

dengan menggunakan grafik respon spektra SNI-1726-2002 didapatkan :

$$\omega_1 = 13,391 \text{ rad/dt}$$

$$T_1 = 0,46921 \text{ dt} \longrightarrow \text{wilayah 4, tanah sedang} \longrightarrow A = 0,7 \text{ g}$$

$$g = 980.665 \text{ cm/dt}^2$$

$$D_1 = \frac{A_1}{\omega_1} = \frac{0.7 \times 980,665}{(13,391)^2} = 3.829490772 \text{ cm}$$

$$u_1 = \begin{vmatrix} u_{11} \\ u_{21} \\ u_{31} \\ u_{41} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0.4483785 \\ 1.81725 \\ 2.7258 \\ 3.158 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 1 \\ 1.81725 \\ 2.7258 \\ 3.158 \end{vmatrix} \times 3.82949077 = \begin{vmatrix} 1.71706132 \\ 3.12032969 \\ 4.68036576 \\ 5.42247966 \end{vmatrix} \text{ cm}$$

b. Drift Story (Δ_1)

$$\Delta_{j1} = \Gamma_1 (\phi_{j1} - \phi_{j-1.1}) D_1$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} \Delta_{11} \\ \Delta_{21} \\ \Delta_{31} \\ \Delta_{41} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0.448378499 \\ 0.81725 \\ 0.90855 \\ 0.4322 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 1 \\ 1.81725 \\ 2.7258 \\ 3.158 \end{vmatrix} \times 3.829490772 = \begin{vmatrix} 1.71706132 \\ 1.40326837 \\ 1.56003607 \\ 0.7421139 \end{vmatrix} \text{ cm}$$

c. Gaya Lateral (f_1)

$$f_{j1} = \Gamma_1 m_j \phi_{j1} A_1$$

$$\text{dengan : } A_1 = 0,7 \text{ g}$$

$$f_1 = \begin{vmatrix} f_{11} \\ f_{21} \\ f_{31} \\ f_{41} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0.448378499 \\ 0.81725 \\ 0.90855 \\ 0.4322 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 380.9777064 \\ 358.4700612 \\ 202.2213354 \\ 158.5760754 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 1 \\ 1.81725 \\ 2.7258 \\ 3.158 \end{vmatrix} \times 686.7 = \begin{vmatrix} 117303.613 \\ 200576.197 \\ 169719.908 \\ 154191.92 \end{vmatrix} \text{ kg}$$

$$\text{Total gaya geser dasar } V_{b1} = f_{11} + f_{21} + f_{31} + f_{41} = 641791.639 \text{ kg}$$

d. Gaya geser dasar (V_{b1})

$$V_{b1} = V_{b1}^s A_1 = \Gamma_1 L_1^h A_1$$

$$\text{dengan : } A_1 = 0.7 \text{ g}$$

$$L_1^h = 2084.406$$

$$V_{b1} = 934.602648 \times 0.7 \text{ g} = \mathbf{641791.639 \text{ kg}} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

e. **Momen guling (M_{b1})**

$$M_{b1} = M_{b1}^{st} A_1 = A_1 \sum_{j=1}^N h_j s_{j1}$$

dengan : $s_{j1} = \Gamma_1 m_j \phi_{j1}$

$$s_1 = \begin{vmatrix} s_{11} \\ s_{21} \\ s_{31} \\ s_{41} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0.448378499 & x & 380.9777064 & x & 1 \\ & & 358.4700612 & x & 1.81725 \\ & & 202.2213354 & x & 2.7258 \\ & & 158.5760754 & x & 3.158 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 170.8222121 & \text{kg} \\ 292.0870794 & \text{kg} \\ 247.1529166 & \text{kg} \\ 224.5404402 & \text{kg} \end{vmatrix}$$

$$M_{b1} = [h_1 \ h_2 \ h_3 \ h_4] \begin{pmatrix} s_{11} \\ s_{21} \\ s_{31} \\ s_{41} \end{pmatrix} \times A_1$$

$$= [5 \ 10 \ 15 \ 20] \begin{pmatrix} 170,8222121 \\ 292,0870794 \\ 247,1529166 \\ 224,5404402 \end{pmatrix} \times 0.7g = 8221917.062 \text{ kg.m}$$

B. Mode 2 ($T_2 = 0,20796 \text{ dt}$)

Matrik normalisasi

$$\phi_2 = \begin{vmatrix} \phi_{12} \\ \phi_{22} \\ \phi_{32} \\ \phi_{42} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 \\ 1.06962 \\ -0.490553 \\ -1.614 \end{vmatrix}$$

$$L_2^h = \sum_{j=1}^N m_j \phi_{j2} = \begin{vmatrix} m_1/g & m_2/g & m_3/g & m_4/g \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \phi_{12} \\ \phi_{22} \\ \phi_{32} \\ \phi_{42} \end{vmatrix}$$

$$L_2^h = \begin{vmatrix} 380.977706 & 358.47006 & 202.2213354 & 158.576075 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 1 \\ 1.06962 \\ -0.49055 \\ -1.614 \end{vmatrix}$$

$$L_2^h = 409.2624$$

$$M_2 = \sum_{j=1}^N m_j \phi_{j2}^2$$

$$= \begin{vmatrix} m_1/g & m_2/g & m_3/g & m_4/g \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \emptyset_{12}^2 \\ \emptyset_{22}^2 \\ \emptyset_{32}^2 \\ \emptyset_{42}^2 \end{vmatrix}$$

$$M_2 = \begin{vmatrix} 380.977706 & 358.47006 & 202.2213354 & 158.576075 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 1 \\ 1.144087 \\ 0.240642 \\ 2.604996 \end{vmatrix}$$

$$M_2 = 1252.852$$

$$\Gamma_2 = \frac{L_2^h}{M_2} = \frac{409,2624}{1252,852} = 0.32666468$$

a. Perpindahan lantai (u_2)

$$u_{j2} = \Gamma_2 \emptyset_{j2} D_2$$

dengan : D_1 = perpindahan spektra pada mode ke-2

dengan menggunakan grafik respon spektra SNI-1726-2002 didapatkan :

$$\omega_2 = 30.214 \text{ rad/dt}$$

$$T_2 = 0,20796 \text{ dt} \longrightarrow \text{wilayah 4, tanah sedang} \longrightarrow A = 0.7 \text{ g}$$

$$g = 980.665 \text{ cm/dt}^2$$

$$D_2 = \frac{A_2}{\omega_2} = \frac{0.7 \times 980.665}{(30,214)^2} = 0.75222991 \text{ cm}$$

$$u_2 = \begin{vmatrix} u_{12} \\ u_{22} \\ u_{32} \\ u_{42} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0.326664678 \\ \\ \\ \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 1 \\ 1.06962 \\ -0.490553 \\ -1.614 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 0.75222991 \\ \\ \\ \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0.245726 \\ 0.262834 \\ -0.120542 \\ -0.396603 \end{vmatrix} \text{ cm}$$

b. Drift Story (Δ_2)

$$\Delta_{j2} = \Gamma_2 (\emptyset_{j2} - \emptyset_{j-1,2}) D_2$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} \Delta_{12} \\ \Delta_{22} \\ \Delta_{32} \\ \Delta_{42} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0.326664678 \\ \\ \\ \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 1 \\ 0.06962 \\ -1.560173 \\ -1.123447 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 0.75222991 \\ \\ \\ \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0.24572694 \\ 0.01710751 \\ -0.38337654 \\ -0.2760612 \end{vmatrix} \text{ cm}$$

c. Gaya Lateral (f_2)

$$f_{j2} = \Gamma_2 m_j \emptyset_{j2} A_2$$

dengan : $A_2 = 0.7 \text{ g}$

$$F_2 = \begin{vmatrix} f_{12} \\ f_{22} \\ f_{32} \\ f_{42} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0.3266646 & x & 380.9777064 & x & 1 & x & 686.7 \\ & & 358.4700612 & x & 1.06962 & & \\ & & 202.2213354 & x & -0.490553 & & \\ & & 158.5760754 & x & -1.614 & & \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 85461.1608 \\ 86010.5311 \\ -22252.6704 \\ -57413.0238 \end{vmatrix} \text{ kg}$$

Total gaya geser dasar $V_{b2} = f_{12} + f_{22} + f_{32} + f_{42} = \mathbf{91805.9978 \text{ kg}}$

d. Gaya geser dasar (V_{b2})

$$V_{b2} = V_{b2}^{st} A_2 = \Gamma_2 L_2^h A_2$$

dengan : $A_2 = 0.7 \text{ g}$

$$L_2^h = 409.2624$$

$$V_{b2} = 133.691565 \times 0.7 \text{ g} = \mathbf{91805.9978 \text{ kg}} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

e. Momen guling (M_{b2})

$$M_{b2} = M_{b2}^{st} A_2 = A_2 \sum_{j=1}^N h_j s_{j2}$$

dengan : $s_{j2} = \Gamma_2 m_j \phi_{j2}$

$$S_2 = \begin{vmatrix} s_{12} \\ s_{22} \\ s_{32} \\ s_{42} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0.326664678 & x & 380.9777064 & x & 1 \\ & & 358.4700612 & x & 1.06962 \\ & & 202.2213354 & x & -0.490553 \\ & & 158.5760754 & x & -1.614 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 124.4519598 \\ 125.2519748 \\ -32.4052284 \\ -83.607141 \end{vmatrix} \text{ kg}$$

$$M_{b2} = \begin{vmatrix} h_1 & h_1 & h_3 & h_4 & x \\ & & & & s_{12} \\ & & & & s_{22} \\ & & & & s_{32} \\ & & & & s_{42} \end{vmatrix} \times A_2$$

$$M_{b2} = \begin{vmatrix} 5 & 10 & 15 & 20 & x \\ & & & & 124.4519598 \\ & & & & 125.2519748 \\ & & & & -32.4052284 \\ & & & & -83.607141 \end{vmatrix} \times 0.7\text{g}$$

$$M_{b2} = -194639.415 \text{ kg.m}$$

C. Mode 3 ($T_3 = 50,213 \text{ dt}$)

Matrik normalisasi

$$\phi_3 = \begin{vmatrix} \phi_{13} \\ \phi_{23} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 \\ -0.56967 \end{vmatrix}$$



$$L_3^h = \sum_{j=1}^N m_j \phi_{j3} = \begin{vmatrix} m_1/g & m_2/g & m_3/g & m_4/g \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \emptyset_{13} \\ \emptyset_{23} \\ \emptyset_{33} \\ \emptyset_{43} \end{vmatrix}$$

$$L_3^h = \begin{vmatrix} 380.977706 & 358.47006 & 202.2213354 & 158.576075 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 1 \\ -0.56967 \\ -0.91573 \\ 0.98 \end{vmatrix}$$

$$L_3^h = 409.2624$$

$$M_3 = \sum_{j=1}^N m_j \phi_{j3}^2 = \begin{vmatrix} m_1/g & m_2/g & m_3/g & m_4/g \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \emptyset_{13}^2 \\ \emptyset_{23}^2 \\ \emptyset_{33}^2 \\ \emptyset_{43}^2 \end{vmatrix}$$

$$M_3 = \begin{vmatrix} 380.977706 & 358.47006 & 202.2213354 & 158.576075 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 1 \\ 0.324524 \\ 0.838561 \\ 0.9604 \end{vmatrix}$$

$$M_3 = 819.1813$$

$$\Gamma_3 = \frac{L_3^h}{M_3} = \frac{409,2624}{819,1813} = 0.17943828$$

a. Perpindahan lantai (u_3)

$$u_{j3} = \Gamma_3 \emptyset_{j3} D_3$$

dengan : D_3 = perpindahan spektra pada mode ke-3

dengan menggunakan grafik respon spektra SNI-1726-2002 didapatkan :

$$\omega_3 = 50.213 \text{ rad/dt}$$

$$T_3 = 0.12513 \text{ dt} \longrightarrow \text{wilayah 4, tanah sedang} \longrightarrow A = 0.43 \text{ g}$$

$$g = 980.665 \text{ cm/dt}^2$$

$$D_3 = \frac{A_3}{\omega_3} = \frac{0.43 \times 980.665}{(50,213)^2} = 0.167303538 \text{ cm}$$

$$u_3 = \begin{vmatrix} u_{13} \\ u_{23} \\ u_{33} \\ u_{43} \end{vmatrix} = 0.179438275 \times \begin{vmatrix} 1 \\ -0.56967 \\ -0.91573 \\ 0.98 \end{vmatrix} \times 0.167303538 = \begin{vmatrix} 0.03002066 \\ -0.01710187 \\ -0.02749082 \\ 0.02942025 \end{vmatrix} \text{ cm}$$

b. Drift Story (Δ_3)

$$\Delta_{j3} = \Gamma_3 (\Theta_{j3} - \Theta_{j-1.3}) D_3$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} \Delta_{13} \\ \Delta_{23} \\ \Delta_{33} \\ \Delta_{43} \end{vmatrix} = 0.179438275 \times \begin{vmatrix} 1 \\ - \\ 1.56967 \\ - \\ 0.34606 \\ 1.89573 \end{vmatrix} \times 0.167303538 = \begin{vmatrix} 0.03002066 \\ -0.04712253 \\ -0.01038895 \\ 0.05691106 \end{vmatrix} \text{ cm}$$

c. Gaya Lateral (f_3)

$$f_{j3} = \Gamma_3 m_j \Theta_{j3} A_3$$

dengan : $A_3 = 0.43 \text{ g}$

$$f_3 = \begin{vmatrix} f_{13} \\ f_{23} \\ f_{33} \\ f_{43} \end{vmatrix} = 0.179438275 \times \begin{vmatrix} 380.9777064 \\ 358.4700612 \\ 202.2213354 \\ 158.5760754 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 1 \\ -0.56967 \\ -0.91573 \\ 0.98 \end{vmatrix} \times 421.83 = \begin{vmatrix} 28837.1351 \\ -15457.1274 \\ -14016.7383 \\ 11762.951 \end{vmatrix} \text{ kg}$$

Total gaya geser dasar $V_{b3} = f_{13} + f_{23} + f_{33} + f_{43} = \mathbf{11126.2204 \text{ kg}}$

d. Gaya geser dasar (V_{b3})

$$V_{b3} = V_{b3}^{st} A_3 = \Gamma_3 L_3^h A_3$$

dengan : $A_3 = 0.43 \text{ g}$

$$L_3^h = 409.2624$$

$$V_{b3} = 26.3760765 \times 0.43 \text{ g} = \mathbf{11126.2204 \text{ kg}} \dots \dots \dots (\text{OK})$$

e. Momen guling (M_{b3})

$$M_{b3} = M_{b3}^{st} A_3 = A_3 \sum_{j=1}^N h_j s_{j3}$$

dengan : $s_{j3} = \Gamma_3 m_j \Theta_{j3}$

$$s_3 = \begin{vmatrix} s_{13} \\ s_{23} \\ s_{33} \\ s_{43} \end{vmatrix} = 0.179438275 \times \begin{vmatrix} 380.9777064 \\ 358.4700612 \\ 202.2213354 \\ 158.5760754 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 1 \\ -0.56967 \\ -0.91573 \\ 0.98 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 68.36198247 \\ -36.6430255 \\ -33.2284055 \\ 27.88552509 \end{vmatrix} \text{ kg}$$

$$M_{b3} = \begin{vmatrix} h_1 & h_1 & h_3 & h_4 \\ x & S_{13} & x & A_3 \\ & S_{23} & & \\ & S_{33} & & \\ & S_{43} & & \end{vmatrix}$$

$$M_{b3} = \begin{vmatrix} 5 & 10 & 15 & 20 \\ x & 68.36198247 & x & 0.43g \\ & -36.6430255 & & \\ & -33.2284055 & & \\ & 27.88552509 & & \end{vmatrix}$$

$$M_{b3} = 14622.34737 \text{ kg.m}$$

D. Mode 4 (T₄ = 57,748 dt)

Matrik normalisasi

$$\phi_4 = \begin{vmatrix} \phi_{14} \\ \phi_{24} \\ \phi_{34} \\ \phi_{44} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 \\ -1.39875 \\ 2.3353 \\ -1.51 \end{vmatrix}$$

$$L_4^h = \sum_{j=1}^N m_j \phi_{j4} = \begin{vmatrix} m_1/g & m_2/g & m_3/g & m_4/g \\ x & \phi_{14} \\ & \phi_{24} \\ & \phi_{34} \\ & \phi_{44} \end{vmatrix}$$

$$L_4^h = \begin{vmatrix} 380.977706 & 358.47006 & 202.2213354 & 158.576075 \\ x & 1 \\ & -1.39875 \\ & 2.3353 \\ & -1.51 \end{vmatrix}$$

$$L_4^h = 112.3653$$

$$M_4 = \sum_{j=1}^N m_j \phi_{j4}^2 = \begin{vmatrix} m_1/g & m_2/g & m_3/g & m_4/g \\ x & \phi_{14}^2 \\ & \phi_{24}^2 \\ & \phi_{34}^2 \\ & \phi_{44}^2 \end{vmatrix}$$

$$M_4 = \begin{vmatrix} 380.977706 & 358.47006 & 202.2213354 & 158.576075 \\ x & 1 \\ & 1.956502 \\ & 5.453626 \\ & 2.2801 \end{vmatrix}$$



$$M_4 = 2546.734$$

$$\Gamma_4 = \frac{L_4^h}{M_4} = \frac{112,3653}{2546,734} = 0.04412134$$

a. Perpindahan lantai (u_4)

$$u_{j4} = \Gamma_4 \phi_{j4} D_4$$

dengan : D_4 = perpindahan spektra pada mode ke-4

dengan menggunakan grafik respon spektra SNI-1726-2002 didapatkan :

$$\omega_4 = 57.748 \text{ rad/dt}$$

$$T_4 = 0,108804 \text{ dt} \longrightarrow \text{wilayah 4, tanah sedang} \longrightarrow A = 0.428 \text{ g}$$

$$g = 980.665 \text{ cm/dt}^2$$

$$D_4 = \frac{A_4}{\omega_4} = \frac{0.428 \times 980.665}{(57,748)^2} = 0.125903812 \text{ cm}$$

$$u_4 = \begin{vmatrix} u_{14} \\ u_{24} \\ u_{34} \\ u_{44} \end{vmatrix} = 0.044121344 \times \begin{vmatrix} 1 \\ -1.39875 \\ 2.3353 \\ -1.51 \end{vmatrix} \times 0.125903812 = \begin{vmatrix} 0.00555505 \\ -0.00777012 \\ 0.0129727 \\ -0.00838812 \end{vmatrix} \text{ cm}$$

b. Drift Story (Δ_4)

$$\Delta_{j4} = \Gamma_4 (\phi_{j4} - \phi_{j-1,4}) D_4$$

$$\Delta_4 = \begin{vmatrix} \Delta_{14} \\ \Delta_{24} \\ \Delta_{34} \\ \Delta_{44} \end{vmatrix} = 0.044121344 \times \begin{vmatrix} 1 \\ -2.39875 \\ 3.73405 \\ -3.8453 \end{vmatrix} \times 0.125903812 = \begin{vmatrix} 0.00555505 \\ -0.01332517 \\ 0.02074282 \\ -0.02136082 \end{vmatrix} \text{ cm}$$

c. Gaya Lateral (f_4)

$$f_{j4} = \Gamma_4 m_j \phi_{j4} A_4$$

dengan : $A_4 = 0.428 \text{ g}$

$$f_4 = \begin{vmatrix} f_{14} \\ f_{24} \\ f_{34} \\ f_{44} \end{vmatrix} = 0.044121344 \times \begin{vmatrix} 380.9777064 \\ 358.4700612 \\ 202.2213354 \\ 158.5760754 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 1 \\ -1.39875 \\ 2.3353 \\ -1.51 \end{vmatrix} \times 419.868 = \begin{vmatrix} 7057.66558 \\ -9288.69071 \\ 8748.45105 \\ -4435.84258 \end{vmatrix} \text{ kg}$$

Total gaya geser dasar $V_{b4} = f_{14} + f_{24} + f_{34} + f_{44} = \mathbf{2081.58333 \text{ kg}}$

d. Gaya geser dasar (V_{b4})

$$V_{b4} = V_{b4}^{st} A_4 = \Gamma_4 L_4^h A_4$$

dengan : $A_4 = 0.5 \text{ g}$

$$L_4^h = 112.3653$$

$$V_{b4} = 4.95770893 \times 0.428 \text{ g} = \mathbf{2081.58333 \text{ kg}} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

e. Momen guling (M_{b4})

$$M_{b4} = M_{b4}^{st} A_4 = A_4 \sum_{j=1}^N h_j s_{j4}$$

dengan : $s_{j4} = \Gamma_4 m_j \emptyset_{j4}$

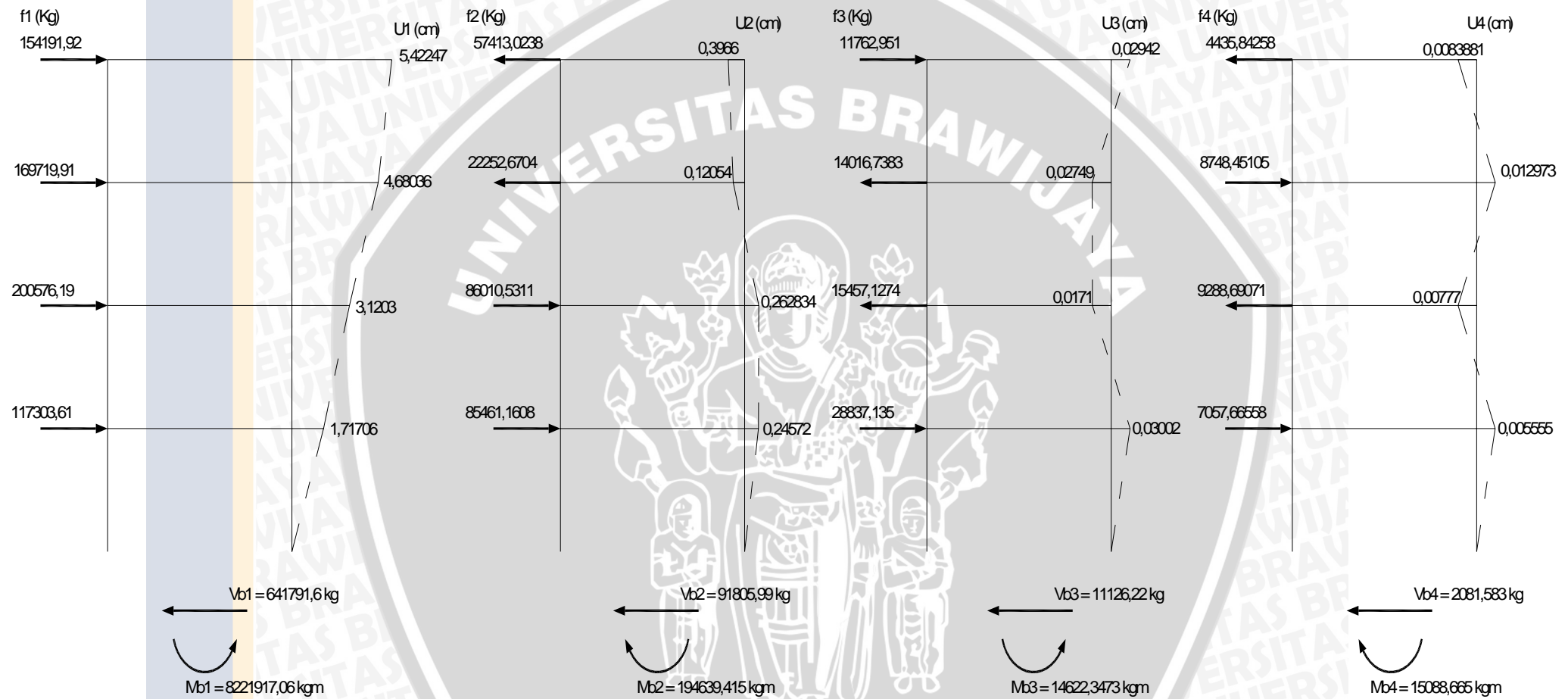
$$s_4 = \begin{vmatrix} s_{14} \\ s_{24} \\ s_{34} \\ s_{44} \end{vmatrix} = 0.044121344 \times \begin{vmatrix} 380.9777064 \\ 358.4700612 \\ 202.2213354 \\ 158.5760754 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 1 \\ -1.39875 \\ 2.3353 \\ -1.51 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 16.80924857 \\ -22.1228832 \\ 20.83619387 \\ -10.5648503 \end{vmatrix} \text{ kg}$$

$$M_{b4} = \begin{vmatrix} h_1 & h_1 & h_3 & h_4 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} s_{14} \\ s_{24} \\ s_{34} \\ s_{44} \end{vmatrix} \times A_4$$

$$M_{b4} = \begin{vmatrix} 5 & 10 & 15 & 20 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 16.80924857 \\ -22.1228832 \\ 20.83619387 \\ -10.5648503 \end{vmatrix} \times 0.428\text{g}$$

$$M_{b4} = -15088.6651 \text{ kg.m}$$





Gambar 4.3. Penggambaran respon statik tiap mode

4.1.2.B Kombinasi Respon Modal

Berdasarkan SNI-1726-2002 untuk waktu getar alami yang berdekatan dengan selisih 15% digunakan metode CQC (*Complete Quadratic Combination*), sedangkan untuk yang berjauhan digunakan SRSS (*Square Root of the Sum of Square*).

$$T_1 = 0.46921 \text{ dt} \quad T_3 = 0.12513 \text{ dt}$$

$$T_2 = 0.20796 \text{ dt} \quad T_4 = 0.10880 \text{ dt}$$

$$- T_2 > 0.46921 - (0.46921 \times 15\%) = 0.3988 \text{ dt} \dots\dots\dots(\text{Tdk OK})$$

$$- T_3 > 0.20796 - (0.20796 \times 15\%) = 0.177 \text{ dt} \dots\dots\dots(\text{Tdk OK})$$

$$- T_4 > 0.12513 - (0.12513 \times 15\%) = 0.112 \text{ dt} \dots\dots\dots(\text{Tdk OK})$$

Maka digunakan metode SRSS persamaan (2.2.3.m):

$$r_o = \left(\sum_{n=1}^N r_{no}^2 \right)^{1/2}$$

A. Perpindahan lateral lantai atas (u_4)

$$u_4 = \left(\sum_{n=1}^N u_{1n}^2 \right)^{1/2} = [(5.42247966)^2 + (-0.396603)^2 + (0.029420245)^2 + (-0.0083881)^2]^{1/2}$$

$$= 5.43705028 \text{ cm}$$

B. Gaya lateral tiap lantai (f_4)

a. Lantai 4 (f_4)

$$f_4 = \left(\sum_{n=1}^N f_{4n}^2 \right)^{1/2} = [(154191.92)^2 + (-57413.02)^2 + (11762.95105)^2 + (-4435.8426)^2]^{1/2}$$

$$= 165013.4761 \text{ kg}$$

b. Lantai 3 (f_3)

$$f_3 = \left(\sum_{n=1}^N f_{3n}^2 \right)^{1/2} = [(169719.91)^2 + (-22252.6704)^2 + (-14016.738)^2 + (8748.451)^2]^{1/2}$$

$$= 171968.12 \text{ kg}$$

c. Lantai 2 (f_2)

$$f_2 = \left(\sum_{n=1}^N f_{2n}^2 \right)^{1/2} = [(200576.2)^2 + (86010.5311)^2 + (-15457.127)^2 + (-9288.691)^2]^{1/2}$$

$$= 218983.62 \text{ kg}$$

d. Lantai 1 (f_1)

$$f_1 = \left(\sum_{n=1}^N f_{1n}^2 \right)^{1/2} = [(117303.61)^2 + (85461.1608)^2 + (28837.1351)^2 + (7057.6656)^2]^{1/2}$$

$$= 148138.92 \text{ kg}$$

C. Gaya geser dasar (V_b)

$$V_b = \left(\sum_{n=1}^N V_n^2 \right)^{1/2} = [(641791.639)^2 + (91805.998)^2 + (11126.22037)^2 + (2081.58333)^2]^{1/2}$$

$$= 648423.4529 \text{ kg}$$

D. Momen guling (M_b)

$$M_b = \left(\sum_{n=1}^N M_{bn}^2 \right)^{1/2} = [(8221917.06)^2 + (-194639.4)^2 + (14622.34737)^2 + (-15088.665)^2]^{1/2}$$

$$= 8224247.453 \text{ kg.m}$$

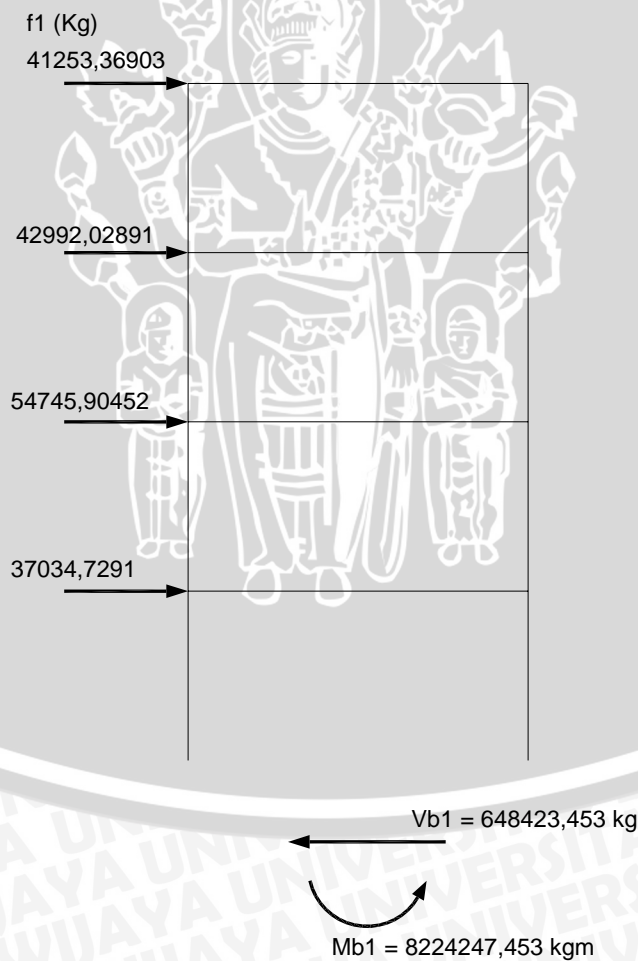
E. Gaya Masing-masing Portal

$$f_4 = 41253.36903 \text{ Kg}$$

$$f_3 = 42992.02891 \text{ Kg}$$

$$f_2 = 54745.90452 \text{ Kg}$$

$$f_1 = 37034.72918 \text{ Kg}$$



Gambar 4.4. Respon statik kombinasi

4.2. Perhitungan nilai koefisien C_a dan C_v

Perhitungan ini merupakan *input* untuk analisis pushover. Pada SNI-1726-2002 penggambaran respon spektra hanya memberikan parameter spektrum percepatan (C_a) dengan periode (T). Sebenarnya penggambaran dari spektrum respon merupakan suatu grafik logaritma yang mempunyai parameter-parameter yaitu : spektrum kecepatan (C_v), spektrum percepatan (C_a), spektrum perpindahan (C_d) dan frekuensi (F). Besarnya nilai-nilai yang mempengaruhi dari penggambaran spektrum respon tergantung berdasarkan wilayah gempanya.

$$C_v = \frac{C_a x T}{2\pi}$$

Dengan : C_v = spektrum kecepatan

C_a = spektrum percepatan 0.7 g

T = Periode gerak natural = 0.329 dt

$$C_v = \frac{0.7 \times 9.81 \times 0.51}{2\pi} = 0.557 \text{ m/dt}$$

Dari proses analisis *pushover* dengan menggunakan program SAP 2000 non linear yang ada pada lampiran 4 didapatkan :

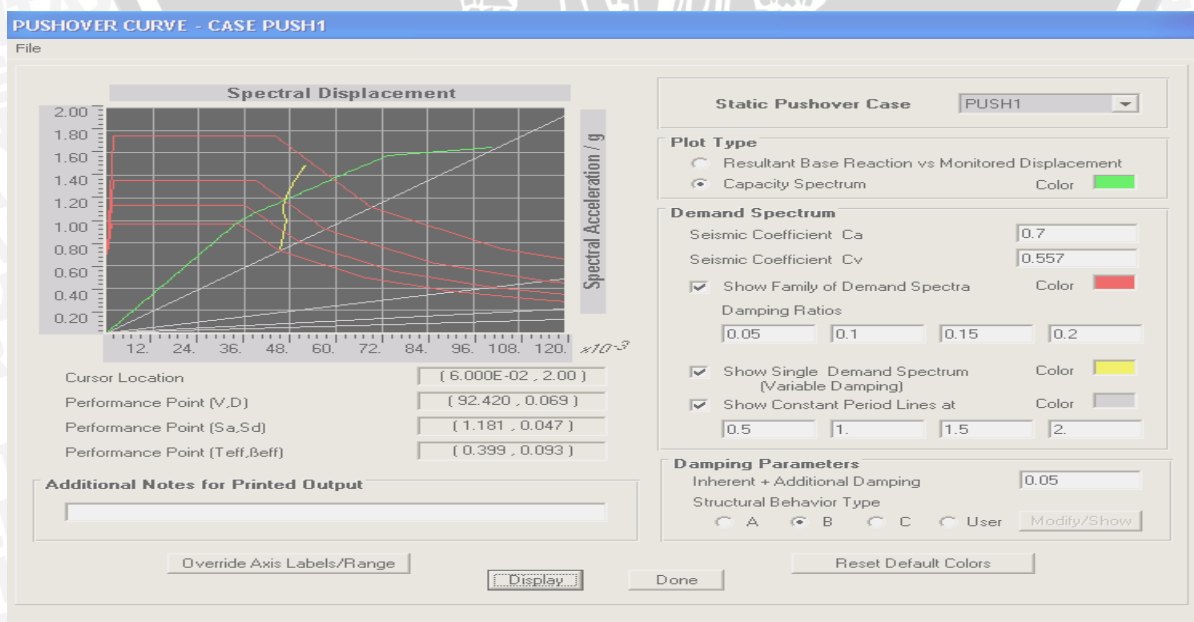
$S_d = 0.047 \text{ m}$ dan $S_a = 0.491 \text{ g}$

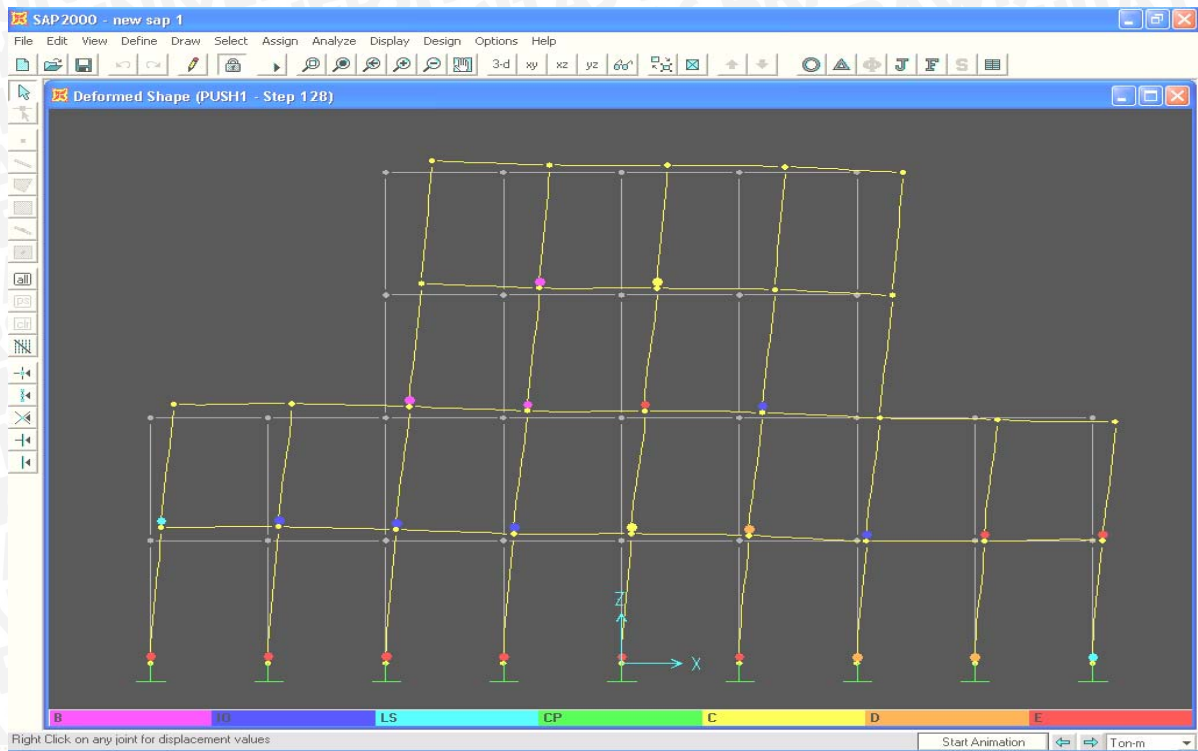
Penentuan titik kinerja struktur didasarkan pada besarnya rasio perpindahan atap yang dihitung pada portal ujung-ujung yaitu :

Rasio perpindahan atap = besar perpindahan diatap (titik kinerja) : H_{total}

4.3. Daktilitas dan kinerja struktur portal

4.3.1. Analisa hasil pushover





SAP2000 v7.42 File: NEW SAP 1 Ton-m Units PAGE 1
1/7/07 15:17:38

ADHI KUSUMA HARYANTO
PUSHOVER CAPACITY/DEMAND COMPARISON
Pushover Case PUSH1

Step	Teff	Beff	Sd(C)	Sa(C)	Sd(D)	Sa(D)	ALPHA	PF*Ø
0	0.374	0.050	0.000	0.000	0.052	1.487	1.000	1.000
1	0.374	0.050	4.669E-04	0.013	0.052	1.487	0.681	1.498
2	0.374	0.050	9.337E-04	0.027	0.052	1.487	0.681	1.498
3	0.374	0.050	1.401E-03	0.040	0.052	1.487	0.681	1.498
4	0.374	0.050	1.867E-03	0.054	0.052	1.487	0.681	1.498
5	0.375	0.050	2.334E-03	0.067	0.052	1.487	0.681	1.498
6	0.375	0.050	2.801E-03	0.080	0.052	1.487	0.681	1.498
7	0.375	0.050	3.268E-03	0.094	0.052	1.487	0.681	1.498
8	0.375	0.050	3.735E-03	0.107	0.052	1.487	0.681	1.498
9	0.375	0.050	4.202E-03	0.121	0.052	1.487	0.681	1.498
10	0.375	0.050	4.669E-03	0.134	0.052	1.487	0.681	1.498
11	0.375	0.050	5.136E-03	0.147	0.052	1.487	0.681	1.498
12	0.375	0.050	5.603E-03	0.161	0.052	1.487	0.681	1.498
13	0.375	0.050	6.070E-03	0.174	0.052	1.487	0.681	1.498
14	0.375	0.050	6.537E-03	0.188	0.052	1.487	0.681	1.498
15	0.375	0.050	7.004E-03	0.201	0.052	1.487	0.681	1.498
16	0.375	0.050	7.471E-03	0.214	0.052	1.487	0.681	1.498



17	0.375	0.050	7.938E-03	0.228	0.052	1.487	0.681	1.498
18	0.375	0.050	8.405E-03	0.241	0.052	1.487	0.681	1.498
19	0.375	0.050	8.872E-03	0.255	0.052	1.487	0.681	1.498
20	0.375	0.050	9.339E-03	0.268	0.052	1.487	0.681	1.498
21	0.375	0.050	9.806E-03	0.281	0.052	1.487	0.681	1.498
22	0.375	0.050	0.010	0.295	0.052	1.487	0.681	1.498
23	0.375	0.050	0.011	0.308	0.052	1.487	0.681	1.498
24	0.375	0.050	0.011	0.322	0.052	1.487	0.681	1.498
25	0.375	0.050	0.012	0.335	0.052	1.487	0.681	1.498
26	0.375	0.050	0.012	0.348	0.052	1.487	0.681	1.498
27	0.375	0.050	0.013	0.362	0.052	1.487	0.681	1.498
28	0.375	0.050	0.013	0.375	0.052	1.487	0.681	1.498
29	0.375	0.050	0.014	0.389	0.052	1.487	0.681	1.498
30	0.375	0.050	0.014	0.402	0.052	1.487	0.681	1.498
31	0.375	0.050	0.014	0.415	0.052	1.487	0.681	1.498
32	0.375	0.050	0.015	0.429	0.052	1.487	0.681	1.498
33	0.375	0.050	0.015	0.442	0.052	1.487	0.681	1.498
34	0.375	0.050	0.016	0.456	0.052	1.487	0.681	1.498
35	0.375	0.050	0.016	0.469	0.052	1.487	0.681	1.498
36	0.375	0.050	0.017	0.482	0.052	1.487	0.681	1.498
37	0.375	0.050	0.017	0.496	0.052	1.487	0.681	1.498
38	0.375	0.050	0.018	0.509	0.052	1.487	0.681	1.498
39	0.375	0.050	0.018	0.523	0.052	1.487	0.681	1.498
40	0.375	0.050	0.019	0.536	0.052	1.487	0.681	1.498
41	0.375	0.050	0.019	0.549	0.052	1.487	0.681	1.498
42	0.375	0.050	0.020	0.563	0.052	1.487	0.681	1.498
43	0.375	0.050	0.020	0.576	0.052	1.487	0.681	1.498
44	0.375	0.050	0.021	0.590	0.052	1.487	0.681	1.498
45	0.375	0.050	0.021	0.603	0.052	1.487	0.681	1.498
46	0.375	0.050	0.021	0.616	0.052	1.487	0.681	1.498
47	0.375	0.050	0.022	0.630	0.052	1.487	0.681	1.498
48	0.375	0.050	0.022	0.643	0.052	1.487	0.681	1.498
49	0.375	0.050	0.023	0.657	0.052	1.487	0.681	1.498
50	0.375	0.050	0.023	0.670	0.052	1.487	0.681	1.498
51	0.375	0.050	0.024	0.683	0.052	1.487	0.681	1.498
52	0.375	0.050	0.024	0.697	0.052	1.487	0.681	1.498
53	0.375	0.050	0.025	0.710	0.052	1.487	0.681	1.498
54	0.375	0.050	0.025	0.724	0.052	1.487	0.681	1.498
55	0.375	0.050	0.026	0.737	0.052	1.487	0.681	1.498
56	0.375	0.050	0.026	0.750	0.052	1.486	0.681	1.498
57	0.375	0.050	0.027	0.764	0.052	1.486	0.681	1.498
58	0.375	0.050	0.027	0.777	0.052	1.486	0.681	1.498
59	0.375	0.050	0.028	0.791	0.052	1.486	0.681	1.498
60	0.375	0.050	0.028	0.804	0.052	1.486	0.681	1.498
61	0.375	0.050	0.028	0.817	0.052	1.486	0.681	1.498
62	0.375	0.050	0.029	0.831	0.052	1.486	0.681	1.498
63	0.375	0.050	0.029	0.844	0.052	1.486	0.681	1.498
64	0.375	0.050	0.030	0.858	0.052	1.486	0.681	1.498

65	0.375	0.050	0.030	0.871	0.052	1.486	0.681	1.498
66	0.375	0.050	0.031	0.884	0.052	1.486	0.681	1.498
67	0.375	0.050	0.031	0.898	0.052	1.486	0.681	1.498
68	0.375	0.050	0.032	0.911	0.052	1.486	0.681	1.498
69	0.375	0.050	0.032	0.924	0.052	1.484	0.681	1.498
70	0.375	0.051	0.033	0.938	0.052	1.482	0.682	1.498
71	0.375	0.051	0.033	0.951	0.052	1.478	0.682	1.498
72	0.375	0.051	0.034	0.964	0.052	1.474	0.682	1.498
73	0.376	0.052	0.034	0.977	0.051	1.467	0.682	1.497
74	0.376	0.053	0.035	0.989	0.051	1.461	0.683	1.497
75	0.376	0.054	0.035	1.002	0.051	1.453	0.684	1.497
76	0.378	0.056	0.036	1.013	0.051	1.432	0.685	1.497
77	0.379	0.059	0.036	1.024	0.050	1.413	0.687	1.496
78	0.380	0.061	0.037	1.035	0.050	1.396	0.688	1.496
79	0.381	0.063	0.038	1.046	0.050	1.381	0.689	1.495
80	0.382	0.065	0.038	1.056	0.049	1.361	0.691	1.495
81	0.383	0.068	0.039	1.067	0.049	1.342	0.693	1.494
82	0.385	0.070	0.040	1.077	0.049	1.325	0.695	1.493
83	0.386	0.073	0.040	1.088	0.048	1.310	0.696	1.492
84	0.388	0.077	0.041	1.106	0.048	1.281	0.699	1.491
85	0.390	0.080	0.042	1.116	0.048	1.263	0.701	1.490
86	0.392	0.082	0.043	1.126	0.048	1.248	0.703	1.489
87	0.393	0.084	0.044	1.136	0.047	1.233	0.705	1.488
88	0.394	0.087	0.044	1.146	0.047	1.220	0.707	1.487
89	0.396	0.089	0.045	1.156	0.047	1.207	0.708	1.487
90	0.397	0.091	0.046	1.166	0.047	1.196	0.710	1.486
91	0.398	0.092	0.046	1.177	0.047	1.185	0.711	1.485
92	0.400	0.094	0.047	1.187	0.047	1.174	0.713	1.484
93	0.401	0.096	0.048	1.197	0.047	1.165	0.714	1.483
94	0.402	0.097	0.049	1.208	0.046	1.156	0.716	1.482
95	0.403	0.099	0.049	1.218	0.046	1.148	0.717	1.481
96	0.405	0.100	0.050	1.229	0.046	1.140	0.718	1.481
97	0.406	0.101	0.051	1.239	0.046	1.132	0.720	1.480
98	0.407	0.102	0.051	1.250	0.046	1.125	0.721	1.479
99	0.408	0.104	0.052	1.261	0.046	1.119	0.722	1.478
100	0.409	0.105	0.053	1.271	0.046	1.112	0.723	1.477
101	0.410	0.106	0.054	1.282	0.046	1.106	0.724	1.477
102	0.411	0.106	0.054	1.293	0.046	1.101	0.725	1.476
103	0.412	0.107	0.055	1.303	0.046	1.095	0.726	1.475
104	0.413	0.108	0.056	1.314	0.046	1.090	0.727	1.474
105	0.414	0.109	0.056	1.325	0.046	1.086	0.728	1.474
106	0.415	0.110	0.057	1.336	0.046	1.081	0.729	1.473
107	0.416	0.110	0.058	1.347	0.046	1.076	0.730	1.472
108	0.417	0.111	0.059	1.358	0.046	1.072	0.731	1.471
109	0.418	0.112	0.059	1.369	0.046	1.067	0.732	1.471
110	0.419	0.112	0.060	1.380	0.046	1.063	0.732	1.470
111	0.420	0.113	0.061	1.391	0.046	1.059	0.733	1.469
112	0.420	0.113	0.062	1.402	0.046	1.055	0.734	1.468

113	0.421	0.114	0.062	1.413	0.046	1.052	0.735	1.468
114	0.422	0.114	0.063	1.424	0.046	1.048	0.735	1.467
115	0.423	0.115	0.064	1.436	0.046	1.044	0.736	1.467
116	0.424	0.115	0.065	1.447	0.046	1.041	0.736	1.466
117	0.425	0.116	0.065	1.459	0.047	1.037	0.736	1.466
118	0.426	0.116	0.066	1.471	0.047	1.033	0.737	1.466
119	0.427	0.117	0.067	1.483	0.047	1.030	0.737	1.465
120	0.428	0.117	0.068	1.495	0.047	1.027	0.737	1.465
121	0.429	0.118	0.069	1.506	0.047	1.023	0.737	1.465
122	0.429	0.118	0.070	1.518	0.047	1.020	0.738	1.465
123	0.430	0.118	0.070	1.530	0.047	1.017	0.738	1.465
124	0.431	0.119	0.071	1.542	0.047	1.015	0.738	1.464
125	0.432	0.119	0.072	1.554	0.047	1.012	0.738	1.464
126	0.433	0.119	0.073	1.566	0.047	1.009	0.739	1.464
127	0.433	0.119	0.073	1.572	0.047	1.008	0.739	1.464
128	0.497	0.196	0.101	1.649	0.045	0.741	0.705	1.539

$$\text{Besarnya daktilitas struktur } (\mu) = \frac{\Delta_u}{\Delta_{y-\text{pertama}}} = \frac{0.101}{0.026} = 3.885$$

$$\text{Roof drift ratio} = \frac{\text{roof drift}(D)}{H} = \frac{0.046}{20} = 0.0023$$

$$\text{Persentase drift} = 0.23 \%$$

$$\text{Inelastic drift ratio} = \frac{\delta_{\text{sec ond yield}} - \delta_{\text{first yield}}}{H} = \frac{0.026 - 0.026}{20} = 0$$

Berdasarkan nilai drift diatas maka tingkat kinerja struktur adalah sebagai berikut :

1. ATC 40, 1997 (tabel 2.1) termasuk dalam kondisi pelayanan operasional (*immediate occupancy*).
2. ACMC 2001 (gambar 2.3) termasuk dalam kondisi batas layan (*serviceability limit*), dimana kerusakan terjadi pada elemen nonstruktural saja.

4.3.2. Penentuan kebutuhan daktilitas kurvatur

Dari hasil operasi *pushover* di atas, dapat dilihat bahwa mekanisme keruntuhan yang terjadi adalah COLUMN SIDESWAY MECHANISM, dimana leleh terjadi di penampang kritis dari kolom sebelum balok mencapai kurvatur leleh. Leleh pertama terjadi pada langkah ke-55 dengan displacement sebesar 0,026 m dan kehancuran terjadi pada langkah ke-128.

ANALISA MEKANISME KEHANCURAN STATIS

Daktilitas yang diperlukan $\mu = 3,885$

Dimensi kolom : $b = d = 500 \text{ mm}$

Tinggi kolom $l_c = 5000/500 = 10 d$

Berdasarkan rumus Matock-Corley didapat nilai l_{pc}

$$l_{pc} = 0,5 d + 0,05 z = 0,5.500 + 0,05.2500 = 375$$

$$l_{pc} = 0,75 d$$

$$\beta_1 = 0,6 \text{ dan } \beta_2 = \beta_3 = 0,5$$

$$\Delta_y = \frac{l_c^6}{6} \left[\varphi_{c1} \left(r + \frac{1}{3} \right) + \varphi_{c2} + \varphi_{c3} + \dots + \varphi_{cr} \right]$$

$$= \frac{(10d)^2}{6} \left[\varphi_{yc} \left(4 + \frac{1}{3} \right) + 3\varphi_{yc} \right]$$

$$= 122,22 d^2 \varphi_{yc}$$

$$\mu = 1 + \frac{\theta_{pc}}{\Delta_y} \left[l_c - 0,5(l_{pc} + l'_{pc}) \right] \rightarrow \theta_{pc} = (\varphi_{uci} - \varphi_{yci}) l_{pc}$$

$$\mu = 1 + \frac{(\varphi_{uci} - \varphi_{yci}) l_{pc}}{\Delta_y} \left[l_c - 0,5(l_{pc} + l'_{pc}) \right]$$

$$(\varphi_{uc} - \varphi_{yc}) l_{pc} = \frac{\mu \Delta_y - \Delta_y}{l_c - 0,5(l_{pc} + l'_{pc})}$$

$$\frac{(\varphi_{uc} - \varphi_{yc})}{\varphi_{yc}} = \frac{\mu \Delta_y - \Delta_y}{[l_c l_{pc} - 0,5 l_{pc}^2 - 0,5 l'_{pc} l_{pc}] \varphi_{yc}}$$

$$\frac{\varphi_{uc}}{\varphi_{yc}} = 1 + \frac{\mu \Delta_y - \Delta_y}{[l_c l_{pc} - 0,5 l_{pc}^2 - 0,5 l'_{pc} l_{pc}] \varphi_{yc}}$$

$$= 1 + \frac{3,885 \cdot 122,22 d^2 \varphi_{yc} - 122,22 d^2 \varphi_{yc}}{[10d \cdot 0,75d - 0,5(0,75d)^2 - 0,5(0,75d)^2] \varphi_{yc}}$$

$$= 51,83$$

Maka kebutuhan daktilitas kurvatur yang harus dipenuhi oleh kolom = 51,83 untuk daktilitas perpindahan struktur $\mu = 3,885$

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Hasil dari analisis pushover dengan menggunakan SAP 2000 non linier didapatkan :

- Daktilitas struktur pada bangunan tak beraturan (IRREGULAR FORM BUILDING) yang didesain diperoleh daktilitas struktur yang tidak melebihi daktilitas pada parameter daktilitas gedung yang diatur dalam peraturan yang ada, yaitu sebesar 3,885 (daktail parsial).
- Mekanisme keruntuhan struktur yang terjadi adalah COLUMN SIDESWAY MECHANISM, dimana leleh terjadi pada penampang kritis dari kolom sebelum balok-balok mencapai kurvatur leleh.
- A) Besar deformasi lateral yang terjadi sebesar = 0.101 m = 10.1 cm
B) Prosentase drift rata-rata yang diperoleh sebesar 0.23 %, maka tingkat pelayanan struktur berdasarkan :
 - ❖ ATC 40 : Bangunan berada pada kondisi batas operasional (*immediate occupancy*).
 - ❖ ACMC 2001 : Bangunan berada pada kondisi batas layan (*serviceability limit state*).
 - ❖ Sedangkan daktilitas struktur sebesar $\mu = 3,885$

5.2. Saran

Dalam melakukan perhitungan performa point pada bangunan tak beraturan (irregular form building) dengan analisis pushover agar didapatkan hasil yang akurat dan mendetail maka perlu diperhatikan hal-hal berikut ini :

1. Apabila struktur merupakan pendesainan secara virtuil perlu pemahaman dan pengetahuan yang baik terhadap hal-hal atau peraturan-peraturan dalam pembuatan suatu struktur sehingga didapatkan desain yang benar-benar sesuai dengan kenyataan di lapangan.
2. Apabila struktur merupakan studi kasus, maka perlu pengamatan yang baik dan mendetail terhadap gambar struktur dan parameter-parameter yang digunakan dalam pembangunan struktur tersebut.

3. Perlunya pemahaman yang lebih baik terhadap parameter-parameter yang ada dalam penggunaan pushover pada SAP 2000, sehingga akan didapatkan hasil keluaran (*output*) yang dapat dipercaya dan dipertanggungjawabkan.





LAMPIRAN 1

PERHITUNGAN PEMBEBANAN DAN KEKAKUAN KOLOM ANTAR LANTAI

1. Pembebanan

1.1. Plat

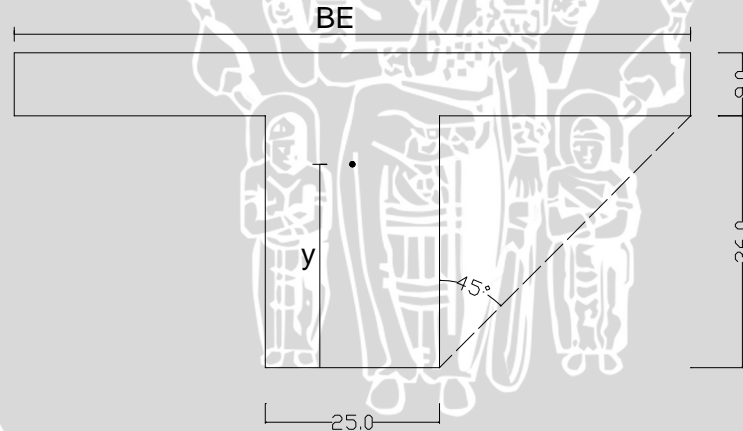
- Dalam perencanaan ini arah memanjang dan memendek semua plat adalah sama (4 x 4 m).
- Plat 2 arah

$$L_y = l_x = 400 - \frac{1}{2} (25 + 25) = 375 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{375}{375} = 1 \rightarrow \text{plat 2 arah}$$

$$h_{\min} = \frac{375(0,8 + \frac{420}{1500})}{(36 + 9)} = 9 \text{ cm}$$

$$h_{\max} = \frac{375(0,8 + \frac{420}{1500})}{36} = 11,2 \text{ cm}$$



$$BE = (36 \times 2) + 25 = 97 \text{ cm}$$

$$y = \frac{(873 \times 40,5) + (900 \times 18)}{1773} = 29,0787 \text{ cm} \rightarrow \text{dari serat bawah}$$

$$I_b = \left\{ \left(\frac{1}{12} \times 97 \times 9^3 \right) + (873 \times 11.4213^2) \right\} + \left\{ \left(\frac{1}{12} \times 25 \times 36^3 \right) + (900 \times 11.0787^2) \right\}$$

$$= 327436.0243 \text{ cm}^4$$

$$I_p = \frac{1}{12} \times 375 \times 9^3$$

$$= 22781,25 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_m = \frac{E_b I_b}{E_p I_p} \rightarrow \text{dimana } E_b = E_p$$

$$= \frac{327436,0243}{22781,25} = 14,373$$

$$h = \frac{0,8 + \frac{f_y}{1500}}{36 + 5\beta \left\{ \alpha_m - 0,12 \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right\}} \times 375$$

$$= \frac{0,8 + \frac{f_y}{1500}}{36 + (5 \times 1) \{ 14,373 - 0,2(1+1) \}} \times 375$$

$$= 3,79 \text{ cm}$$

Maka dapat tetap diambil tebal plat 9 cm

◆ Plat Lantai

➤ Beban Mati

- Berat sendiri plat	:	0,09 x 2400	= 216
- Berat pasir	:	0,03 x 1600	= 48
- Keramik	:	1 x 24	= 24
- Berat eternit	:	11	= 11
- Penggantung langit-langit	:	7	= 7
- Berat pipa sanitasi	:	40	= 40 +
			346 kg/m ²

➤ Beban Hidup

- Beban guna perkantoran = 250 kg/m²

➤ Beban Terfaktor

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 \cdot 146 + 1,6 \cdot 250 \\ &= 575,2 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

◆ Plat Atap

➤ Beban Mati

- Berat sendiri plat	:	0,09 x 2400	= 216
- Berat eternit	:	11	= 11

- Penggantung langit-langit : 7 = 7
 - Berat pipa sanitasi : 40 = 40 +
 274 kg/m²

➤ **Beban Hidup**

- Berat air hujan : 0,05 x 1000 = 50
 - Berat pekerja : 100 = 100 +
 150 kg/m²

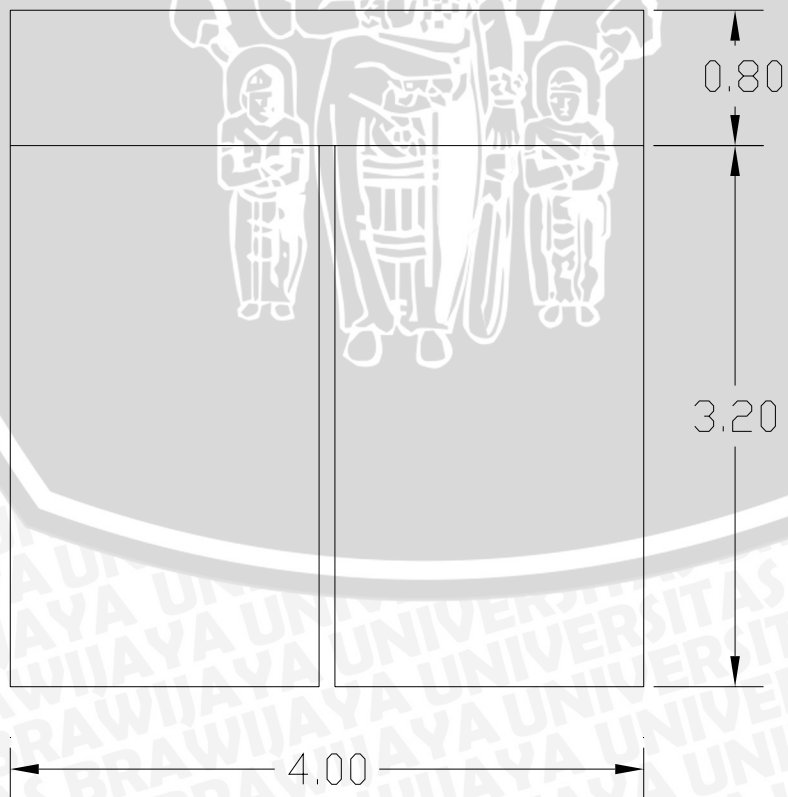
➤ **Beban Terfaktor**

$Q_u = 1,2 DL + 1,6 LL$
 $= 1,2 \cdot 274 + 1,6 \cdot 150$
 $= 569 \text{ kg/m}^2$

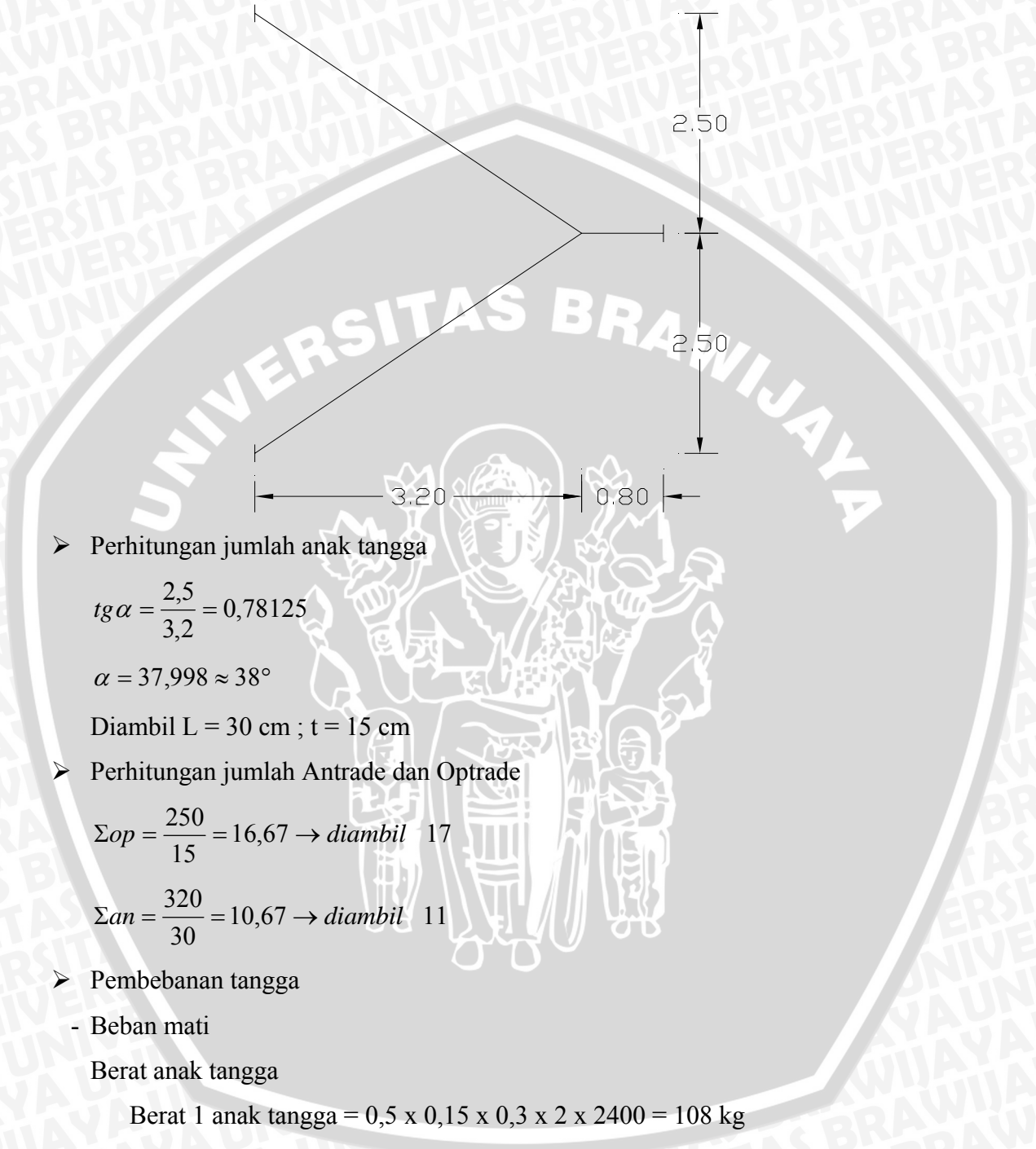
1.2. Tangga

➤ **Pemodelan tangga**

- Tampak atas



- Tampak samping



- Perhitungan jumlah anak tangga

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2,5}{3,2} = 0,78125$$

$$\alpha = 37,998 \approx 38^\circ$$

Diambil $L = 30 \text{ cm}$; $t = 15 \text{ cm}$

- Perhitungan jumlah Antrade dan Oprtrade

$$\Sigma_{op} = \frac{250}{15} = 16,67 \rightarrow \text{diambil } 17$$

$$\Sigma_{an} = \frac{320}{30} = 10,67 \rightarrow \text{diambil } 11$$

- Pembebanan tangga

- Beban mati

Berat anak tangga

$$\text{Berat 1 anak tangga} = 0,5 \times 0,15 \times 0,3 \times 2 \times 2400 = 108 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah anak tangga dalam 1 m} = \frac{100}{\left(\frac{30}{\cos \alpha}\right)} = 2,63 \text{ buah / m}$$

$$\mathbf{q_1} = 2,63 \times 108 = 283,7 \text{ kg/m}$$

Berat plat tangga tebal 20 cm



$$q_2 = \frac{0,2 \times 2}{\cos 37,998} \times 2400 = 1218,22 \text{ kg/m}$$

Berat keramik

$$(0,15 + 0,3) \times 2 \times 24 = 21,6 \text{ kg}$$

$$q_3 = 21,6 \times 2,63 = 56,81 \text{ kg/m}$$

Berat spesi (1 cm)

$$0,01 \times (0,15 + 0,3) \times 2 \times 2200 = 18,8 \text{ kg}$$

$$q_4 = 18,8 \times 2,63 = 52,1 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat total beban mati} = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 1610,83 = 1611 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup

$$\text{PPIUG '83 : } q_{LL} = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{LL} = 300 \times 2 \text{ m} = 600 \text{ kg/m}$$

- Beban terfaktor

$$(1,2 \times 1611) + (1,6 \times 600) = 2893,2 \text{ kg/m}$$

➤ Pembebanan bordes

Tebal plat 20 cm

- Beban mati

$$\text{Berat sendiri} : 0,2 \times 4 \times 2400 = 1920$$

$$\text{Berat keramik} : 4 \times 24 = 96$$

$$\text{Berat spesi} : 0,01 \times 4 \times 2200 = 88 +$$

$$2104 \text{ kg/m}$$

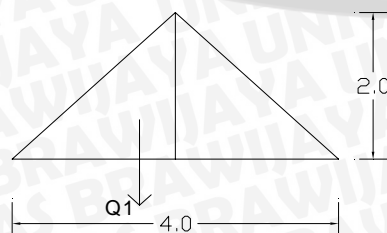
- Beban hidup

$$q_{LL} = 4 \times 300 = 1200 \text{ kg/m}$$

- Beban terfaktor

$$(1,2 \times 2104) + (1,6 \times 1200) = 4445 \text{ kg/m}$$

1.3. Portal Arah Memanjang dan Melintang



$$R_A = \text{Luas } Q1 \\ = 0,5 \times 2^2 = 2 \text{ m}^2$$

Mmax ada di tengah-tengah bentang

$$M_{\max} = (R_A \times L) - \left\{ R_A \times \left(\frac{1}{3}\right) \times L \right\} \\ = (2 \times 2) - \left\{ 2 \times \left(\frac{1}{3}\right) \times 2 \right\} \\ = 2,67 \text{ m}^3$$

$$M_{\max} = \left(\frac{1}{8}\right) \times h \times L^2$$

$$h = \frac{M_{\max} \times 8}{L^2} = \frac{2,67 \times 8}{4^2} = 1,33 \text{ m}$$

➤ Pembebanan balok induk lantai portal pinggir

- Beban mati

Berat plat	: 346 x 1,33	= 460,18	
Berat balok	: 0,25 x 0,45 x 2400	= 270	
Berat dinding	: 250 x 2	= 500	+
			1230,18 kg/m

- Beban hidup

$$L_L = 250 \times 1,33 = 332,5 \text{ kg/m}$$

➤ Pembebanan balok induk lantai portal tengah

- Beban mati

Berat plat	: 346 x 1,33 x 2	= 920,36	
Berat balok	: 0,25 x 0,45 x 2400	= 270	+
			1190,36 kg/m

- Beban hidup

$$L_L = 250 \times 1,33 \times 2 = 665 \text{ kg/m}$$

➤ Pembebanan balok induk atap portal pinggir

- Beban mati

Berat plat	: 274 x 1,33	= 364,42	
Berat balok	: 0,25 x 0,45 x 2400	= 270	+
			634,42 kg/m

- Beban hidup

$$L_L = 150 \times 1,33 = 199,5 \text{ kg/m}$$

➤ Pembebanan balok induk atap portal tengah

- Beban mati

Berat plat : $274 \times 1,33 \times 2 = 728,84$

Berat balok : $0,25 \times 0,45 \times 2400 = 270$ +

998,84 kg/m

- Beban hidup

$L_L = 150 \times 1,33 \times 2 = 399$ kg/m

➤ Joint load

LETAK JOINT	BEBAN HIDUP (Kg)	BEBAN MATI (Kg)
Atap Pinggir	798	2537,68
Joint Atap ⊥	1596	4535,36
Joint Atap + Lantai ⊥	1729	6189,56
Joint Lantai Pinggir	1330	4920,72
Joint Lantai ⊥	2660	7301,44

1.4. Pembebanan Masing-masing Lantai

➤ **Lantai 1**

- Plat Lantai : $2400 \times 0,09 \times [(32 \times 12)-16] = 79488$

- Plafon + Penggantung : $18 \times [(32 \times 12)-16] = 6624$

- Keramik : $24 \times [(32 \times 12)-16] = 8832$

- Spesi : $21 \times [(32 \times 12)-16] = 7728$

- Balok Memanjang : $2400 \times 4 \times 32 \times 0,25 \times (0,45-0,09) = 27648$

- Balok Melintang : $2400 \times 9 \times 12 \times 0,25 \times (0,45-0,09) = 23328$

- Dinding : $(250 \times 32 \times 2 \times 2) + (250 \times 12 \times 2 \times 2) = 44000$

- Tangga : $= 3691,13$

- Kolom : $2400 \times 0,5 \times 0,5 \times 5 \times 36 = 108000$

- Beban Hidup : $0,7 \times 250 \times [(32 \times 12)-16] = 64400$ +

TOTAL = 373739,13Kg

➤ **Lantai 2**

- Plat Lantai	: $2400 \times 0,09 \times [(32 \times 12)-16]$	= 79488
- Plafon + Penggantung	: $18 \times [(32 \times 12)-16]$	= 6624
- Keramik	: $24 \times [(16 \times 12)-16]$	= 4224
- Spesi	: $21 \times [(16 \times 12)-16]$	= 3696
- Balok Memanjang	: $2400 \times 4 \times 32 \times 0,25 \times (0,45-0,09)$	= 27648
- Balok Melintang	: $2400 \times 9 \times 12 \times 0,25 \times (0,45-0,09)$	= 23328
- Dinding	: $(250 \times 32 \times 2 \times 2) + (250 \times 12 \times 2 \times 2)$	= 44000
- Tangga		= 3691,13
- Kolom	: $2400 \times 0,5 \times 0,5 \times 5 \times 36$	= 108000
- Beban Hidup	: $\{0,7 \times 250 \times [(16 \times 12)-16]\} +$ $\{0,7 \times 150 \times 16 \times 12\}$	= <u>50960</u> +
TOTAL		= 351659,13Kg

➤ **Lantai 3**

- Plat Lantai	: $2400 \times 0,09 \times [(16 \times 12)-16]$	= 38016
- Plafon + Penggantung	: $18 \times [(16 \times 12)-16]$	= 3168
- Keramik	: $24 \times [(16 \times 12)-16]$	= 4224
- Spesi	: $21 \times [(16 \times 12)-16]$	= 3696
- Balok Memanjang	: $2400 \times 4 \times 16 \times 0,25 \times (0,45-0,09)$	= 13824
- Balok Melintang	: $2400 \times 5 \times 12 \times 0,25 \times (0,45-0,09)$	= 12960
- Dinding	: $(250 \times 16 \times 2 \times 2) + (250 \times 12 \times 2 \times 2)$	= 28000
- Tangga		= 3691,13
- Kolom	: $2400 \times 0,5 \times 0,5 \times 5 \times 20$	= 60000
- Beban Hidup	: $0,7 \times 250 \times [(16 \times 12)-16]$	= <u>30800</u> +
TOTAL		= 198379,13Kg

➤ **Lantai 4**

- Plat Lantai	: $2400 \times 0,09 \times 16 \times 12$	= 41472
---------------	--	---------

- Plafon + Peggantung	: 18 x 16 x 12	= 3456
- Balok Memanjang	: 2400 x 4 x 16 x 0,25 x (0,45-0,09)	= 13824
- Balok Melintang	: 2400 x 5 x 12 x 0,25 x (0,45-0,09)	= 12960
- Tangga		= 3691,13
- Kolom	: 2400 x 0,5 x 0,5 x 5 x 20	= 60000
- Beban Hidup	: 0,7 x 150 x 16 x 12	= 20160 +
TOTAL		= 155563,13Kg

LANTAI	BERAT (kg)
4	155563,1
3	198379,13
2	351659,13
1	373739,13
TOTAL	2791970.2

Tabel L.1 Berat tiap-tiap lantai

2. Kekakuan Antar Lantai (K)

Berdasarkan SNI-1726-2002 pasal 5.5 hal 26 “momen inersia penampang unsur struktur dapat ditentukan sebesar momen inersia utuh dikalikan dengan prosentase efektifitas yaitu untuk kolom = 75%. Kekakuan sebuah struktur atau kolom dengan kondisi terjepit pada kedua ujungnya dengan memakai persamaan (2.3.1.1) :

$$k = \frac{12EI}{L^3}$$

2.1. Kekakuan Antar Lantai

Nilai modulus elastisitas beton (E_c) = $(W_c)^{1.5} \times 0.043 \sqrt{f'_c}$

Dengan : W_c = berat sendiri beton = 2400 kg/m³

f'_c = kuat tekan beton = 30 Mpa

Nilai modulus elastisitas beton (E_c) = $(2400)^{1.5} \times 0.043 \sqrt{30}$
 = 27691,47 MPa = 276914,7 kg/cm²

Inersia penampang (I) = $\frac{1}{12} b^4 = \frac{1}{12} 50^4 = 520833,33 \text{ cm}^4$

Inersia efektif (I_{eff}) = 75% x 520833,33 = 390625 cm⁴

$$\text{Kekakuan kolom } \varnothing 50 (l = 450 \text{ cm}) = \frac{12 \times 276914,7 \times 390625}{500^3} = 10384,3 \text{ kg/cm}$$

A) Lantai 1 dan 2

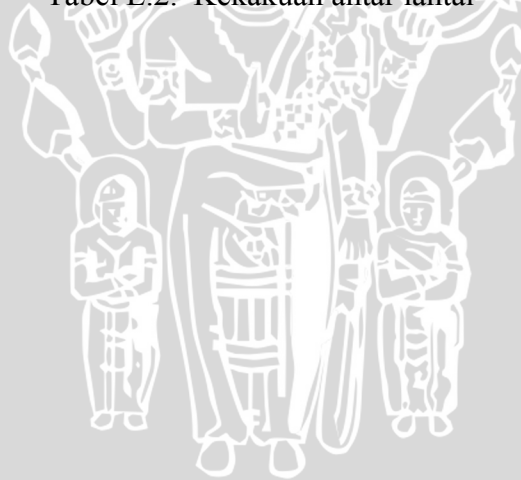
$$\text{Kekakuan kolom total per lantai} = 36 \times 10384,3 = 373834,845 \text{ Kg/cm}$$

B) Lantai 3 dan 4

$$\text{Kekakuan kolom total per lantai} = 20 \times 10384,3 = 207686,03 \text{ Kg/cm}$$

Kolom	Kekakuan (kg/cm ²)
K ₄	207686
K ₃	207686
K ₂	373834,845
K ₁	373834,845

Tabel L.2. Kekakuan antar lantai

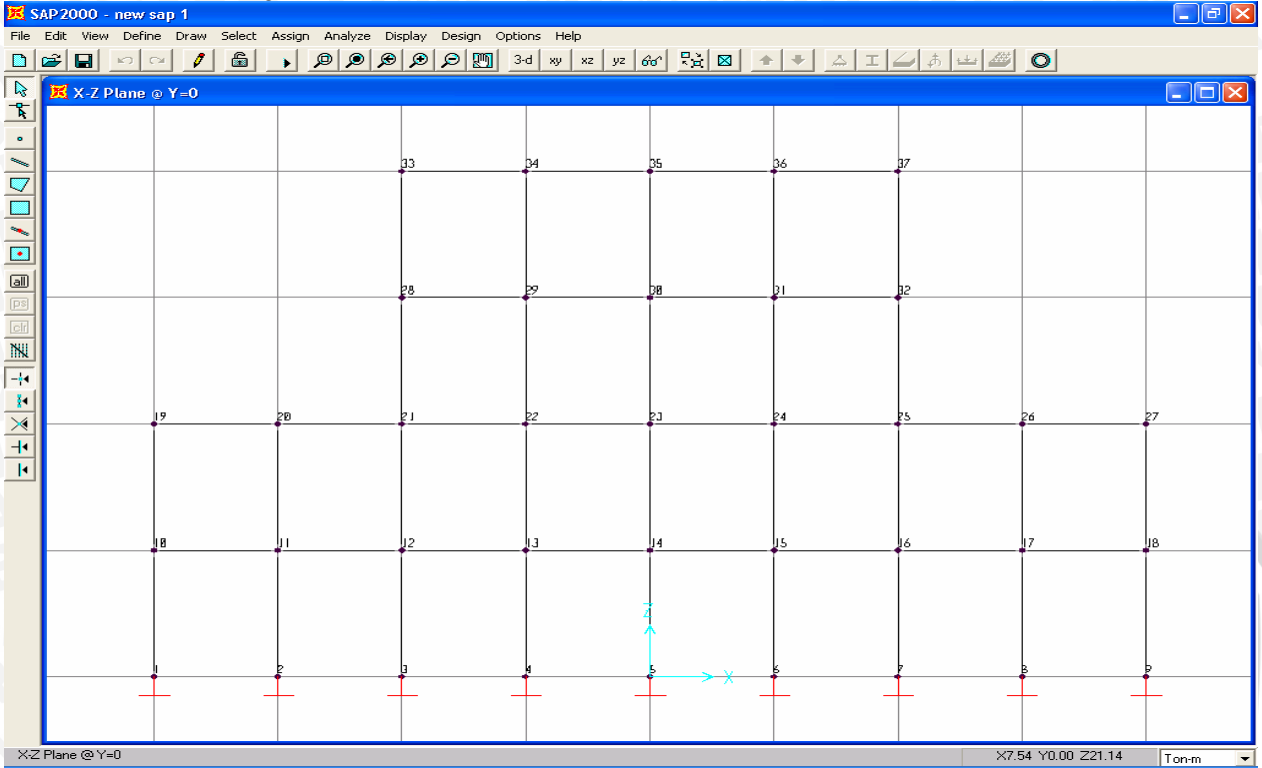




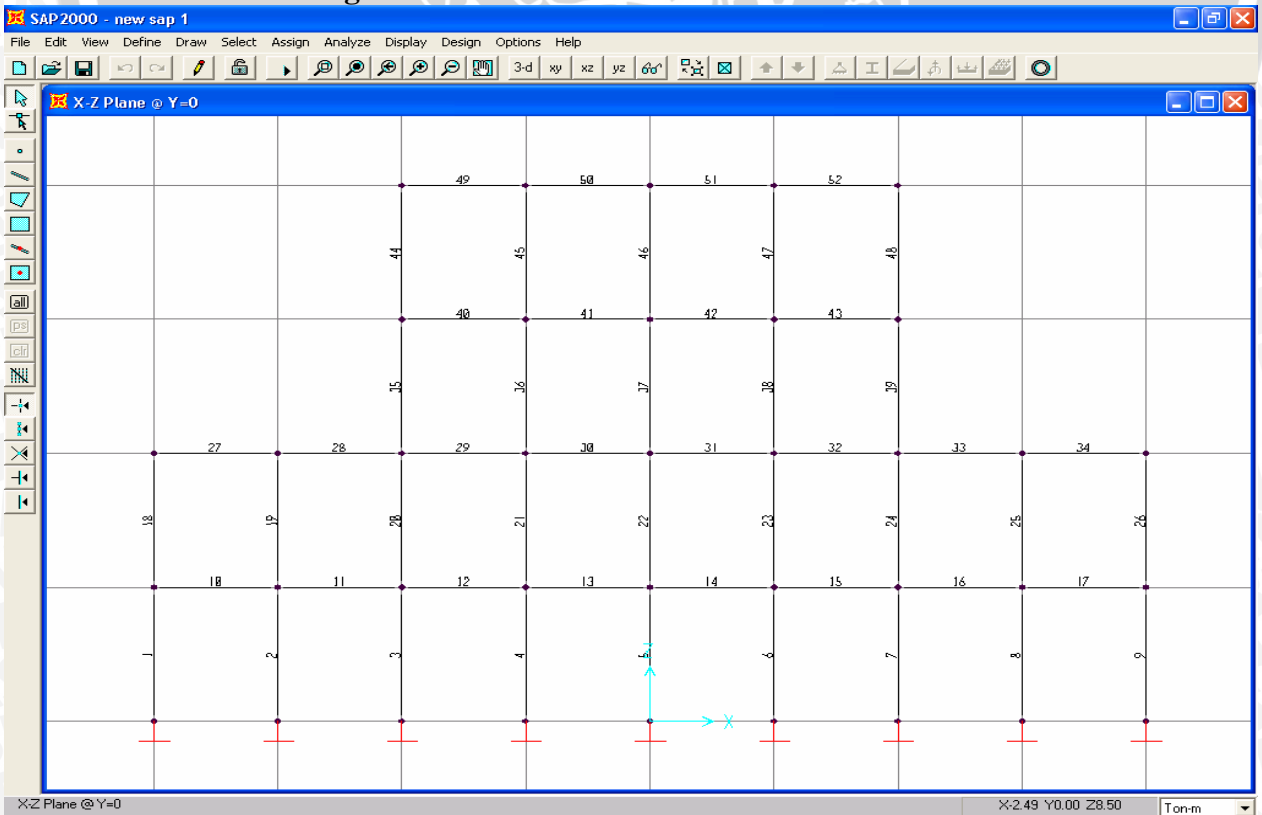
LAMPIRAN 2

Gambar Struktur

➤ Penomoran joint

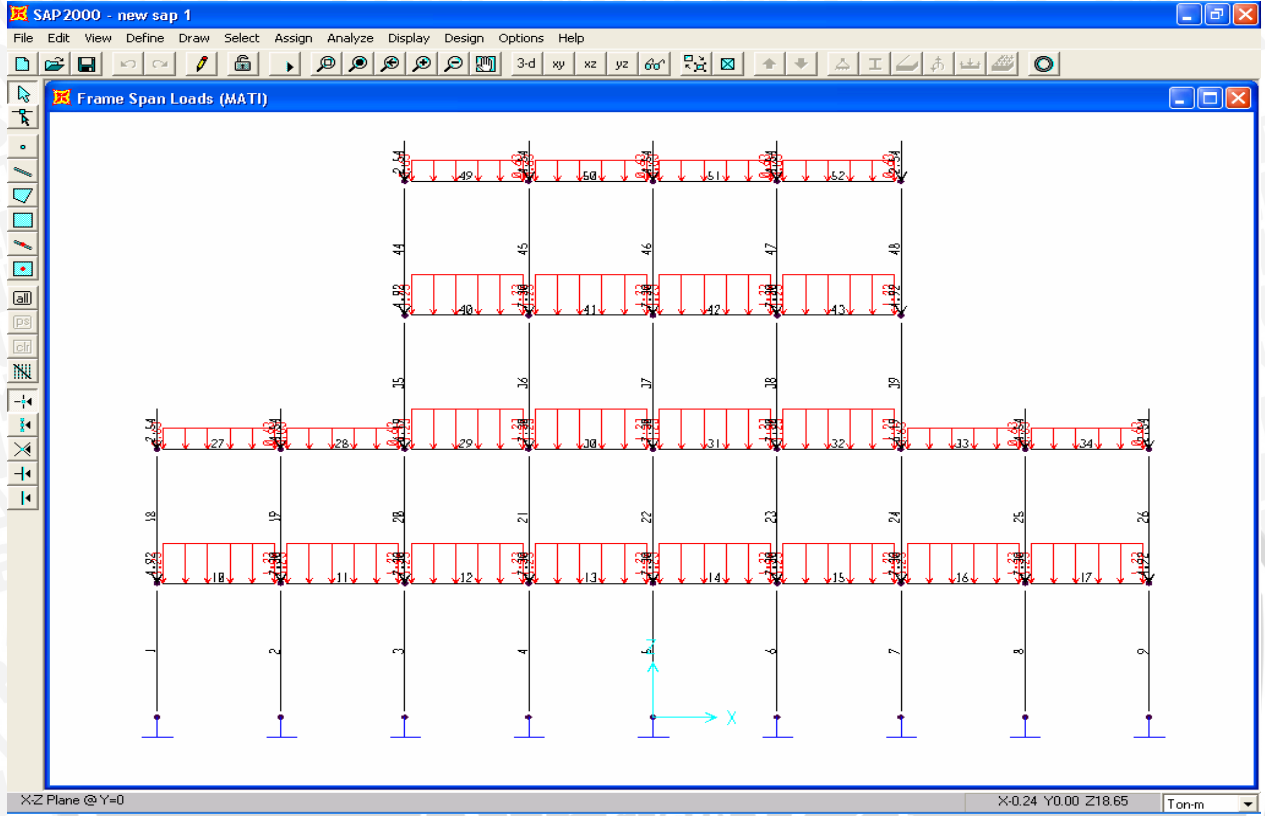


➤ Penomoran batang

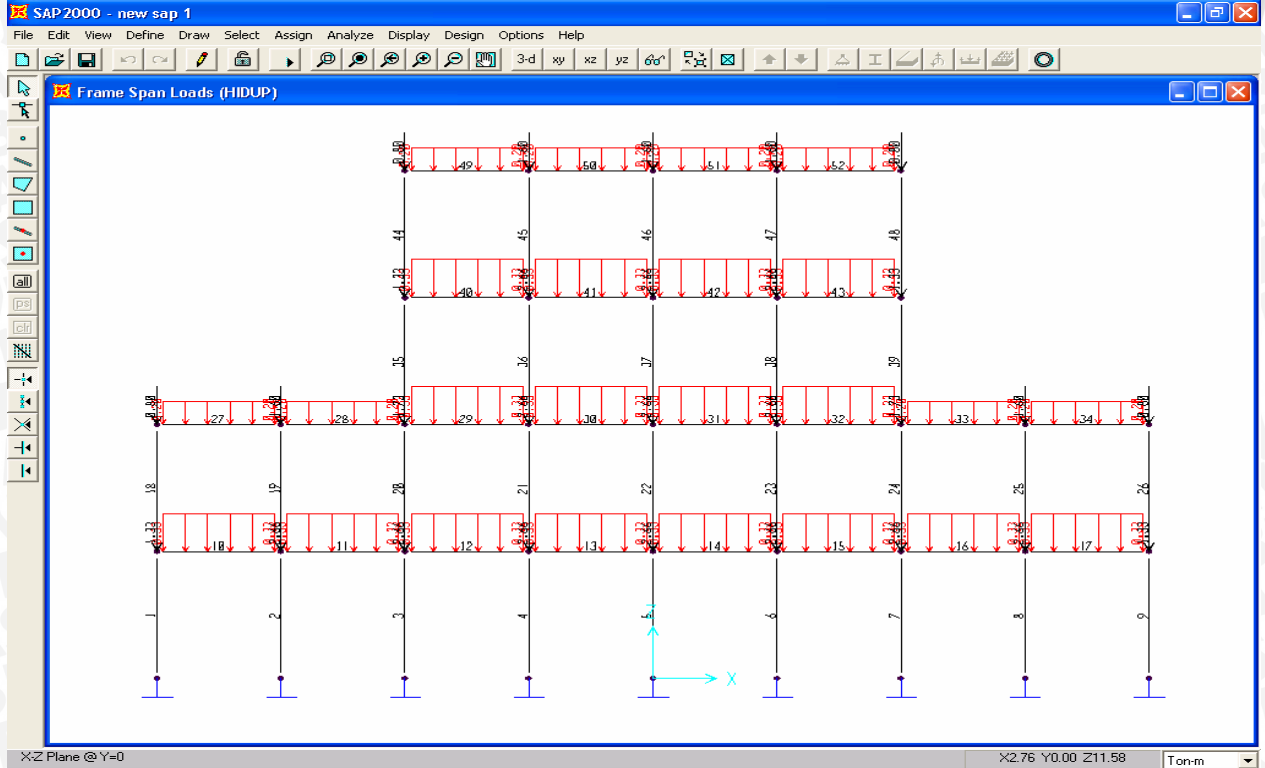


Pembebanan

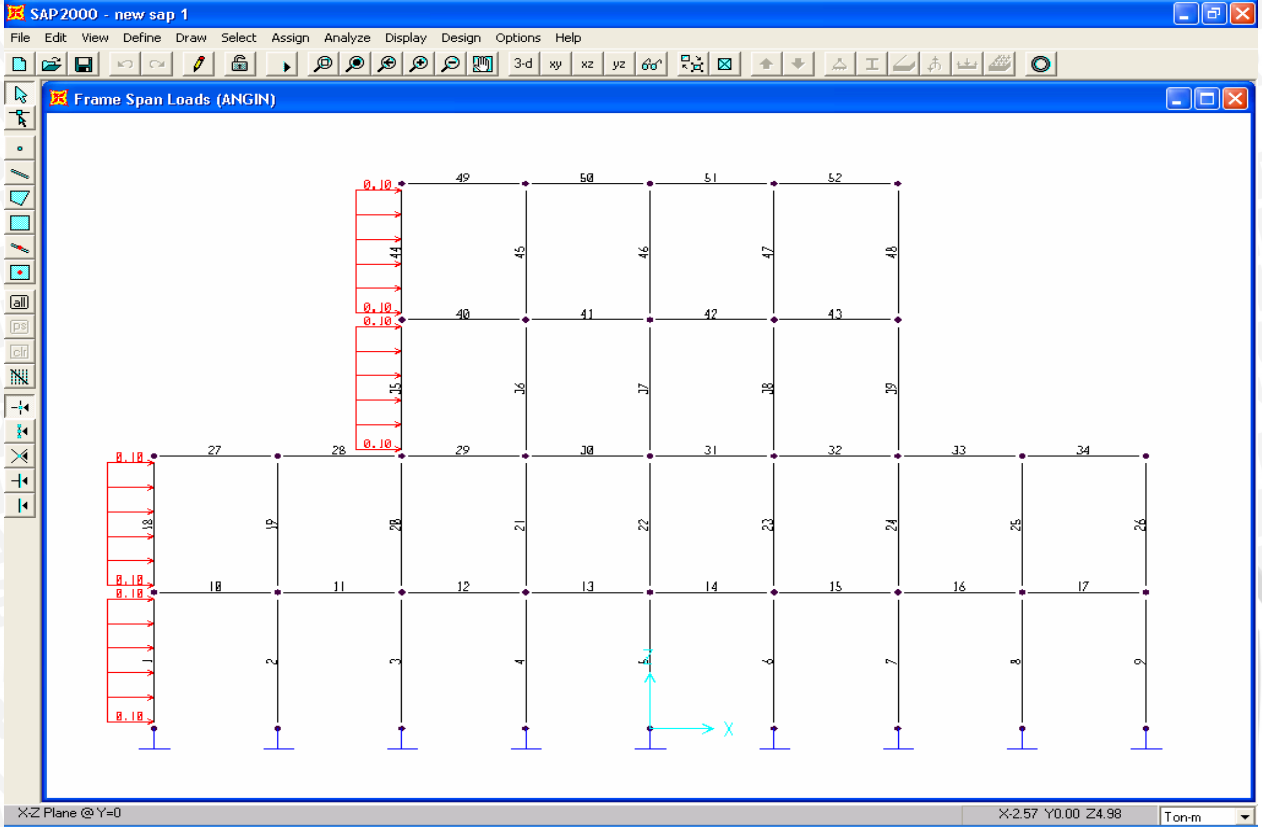
➤ Beban mati



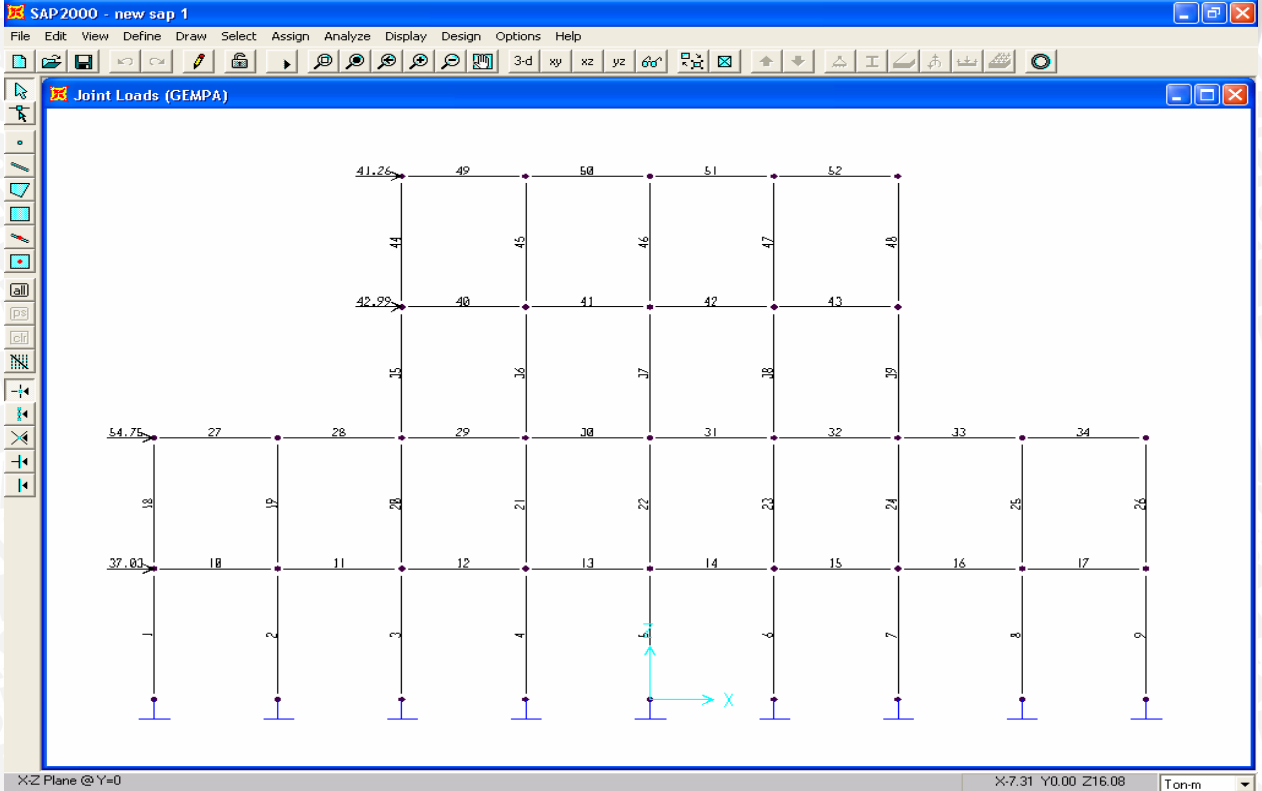
➤ Beban hidup



➤ Beban angin



➤ Beban gempa

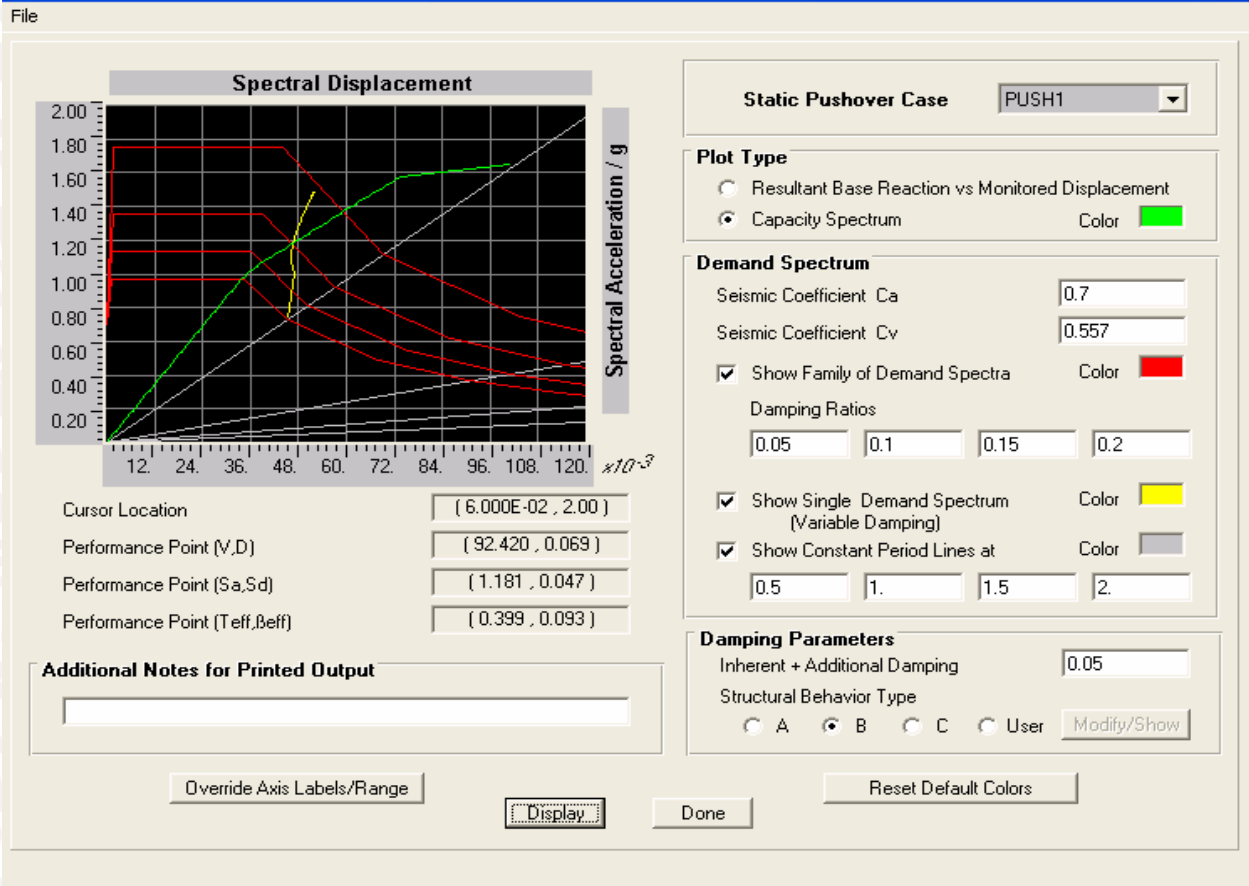




LAMPIRAN 3

Kurva pushover

PUSHOVER CURVE - CASE PUSH1



Pushover capacity/demand comparison

SAP2000 v7.42 File: NEW SAP 1 Ton-m Units PAGE 1
1/7/07 15:17:38

ADHI KUSUMA HARYANTO
PUSHOVER CAPACITY/DEMAND COMPARISON
Pushover Case PUSH1

Step	Teff	Beff	Sd(C)	Sa(C)	Sd(D)	Sa(D)	ALPHA	PF*Ø
0	0.374	0.050	0.000	0.000	0.052	1.487	1.000	1.000
1	0.374	0.050	4.669E-04	0.013	0.052	1.487	0.681	1.498
2	0.374	0.050	9.337E-04	0.027	0.052	1.487	0.681	1.498
3	0.374	0.050	1.401E-03	0.040	0.052	1.487	0.681	1.498
4	0.374	0.050	1.867E-03	0.054	0.052	1.487	0.681	1.498
5	0.375	0.050	2.334E-03	0.067	0.052	1.487	0.681	1.498
6	0.375	0.050	2.801E-03	0.080	0.052	1.487	0.681	1.498
7	0.375	0.050	3.268E-03	0.094	0.052	1.487	0.681	1.498
8	0.375	0.050	3.735E-03	0.107	0.052	1.487	0.681	1.498

9	0.375	0.050	4.202E-03	0.121	0.052	1.487	0.681	1.498
10	0.375	0.050	4.669E-03	0.134	0.052	1.487	0.681	1.498
11	0.375	0.050	5.136E-03	0.147	0.052	1.487	0.681	1.498
12	0.375	0.050	5.603E-03	0.161	0.052	1.487	0.681	1.498
13	0.375	0.050	6.070E-03	0.174	0.052	1.487	0.681	1.498
14	0.375	0.050	6.537E-03	0.188	0.052	1.487	0.681	1.498
15	0.375	0.050	7.004E-03	0.201	0.052	1.487	0.681	1.498
16	0.375	0.050	7.471E-03	0.214	0.052	1.487	0.681	1.498
17	0.375	0.050	7.938E-03	0.228	0.052	1.487	0.681	1.498
18	0.375	0.050	8.405E-03	0.241	0.052	1.487	0.681	1.498
19	0.375	0.050	8.872E-03	0.255	0.052	1.487	0.681	1.498
20	0.375	0.050	9.339E-03	0.268	0.052	1.487	0.681	1.498
21	0.375	0.050	9.806E-03	0.281	0.052	1.487	0.681	1.498
22	0.375	0.050	0.010	0.295	0.052	1.487	0.681	1.498
23	0.375	0.050	0.011	0.308	0.052	1.487	0.681	1.498
24	0.375	0.050	0.011	0.322	0.052	1.487	0.681	1.498
25	0.375	0.050	0.012	0.335	0.052	1.487	0.681	1.498
26	0.375	0.050	0.012	0.348	0.052	1.487	0.681	1.498
27	0.375	0.050	0.013	0.362	0.052	1.487	0.681	1.498
28	0.375	0.050	0.013	0.375	0.052	1.487	0.681	1.498
29	0.375	0.050	0.014	0.389	0.052	1.487	0.681	1.498
30	0.375	0.050	0.014	0.402	0.052	1.487	0.681	1.498
31	0.375	0.050	0.014	0.415	0.052	1.487	0.681	1.498
32	0.375	0.050	0.015	0.429	0.052	1.487	0.681	1.498
33	0.375	0.050	0.015	0.442	0.052	1.487	0.681	1.498
34	0.375	0.050	0.016	0.456	0.052	1.487	0.681	1.498
35	0.375	0.050	0.016	0.469	0.052	1.487	0.681	1.498
36	0.375	0.050	0.017	0.482	0.052	1.487	0.681	1.498
37	0.375	0.050	0.017	0.496	0.052	1.487	0.681	1.498
38	0.375	0.050	0.018	0.509	0.052	1.487	0.681	1.498
39	0.375	0.050	0.018	0.523	0.052	1.487	0.681	1.498
40	0.375	0.050	0.019	0.536	0.052	1.487	0.681	1.498
41	0.375	0.050	0.019	0.549	0.052	1.487	0.681	1.498
42	0.375	0.050	0.020	0.563	0.052	1.487	0.681	1.498
43	0.375	0.050	0.020	0.576	0.052	1.487	0.681	1.498
44	0.375	0.050	0.021	0.590	0.052	1.487	0.681	1.498
45	0.375	0.050	0.021	0.603	0.052	1.487	0.681	1.498
46	0.375	0.050	0.021	0.616	0.052	1.487	0.681	1.498
47	0.375	0.050	0.022	0.630	0.052	1.487	0.681	1.498
48	0.375	0.050	0.022	0.643	0.052	1.487	0.681	1.498
49	0.375	0.050	0.023	0.657	0.052	1.487	0.681	1.498
50	0.375	0.050	0.023	0.670	0.052	1.487	0.681	1.498
51	0.375	0.050	0.024	0.683	0.052	1.487	0.681	1.498
52	0.375	0.050	0.024	0.697	0.052	1.487	0.681	1.498
53	0.375	0.050	0.025	0.710	0.052	1.487	0.681	1.498
54	0.375	0.050	0.025	0.724	0.052	1.487	0.681	1.498
55	0.375	0.050	0.026	0.737	0.052	1.487	0.681	1.498

56	0.375	0.050	0.026	0.750	0.052	1.486	0.681	1.498
57	0.375	0.050	0.027	0.764	0.052	1.486	0.681	1.498
58	0.375	0.050	0.027	0.777	0.052	1.486	0.681	1.498
59	0.375	0.050	0.028	0.791	0.052	1.486	0.681	1.498
60	0.375	0.050	0.028	0.804	0.052	1.486	0.681	1.498
61	0.375	0.050	0.028	0.817	0.052	1.486	0.681	1.498
62	0.375	0.050	0.029	0.831	0.052	1.486	0.681	1.498
63	0.375	0.050	0.029	0.844	0.052	1.486	0.681	1.498
64	0.375	0.050	0.030	0.858	0.052	1.486	0.681	1.498
65	0.375	0.050	0.030	0.871	0.052	1.486	0.681	1.498
66	0.375	0.050	0.031	0.884	0.052	1.486	0.681	1.498
67	0.375	0.050	0.031	0.898	0.052	1.486	0.681	1.498
68	0.375	0.050	0.032	0.911	0.052	1.486	0.681	1.498
69	0.375	0.050	0.032	0.924	0.052	1.484	0.681	1.498
70	0.375	0.051	0.033	0.938	0.052	1.482	0.682	1.498
71	0.375	0.051	0.033	0.951	0.052	1.478	0.682	1.498
72	0.375	0.051	0.034	0.964	0.052	1.474	0.682	1.498
73	0.376	0.052	0.034	0.977	0.051	1.467	0.682	1.497
74	0.376	0.053	0.035	0.989	0.051	1.461	0.683	1.497
75	0.376	0.054	0.035	1.002	0.051	1.453	0.684	1.497
76	0.378	0.056	0.036	1.013	0.051	1.432	0.685	1.497
77	0.379	0.059	0.036	1.024	0.050	1.413	0.687	1.496
78	0.380	0.061	0.037	1.035	0.050	1.396	0.688	1.496
79	0.381	0.063	0.038	1.046	0.050	1.381	0.689	1.495
80	0.382	0.065	0.038	1.056	0.049	1.361	0.691	1.495
81	0.383	0.068	0.039	1.067	0.049	1.342	0.693	1.494
82	0.385	0.070	0.040	1.077	0.049	1.325	0.695	1.493
83	0.386	0.073	0.040	1.088	0.048	1.310	0.696	1.492
84	0.388	0.077	0.041	1.106	0.048	1.281	0.699	1.491
85	0.390	0.080	0.042	1.116	0.048	1.263	0.701	1.490
86	0.392	0.082	0.043	1.126	0.048	1.248	0.703	1.489
87	0.393	0.084	0.044	1.136	0.047	1.233	0.705	1.488
88	0.394	0.087	0.044	1.146	0.047	1.220	0.707	1.487
89	0.396	0.089	0.045	1.156	0.047	1.207	0.708	1.487
90	0.397	0.091	0.046	1.166	0.047	1.196	0.710	1.486
91	0.398	0.092	0.046	1.177	0.047	1.185	0.711	1.485
92	0.400	0.094	0.047	1.187	0.047	1.174	0.713	1.484
93	0.401	0.096	0.048	1.197	0.047	1.165	0.714	1.483
94	0.402	0.097	0.049	1.208	0.046	1.156	0.716	1.482
95	0.403	0.099	0.049	1.218	0.046	1.148	0.717	1.481
96	0.405	0.100	0.050	1.229	0.046	1.140	0.718	1.481
97	0.406	0.101	0.051	1.239	0.046	1.132	0.720	1.480
98	0.407	0.102	0.051	1.250	0.046	1.125	0.721	1.479
99	0.408	0.104	0.052	1.261	0.046	1.119	0.722	1.478
100	0.409	0.105	0.053	1.271	0.046	1.112	0.723	1.477
101	0.410	0.106	0.054	1.282	0.046	1.106	0.724	1.477
102	0.411	0.106	0.054	1.293	0.046	1.101	0.725	1.476

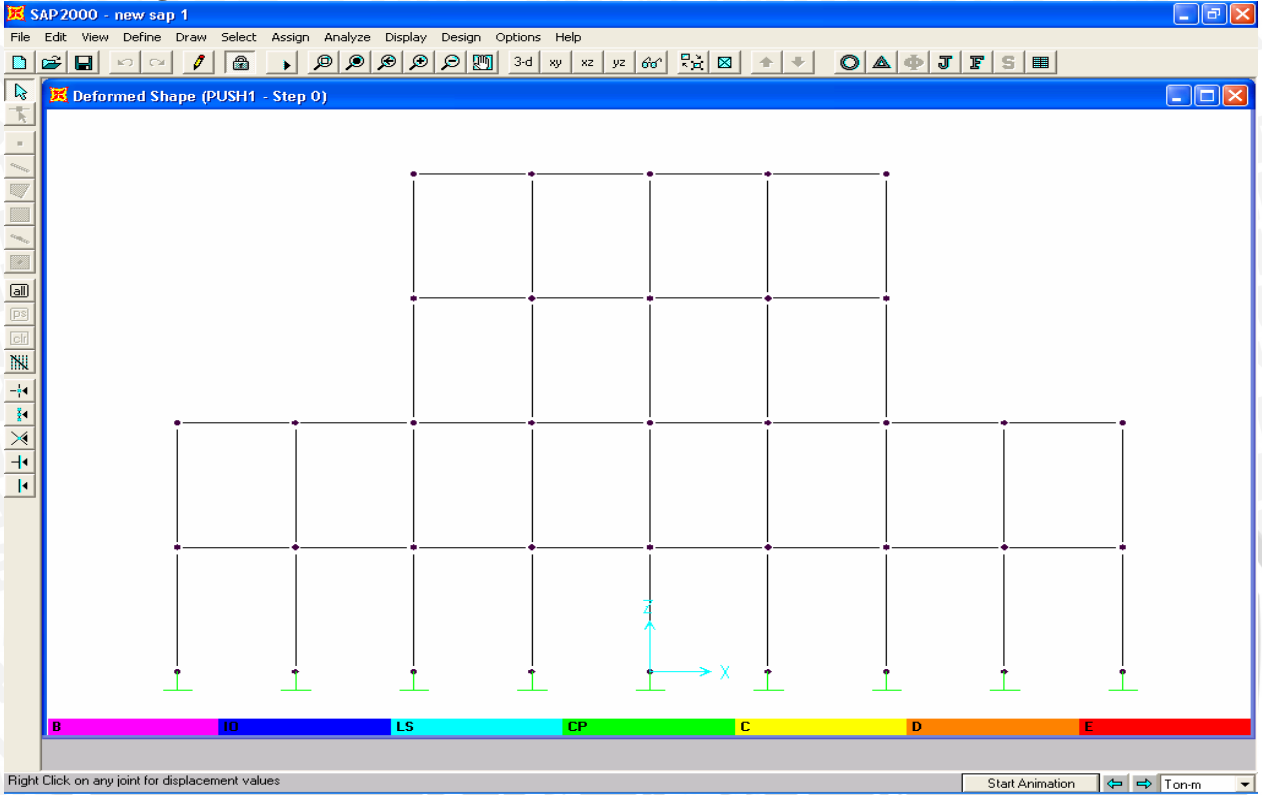


103	0.412	0.107	0.055	1.303	0.046	1.095	0.726	1.475
104	0.413	0.108	0.056	1.314	0.046	1.090	0.727	1.474
105	0.414	0.109	0.056	1.325	0.046	1.086	0.728	1.474
106	0.415	0.110	0.057	1.336	0.046	1.081	0.729	1.473
107	0.416	0.110	0.058	1.347	0.046	1.076	0.730	1.472
108	0.417	0.111	0.059	1.358	0.046	1.072	0.731	1.471
109	0.418	0.112	0.059	1.369	0.046	1.067	0.732	1.471
110	0.419	0.112	0.060	1.380	0.046	1.063	0.732	1.470
111	0.420	0.113	0.061	1.391	0.046	1.059	0.733	1.469
112	0.420	0.113	0.062	1.402	0.046	1.055	0.734	1.468
113	0.421	0.114	0.062	1.413	0.046	1.052	0.735	1.468
114	0.422	0.114	0.063	1.424	0.046	1.048	0.735	1.467
115	0.423	0.115	0.064	1.436	0.046	1.044	0.736	1.467
116	0.424	0.115	0.065	1.447	0.046	1.041	0.736	1.466
117	0.425	0.116	0.065	1.459	0.047	1.037	0.736	1.466
118	0.426	0.116	0.066	1.471	0.047	1.033	0.737	1.466
119	0.427	0.117	0.067	1.483	0.047	1.030	0.737	1.465
120	0.428	0.117	0.068	1.495	0.047	1.027	0.737	1.465
121	0.429	0.118	0.069	1.506	0.047	1.023	0.737	1.465
122	0.429	0.118	0.070	1.518	0.047	1.020	0.738	1.465
123	0.430	0.118	0.070	1.530	0.047	1.017	0.738	1.465
124	0.431	0.119	0.071	1.542	0.047	1.015	0.738	1.464
125	0.432	0.119	0.072	1.554	0.047	1.012	0.738	1.464
126	0.433	0.119	0.073	1.566	0.047	1.009	0.739	1.464
127	0.433	0.119	0.073	1.572	0.047	1.008	0.739	1.464
128	0.497	0.196	0.101	1.649	0.045	0.741	0.705	1.539

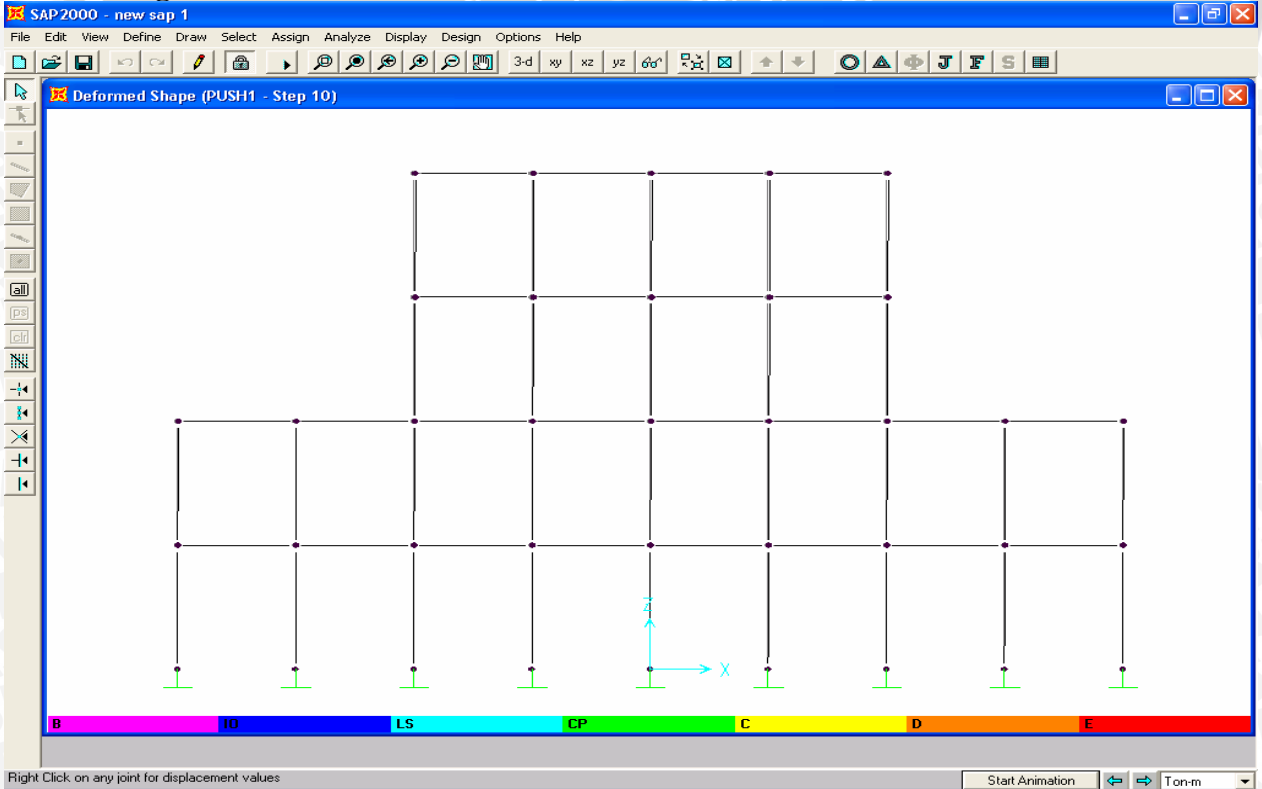


Pola keruntuhan

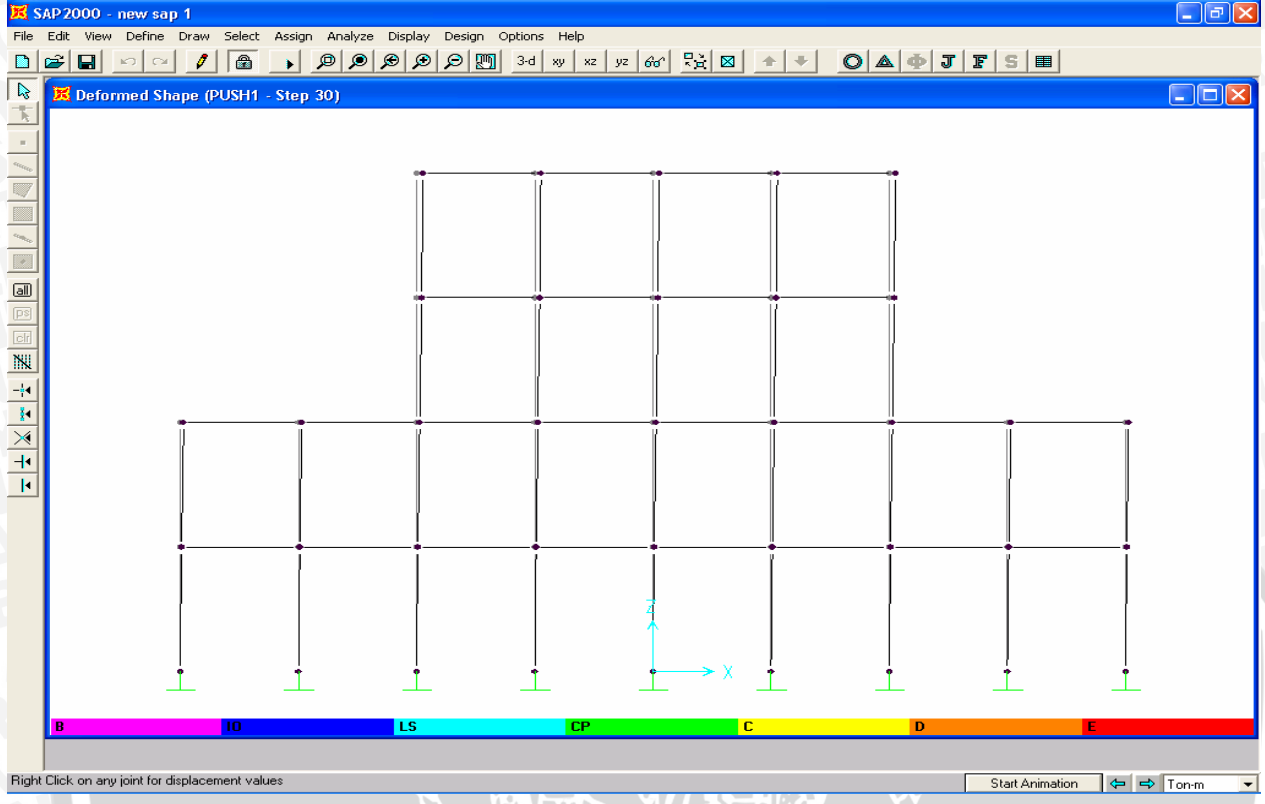
➤ Langkah ke-0



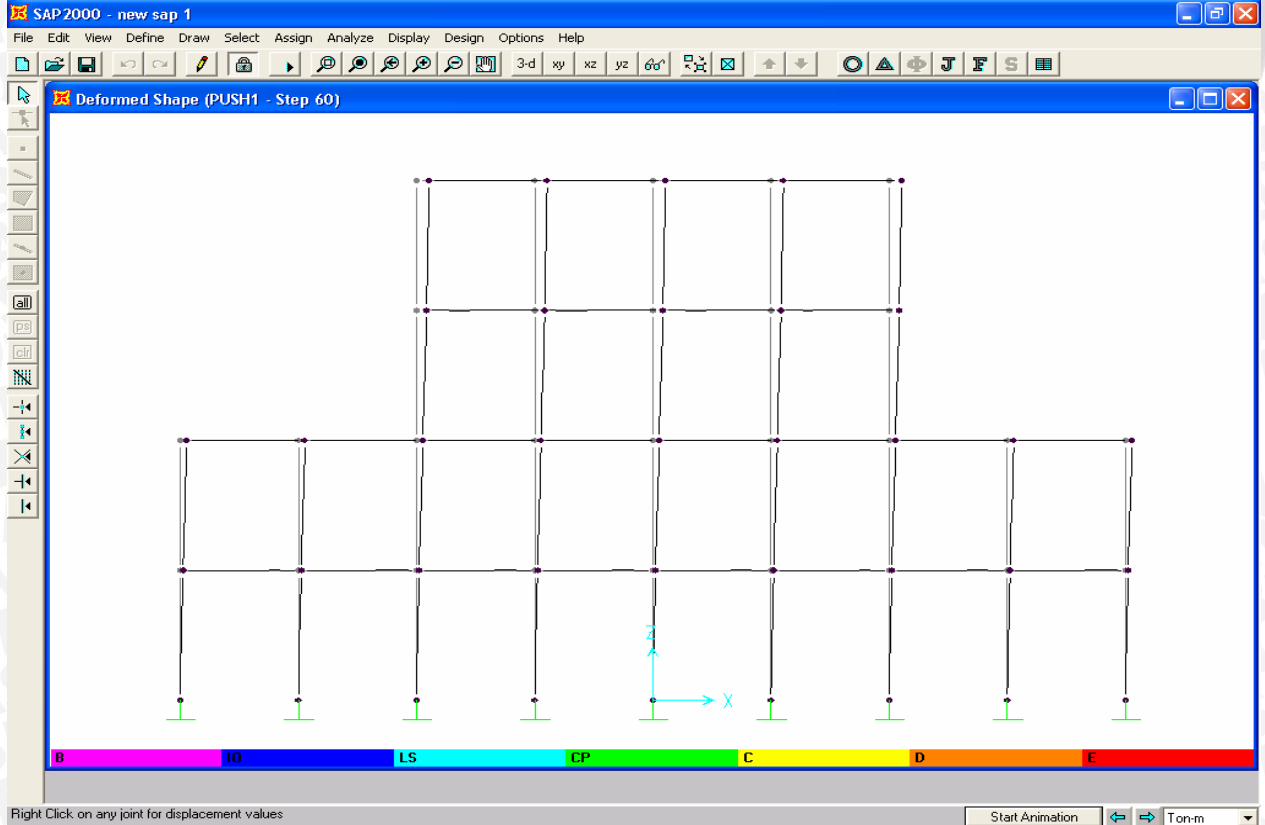
➤ Langkah ke-10



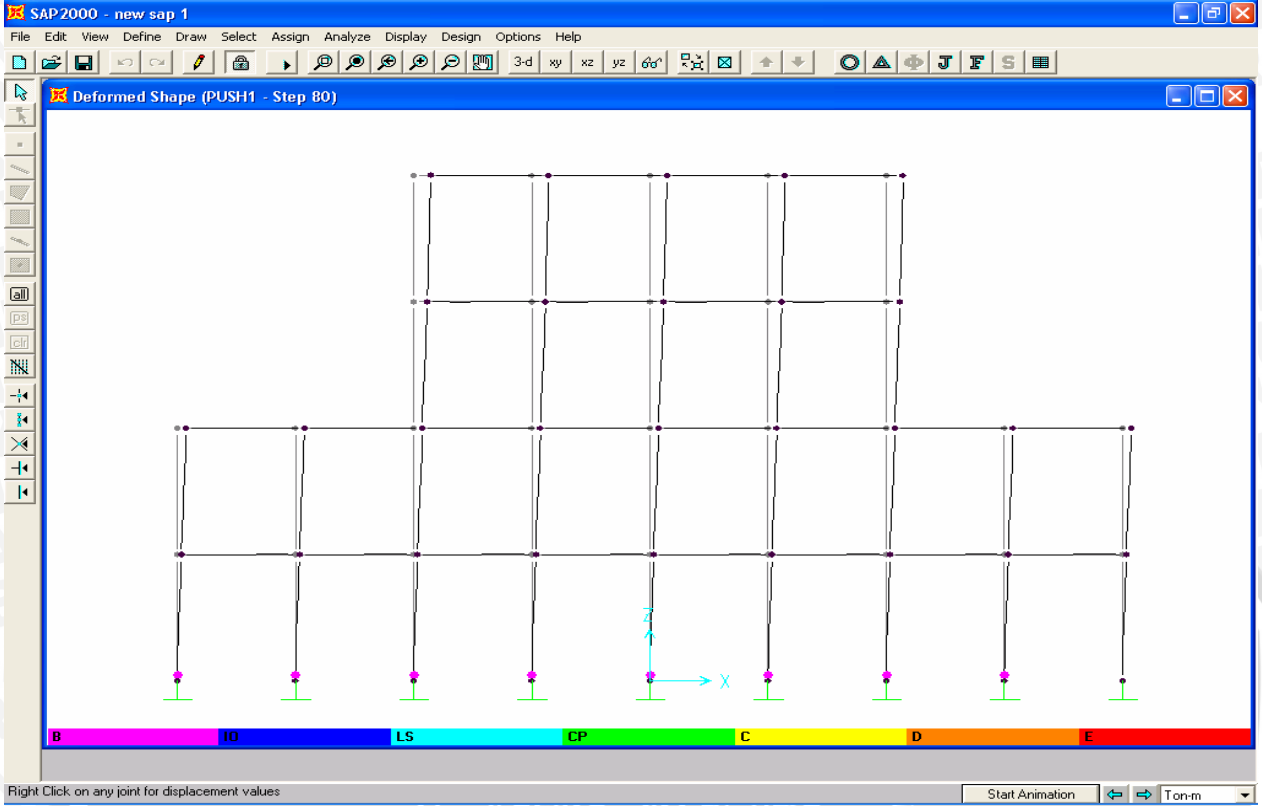
➤ Langkah ke-45



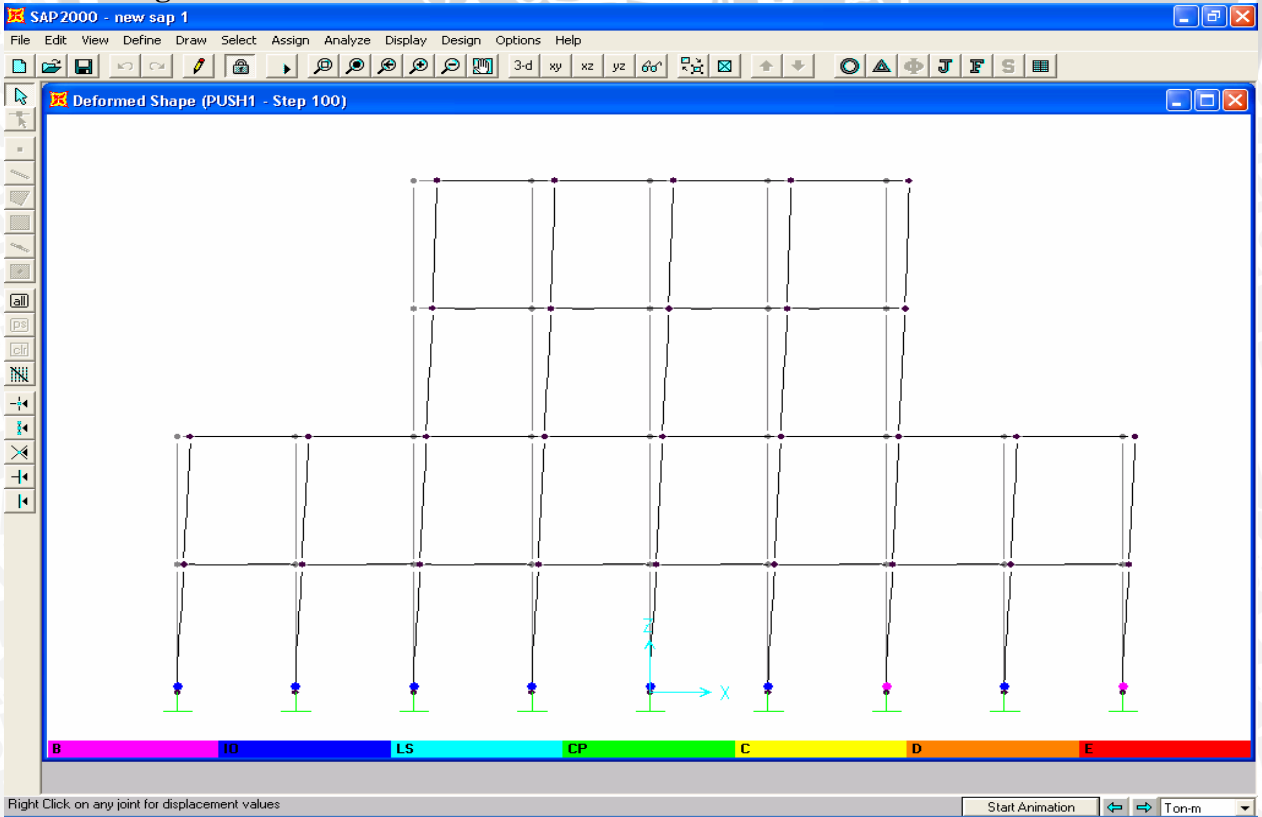
➤ Langkah ke-60



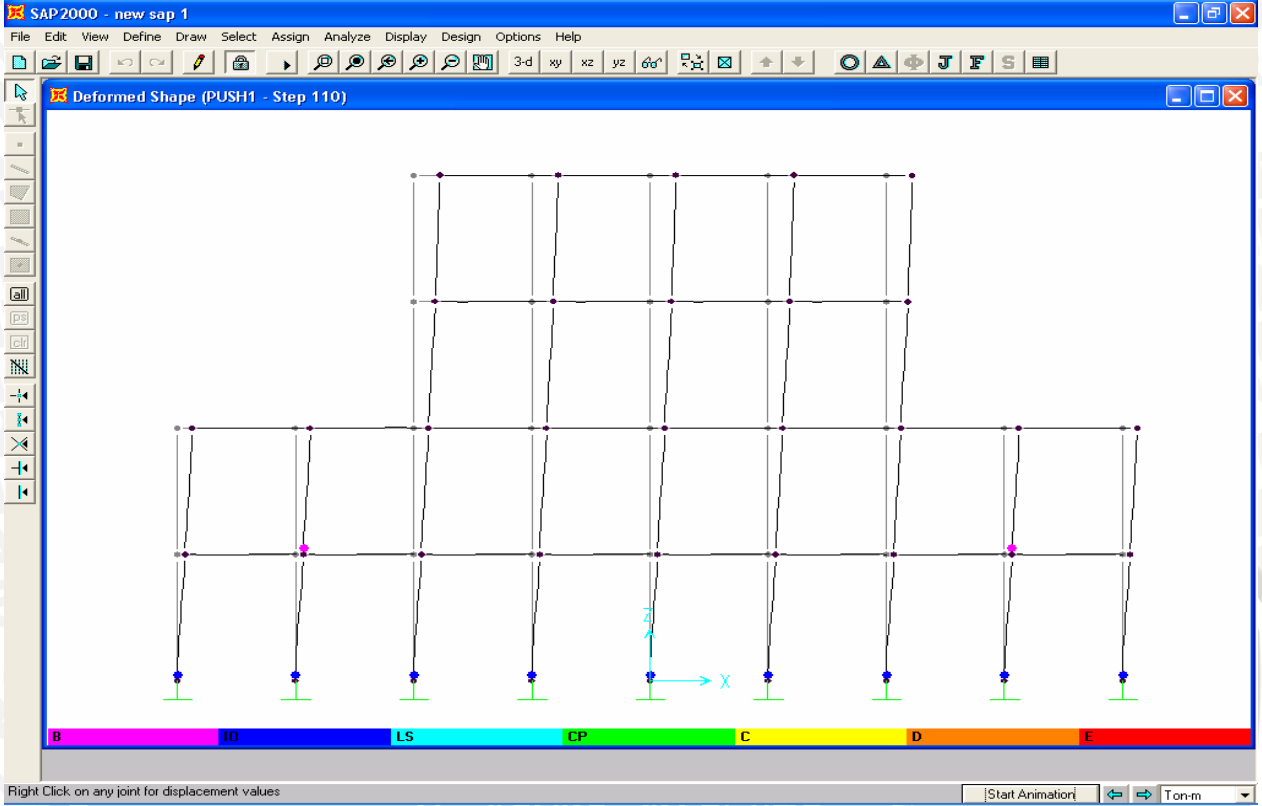
➤ Langkah ke-80



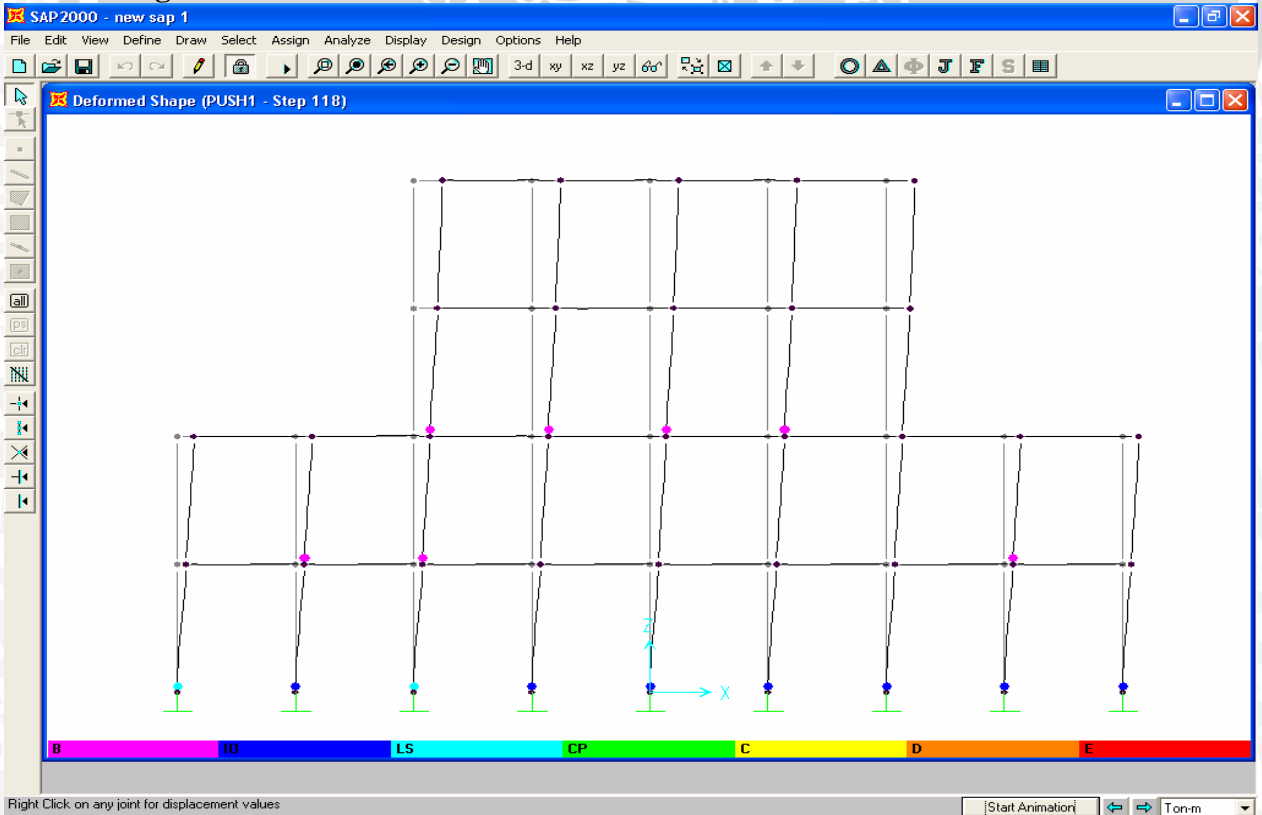
➤ Langkah ke-100



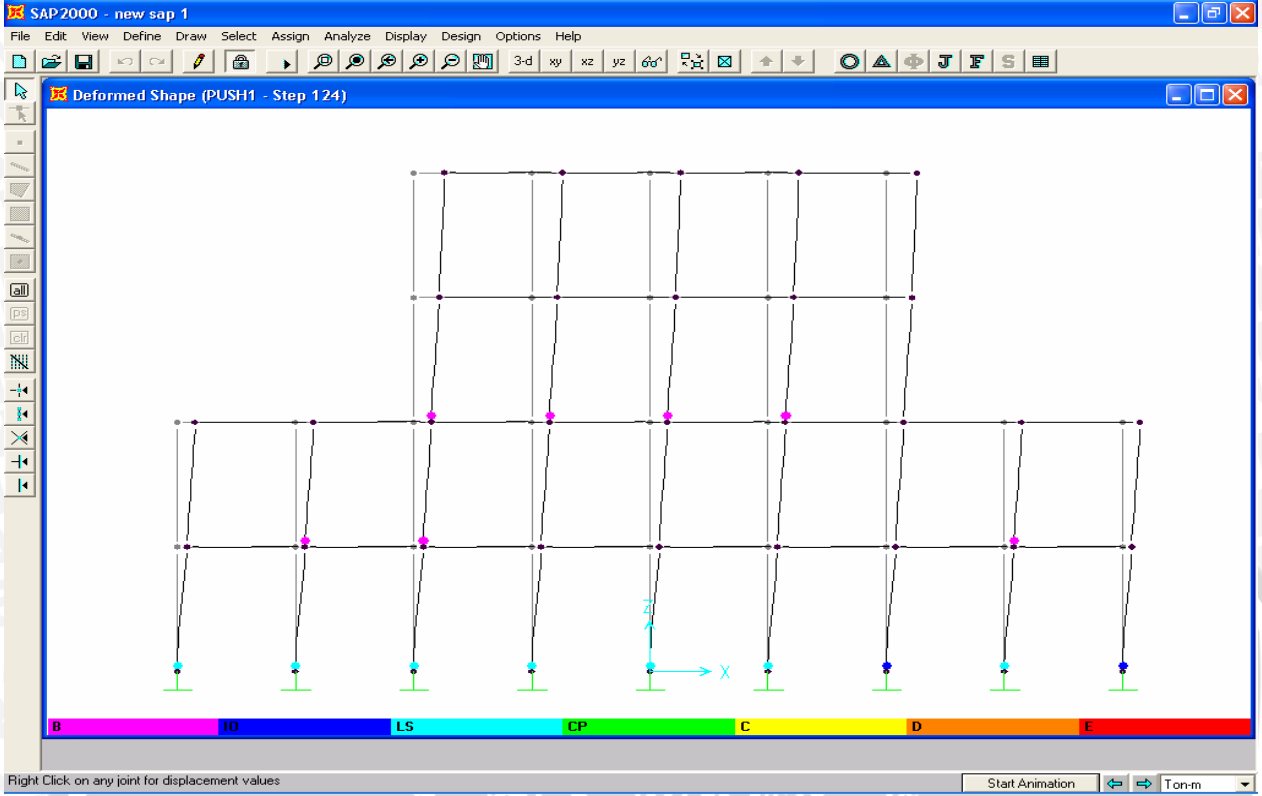
➤ Langkah ke-110



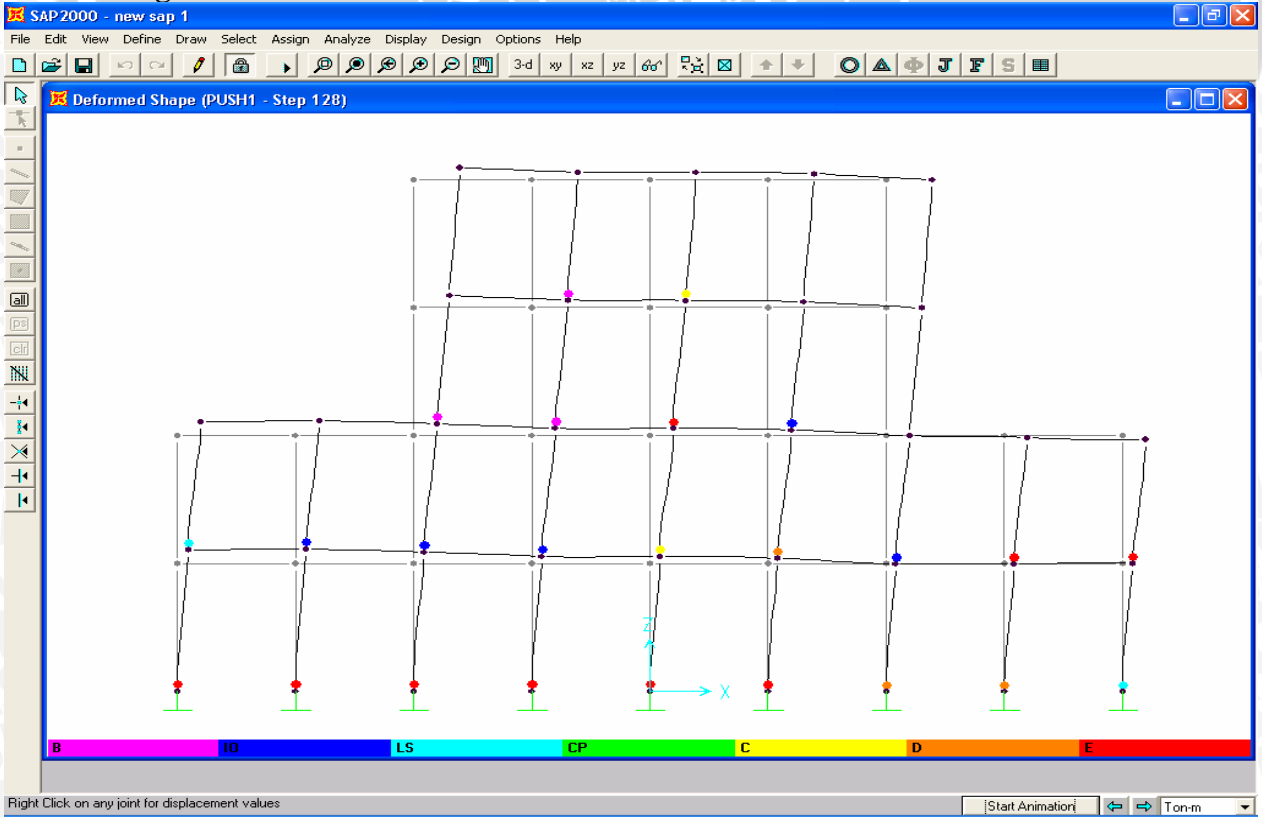
➤ Langkah ke-118



➤ Langkah ke-124



➤ Langkah ke-128



Input SAP

; File D:\SKRIPSI\new sap 1.\$2k saved 1/11/07 18:42:50 in Ton-m

SYSTEM

DOF=UX,UY,UZ,RX,RY,RZ LENGTH=m FORCE=Ton LINES=59

JOINT

1	X=-16	Y=0	Z=0
2	X=-12	Y=0	Z=0
3	X=-8	Y=0	Z=0
4	X=-4	Y=0	Z=0
5	X=0	Y=0	Z=0
6	X=4	Y=0	Z=0
7	X=8	Y=0	Z=0
8	X=12	Y=0	Z=0
9	X=16	Y=0	Z=0
10	X=-16	Y=0	Z=5
11	X=-12	Y=0	Z=5
12	X=-8	Y=0	Z=5
13	X=-4	Y=0	Z=5
14	X=0	Y=0	Z=5
15	X=4	Y=0	Z=5
16	X=8	Y=0	Z=5
17	X=12	Y=0	Z=5
18	X=16	Y=0	Z=5
19	X=-16	Y=0	Z=10
20	X=-12	Y=0	Z=10
21	X=-8	Y=0	Z=10
22	X=-4	Y=0	Z=10
23	X=0	Y=0	Z=10
24	X=4	Y=0	Z=10
25	X=8	Y=0	Z=10
26	X=12	Y=0	Z=10
27	X=16	Y=0	Z=10
28	X=-8	Y=0	Z=15
29	X=-4	Y=0	Z=15
30	X=0	Y=0	Z=15
31	X=4	Y=0	Z=15
32	X=8	Y=0	Z=15
33	X=-8	Y=0	Z=20
34	X=-4	Y=0	Z=20
35	X=0	Y=0	Z=20
36	X=4	Y=0	Z=20
37	X=8	Y=0	Z=20

RESTRAINT

ADD=1	DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=2	DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=3	DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=4	DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=5	DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=6	DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=7	DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=8	DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=9	DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3



PATTERN
NAME=DEFAULT

MATERIAL
NAME=STEEL IDES=S M=.798142 W=7.833414
T=0 E=2.038902E+07 U=.3 A=.0000117 FY=25310.51
NAME=CONC IDES=C M=.2448 W=2.4026
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099
NAME=OTHER IDES=N M=.2448012 W=2.402616
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099

FRAME SECTION
NAME=BALOK MAT=CONC SH=R T=.45,.25 A=.1125 J=1.529949E-03 I=1.898438E-03,5.859375E-04 AS=.09375,.09375
NAME=KOLOM MAT=CONC SH=R T=.5,.5 A=.25 J=8.802083E-03 I=5.208333E-03,5.208333E-03 AS=.2083333,.2083333

FRAME

1	J=1,10	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
2	J=2,11	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
3	J=3,12	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
4	J=4,13	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
5	J=5,14	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
6	J=6,15	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
7	J=7,16	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
8	J=8,17	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
9	J=9,18	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
10	J=10,11	SEC=BALOK	NSEG=4	ANG=0
11	J=11,12	SEC=BALOK	NSEG=4	ANG=0
12	J=12,13	SEC=BALOK	NSEG=4	ANG=0
13	J=13,14	SEC=BALOK	NSEG=4	ANG=0
14	J=14,15	SEC=BALOK	NSEG=4	ANG=0
15	J=15,16	SEC=BALOK	NSEG=4	ANG=0
16	J=16,17	SEC=BALOK	NSEG=4	ANG=0
17	J=17,18	SEC=BALOK	NSEG=4	ANG=0
18	J=10,19	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
19	J=11,20	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
20	J=12,21	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
21	J=13,22	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
22	J=14,23	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
23	J=15,24	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
24	J=16,25	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
25	J=17,26	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
26	J=18,27	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
27	J=19,20	SEC=BALOK	NSEG=4	ANG=0
28	J=20,21	SEC=BALOK	NSEG=4	ANG=0
29	J=21,22	SEC=BALOK	NSEG=4	ANG=0
30	J=22,23	SEC=BALOK	NSEG=4	ANG=0
31	J=23,24	SEC=BALOK	NSEG=4	ANG=0
32	J=24,25	SEC=BALOK	NSEG=4	ANG=0
33	J=25,26	SEC=BALOK	NSEG=4	ANG=0
34	J=26,27	SEC=BALOK	NSEG=4	ANG=0
35	J=21,28	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
36	J=22,29	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
37	J=23,30	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
38	J=24,31	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
39	J=25,32	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0



40	J=28,29	SEC=BALOK	NSEG=4	ANG=0
41	J=29,30	SEC=BALOK	NSEG=4	ANG=0
42	J=30,31	SEC=BALOK	NSEG=4	ANG=0
43	J=31,32	SEC=BALOK	NSEG=4	ANG=0
44	J=28,33	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
45	J=29,34	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
46	J=30,35	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
47	J=31,36	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
48	J=32,37	SEC=KOLOM	NSEG=2	ANG=0
49	J=33,34	SEC=BALOK	NSEG=4	ANG=0
50	J=34,35	SEC=BALOK	NSEG=4	ANG=0
51	J=35,36	SEC=BALOK	NSEG=4	ANG=0
52	J=36,37	SEC=BALOK	NSEG=4	ANG=0

LOAD

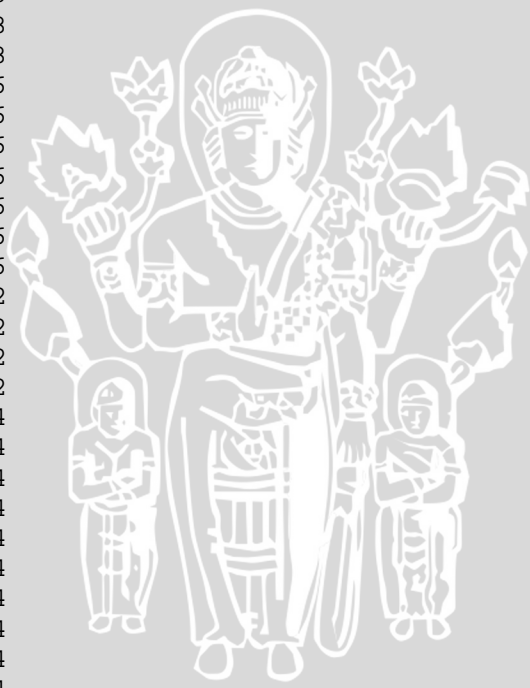
NAME=MATI SW=1 CSYS=0

TYPE=FORCE

- ADD=19 UZ=-2.53768
- ADD=33 UZ=-2.53768
- ADD=37 UZ=-2.53768
- ADD=27 UZ=-2.53768
- ADD=20 UZ=-4.53536
- ADD=34 UZ=-4.53536
- ADD=35 UZ=-4.53536
- ADD=36 UZ=-4.53536
- ADD=26 UZ=-4.53536
- ADD=21 UZ=-6.18956
- ADD=25 UZ=-6.18956
- ADD=10 UZ=-4.92072
- ADD=28 UZ=-4.92072
- ADD=32 UZ=-4.92072
- ADD=18 UZ=-4.92072
- ADD=11 UZ=-7.30144
- ADD=12 UZ=-7.30144
- ADD=13 UZ=-7.30144
- ADD=22 UZ=-7.30144
- ADD=29 UZ=-7.30144
- ADD=14 UZ=-7.30144
- ADD=23 UZ=-7.30144
- ADD=30 UZ=-7.30144
- ADD=15 UZ=-7.30144
- ADD=24 UZ=-7.30144
- ADD=31 UZ=-7.30144
- ADD=16 UZ=-7.30144
- ADD=17 UZ=-7.30144

TYPE=DISTRIBUTED SPAN

- ADD=27 RD=0,1 UZ=-.63442,-.63442
- ADD=28 RD=0,1 UZ=-.63442,-.63442
- ADD=49 RD=0,1 UZ=-.63442,-.63442
- ADD=50 RD=0,1 UZ=-.63442,-.63442
- ADD=51 RD=0,1 UZ=-.63442,-.63442
- ADD=52 RD=0,1 UZ=-.63442,-.63442
- ADD=33 RD=0,1 UZ=-.63442,-.63442
- ADD=34 RD=0,1 UZ=-.63442,-.63442
- ADD=10 RD=0,1 UZ=-1.23018,-1.23018
- ADD=11 RD=0,1 UZ=-1.23018,-1.23018
- ADD=12 RD=0,1 UZ=-1.23018,-1.23018



ADD=29 RD=0,1 UZ=-1.23018,-1.23018
 ADD=40 RD=0,1 UZ=-1.23018,-1.23018
 ADD=13 RD=0,1 UZ=-1.23018,-1.23018
 ADD=30 RD=0,1 UZ=-1.23018,-1.23018
 ADD=41 RD=0,1 UZ=-1.23018,-1.23018
 ADD=14 RD=0,1 UZ=-1.23018,-1.23018
 ADD=31 RD=0,1 UZ=-1.23018,-1.23018
 ADD=42 RD=0,1 UZ=-1.23018,-1.23018
 ADD=15 RD=0,1 UZ=-1.23018,-1.23018
 ADD=32 RD=0,1 UZ=-1.23018,-1.23018
 ADD=43 RD=0,1 UZ=-1.23018,-1.23018
 ADD=16 RD=0,1 UZ=-1.23018,-1.23018
 ADD=17 RD=0,1 UZ=-1.23018,-1.23018
 NAME=HIDUP SW=1 CSYS=0

TYPE=FORCE

ADD=19 UZ=-.798
 ADD=33 UZ=-.798
 ADD=37 UZ=-.798
 ADD=27 UZ=-.798
 ADD=20 UZ=-1.596
 ADD=34 UZ=-1.596
 ADD=35 UZ=-1.596
 ADD=36 UZ=-1.596
 ADD=26 UZ=-1.596
 ADD=21 UZ=-1.729
 ADD=25 UZ=-1.729
 ADD=10 UZ=-1.33
 ADD=28 UZ=-1.33
 ADD=32 UZ=-1.33
 ADD=18 UZ=-1.33
 ADD=11 UZ=-2.66
 ADD=12 UZ=-2.66
 ADD=13 UZ=-2.66
 ADD=22 UZ=-2.66
 ADD=29 UZ=-2.66
 ADD=14 UZ=-2.66
 ADD=23 UZ=-2.66
 ADD=30 UZ=-2.66
 ADD=15 UZ=-2.66
 ADD=24 UZ=-2.66
 ADD=31 UZ=-2.66
 ADD=16 UZ=-2.66
 ADD=17 UZ=-2.66

TYPE=DISTRIBUTED SPAN

ADD=27 RD=0,1 UZ=-.1995,-.1995
 ADD=28 RD=0,1 UZ=-.1995,-.1995
 ADD=49 RD=0,1 UZ=-.1995,-.1995
 ADD=50 RD=0,1 UZ=-.1995,-.1995
 ADD=51 RD=0,1 UZ=-.1995,-.1995
 ADD=52 RD=0,1 UZ=-.1995,-.1995
 ADD=33 RD=0,1 UZ=-.1995,-.1995
 ADD=34 RD=0,1 UZ=-.1995,-.1995
 ADD=10 RD=0,1 UZ=-.3325,-.3325
 ADD=11 RD=0,1 UZ=-.3325,-.3325
 ADD=12 RD=0,1 UZ=-.3325,-.3325
 ADD=29 RD=0,1 UZ=-.3325,-.3325
 ADD=40 RD=0,1 UZ=-.3325,-.3325



ADD=13 RD=0,1 UZ=-.3325,-.3325
 ADD=30 RD=0,1 UZ=-.3325,-.3325
 ADD=41 RD=0,1 UZ=-.3325,-.3325
 ADD=14 RD=0,1 UZ=-.3325,-.3325
 ADD=31 RD=0,1 UZ=-.3325,-.3325
 ADD=42 RD=0,1 UZ=-.3325,-.3325
 ADD=15 RD=0,1 UZ=-.3325,-.3325
 ADD=32 RD=0,1 UZ=-.3325,-.3325
 ADD=43 RD=0,1 UZ=-.3325,-.3325
 ADD=16 RD=0,1 UZ=-.3325,-.3325
 ADD=17 RD=0,1 UZ=-.3325,-.3325

NAME=ANGIN SW=1 CSYS=0

TYPE=DISTRIBUTED SPAN

ADD=1 RD=0,1 UX=.1,.1
 ADD=18 RD=0,1 UX=.1,.1
 ADD=35 RD=0,1 UX=.1,.1
 ADD=44 RD=0,1 UX=.1,.1

NAME=GEMPA SW=1 CSYS=0

TYPE=FORCE

ADD=33 UX=41.25637
 ADD=28 UX=42.99203
 ADD=19 UX=54.7459
 ADD=10 UX=37.03473

COMBO

NAME=DCON1

LOAD=MATI SF=1.4

NAME=DCON2

LOAD=MATI SF=1.4

LOAD=HIDUP SF=1.7

NAME=DCON3

LOAD=MATI SF=1.05

LOAD=HIDUP SF=1.275

LOAD=ANGIN SF=1.275

NAME=DCON4

LOAD=MATI SF=1.05

LOAD=HIDUP SF=1.275

LOAD=ANGIN SF=-1.275

NAME=DCON5

LOAD=MATI SF=.9

LOAD=ANGIN SF=1.3

NAME=DCON6

LOAD=MATI SF=.9

LOAD=ANGIN SF=-1.3

NAME=DCON7

LOAD=MATI SF=1.05

LOAD=HIDUP SF=1.275

LOAD=GEMPA SF=1.4025

NAME=DCON8

LOAD=MATI SF=1.05

LOAD=HIDUP SF=1.275

LOAD=GEMPA SF=-1.4025

NAME=DCON9

LOAD=MATI SF=.9

LOAD=GEMPA SF=1.43

NAME=DCON10

LOAD=MATI SF=.9



LOAD=GEMPA SF=-1.43

OUTPUT
; No Output Requested

END

; The following data is used for graphics, design and pushover analysis.
; If changes are made to the analysis data above, then the following data
; should be checked for consistency.

SAP2000 V7.42 SUPPLEMENTAL DATA

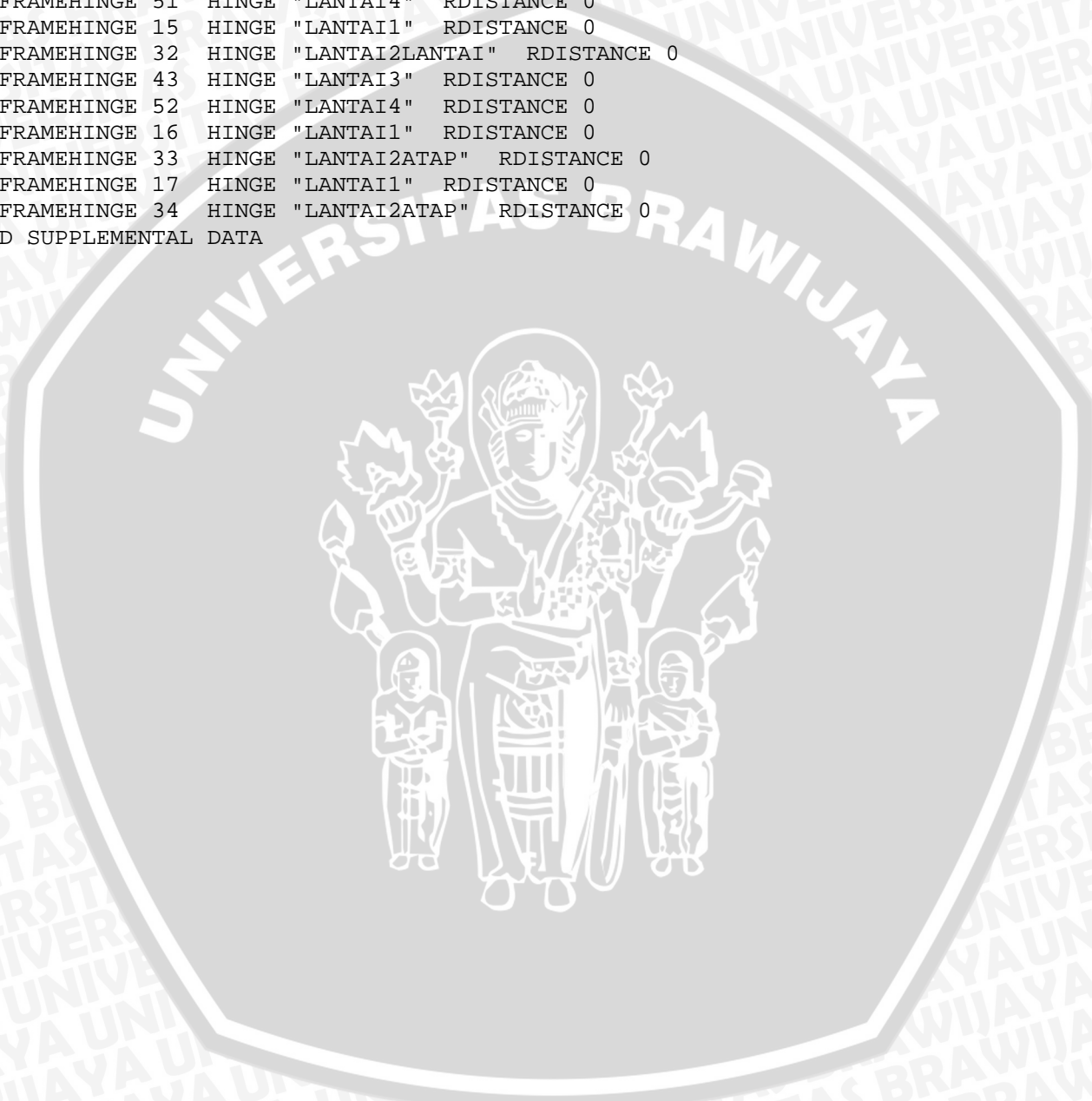
GRID GLOBAL X "1" -16
 GRID GLOBAL X "2" -12
 GRID GLOBAL X "3" -8
 GRID GLOBAL X "4" -4
 GRID GLOBAL X "5" 0
 GRID GLOBAL X "6" 4
 GRID GLOBAL X "7" 8
 GRID GLOBAL X "8" 12
 GRID GLOBAL X "9" 16
 GRID GLOBAL Y "10" 0
 GRID GLOBAL Z "11" 0
 GRID GLOBAL Z "12" 5
 GRID GLOBAL Z "13" 10
 GRID GLOBAL Z "14" 15
 GRID GLOBAL Z "15" 20
 MATERIAL STEEL FY 25310.51
 MATERIAL CONC FYREBAR 42184.18 FYSHEAR 28122.79 FC 2812.279 FCSHEAR 2812.279
 CONCRETESECTION BALOK BEAM COVERTOP .04 COVERBOTTOM .04
 CONCRETESECTION KOLOM COLUMN COVER .02 REBAR RR-11-11
 STATICLOAD MATI TYPE DEAD
 STATICLOAD HIDUP TYPE LIVE
 STATICLOAD ANGIN TYPE WIND
 STATICLOAD GEMPA TYPE QUAKE
 COMBO DCON1 DESIGN CONCRETE
 COMBO DCON2 DESIGN CONCRETE
 COMBO DCON3 DESIGN CONCRETE
 COMBO DCON4 DESIGN CONCRETE
 COMBO DCON5 DESIGN CONCRETE
 COMBO DCON6 DESIGN CONCRETE
 COMBO DCON7 DESIGN CONCRETE
 COMBO DCON8 DESIGN CONCRETE
 COMBO DCON9 DESIGN CONCRETE
 COMBO DCON10 DESIGN CONCRETE
 CONCRETEDESIGN "ACI 318-99" PHIBENDING .9 PHICOMP(T) .7 PHICOMP(S) .75
 PHISHEAR .85
 PUSHCASE "PUSH1" CONTROL FORCE MONITOREDJOINT 33 DOF U1
 PUSHCASE "PUSH1" UNLOADTYPE LOCALREVERSE
 PUSHCASE "PUSH1" MINSTEPS 200 MAXNULLSTEPS 500 MAXTOTALSTEPS 1000
 MAXITER 1000
 PUSHCASE "PUSH1" ITERTOL .0001 EVENTTOL .01
 PUSHCASE "PUSH1" LOADTYPE STATIC LOAD GEMPA SCALEFACTOR 1
 HINGE "LANTAI1" TYPE M3 SYMMETRIC
 HINGE "LANTAI1" TYPE M3 B 1 1 C 6 1.25 D 6 .2 E 8 .2
 HINGE "LANTAI1" TYPE M3 MOMENTSFP 67.405
 HINGE "LANTAI1" TYPE M3 IO 2 LS 4 CP 6
 HINGE "LANTAI2ATAP" TYPE M3 SYMMETRIC



HINGE "LANTAI2ATAP" TYPE M3 B 1 1 C 6 1.25 D 6 .2 E 8 .2
HINGE "LANTAI2ATAP" TYPE M3 MOMENTSFP 52.09748
HINGE "LANTAI2ATAP" TYPE M3 IO 2 LS 4 CP 6
HINGE "LANTAI2LANTAI" TYPE M3 SYMMETRIC
HINGE "LANTAI2LANTAI" TYPE M3 B 1 1 C 6 1.25 D 6 .2 E 8 .2
HINGE "LANTAI2LANTAI" TYPE M3 MOMENTSFP 60.14234
HINGE "LANTAI2LANTAI" TYPE M3 IO 2 LS 4 CP 6
HINGE "LANTAI3" TYPE M3 SYMMETRIC
HINGE "LANTAI3" TYPE M3 B 1 1 C 6 1.25 D 6 .2 E 8 .2
HINGE "LANTAI3" TYPE M3 MOMENTSFP 58.13843
HINGE "LANTAI3" TYPE M3 IO 2 LS 4 CP 6
HINGE "KOLOM" TYPE PMM SYMMETRIC
HINGE "KOLOM" TYPE PMM B 1 1 C 6 1.25 D 6 .2 E 8 .2
HINGE "KOLOM" TYPE PMM IO 2 LS 4 CP 6
HINGE "KOLOM" PCURVE PROPORTIONAL
HINGE "KOLOM" INTSURFACE ACI
HINGE "LANTAI4" TYPE M3 SYMMETRIC
HINGE "LANTAI4" TYPE M3 B 1 1 C 6 1.25 D 6 .2 E 8 .2
HINGE "LANTAI4" TYPE M3 MOMENTSFP 28.98169
HINGE "LANTAI4" TYPE M3 IO 2 LS 4 CP 6
FRAMEHINGE 1 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 18 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 2 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 19 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 3 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 20 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 35 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 44 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 4 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 21 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 36 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 45 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 5 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 22 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 37 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 46 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 6 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 23 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 38 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 47 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 7 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 24 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 39 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 48 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 8 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 25 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 9 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 26 HINGE "KOLOM" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 10 HINGE "LANTAI1" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 27 HINGE "LANTAI2ATAP" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 11 HINGE "LANTAI1" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 28 HINGE "LANTAI2ATAP" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 12 HINGE "LANTAI1" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 29 HINGE "LANTAI2LANTAI" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 40 HINGE "LANTAI3" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 49 HINGE "LANTAI4" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 13 HINGE "LANTAI1" RDISTANCE 0



```
FRAMEHINGE 30 HINGE "LANTAI2LANTAI" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 41 HINGE "LANTAI3" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 50 HINGE "LANTAI4" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 14 HINGE "LANTAI1" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 31 HINGE "LANTAI2LANTAI" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 42 HINGE "LANTAI3" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 51 HINGE "LANTAI4" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 15 HINGE "LANTAI1" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 32 HINGE "LANTAI2LANTAI" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 43 HINGE "LANTAI3" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 52 HINGE "LANTAI4" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 16 HINGE "LANTAI1" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 33 HINGE "LANTAI2ATAP" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 17 HINGE "LANTAI1" RDISTANCE 0
FRAMEHINGE 34 HINGE "LANTAI2ATAP" RDISTANCE 0
END SUPPLEMENTAL DATA
```



ADHI KUSUMA H

FRAME ELEMENT FORCES

FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
1	MATI	0.00	-18.13	-2.382E-01	0.00	0.00	0.00	-4.056E-01
		2.50	-16.63	-2.382E-01	0.00	0.00	0.00	1.898E-01
		5.00	-15.13	-2.382E-01	0.00	0.00	0.00	7.852E-01
1	HI DUP	0.00	-10.21	-9.216E-02	0.00	0.00	0.00	-1.588E-01
		2.50	-8.71	-9.216E-02	0.00	0.00	0.00	7.165E-02
		5.00	-7.21	-9.216E-02	0.00	0.00	0.00	3.021E-01
1	ANGI N	0.00	-6.71	3.810E-01	0.00	0.00	0.00	7.502E-01
		2.50	-5.21	1.310E-01	0.00	0.00	0.00	1.102E-01
		5.00	-3.71	-1.190E-01	0.00	0.00	0.00	9.520E-02
1	GEMPA	0.00	30.40	16.93	0.00	0.00	0.00	61.34
		2.50	31.90	16.93	0.00	0.00	0.00	19.01
		5.00	33.41	16.93	0.00	0.00	0.00	-23.32
2	MATI	0.00	-27.89	-2.769E-02	0.00	0.00	0.00	-5.750E-02
		2.50	-26.39	-2.769E-02	0.00	0.00	0.00	1.171E-02
		5.00	-24.89	-2.769E-02	0.00	0.00	0.00	8.093E-02
2	HI DUP	0.00	-14.78	-1.538E-02	0.00	0.00	0.00	-3.124E-02
		2.50	-13.27	-1.538E-02	0.00	0.00	0.00	7.202E-03
		5.00	-11.77	-1.538E-02	0.00	0.00	0.00	4.564E-02
2	ANGI N	0.00	-8.31	2.034E-01	0.00	0.00	0.00	6.549E-01
		2.50	-6.81	2.034E-01	0.00	0.00	0.00	1.463E-01
		5.00	-5.31	2.034E-01	0.00	0.00	0.00	-3.623E-01
2	GEMPA	0.00	-9.45	20.75	0.00	0.00	0.00	67.16
		2.50	-7.95	20.75	0.00	0.00	0.00	15.27
		5.00	-6.45	20.75	0.00	0.00	0.00	-36.61
3	MATI	0.00	-48.57	-3.449E-02	0.00	0.00	0.00	-6.564E-02
		2.50	-47.07	-3.449E-02	0.00	0.00	0.00	2.059E-02
		5.00	-45.56	-3.449E-02	0.00	0.00	0.00	1.068E-01
3	HI DUP	0.00	-25.21	-2.014E-02	0.00	0.00	0.00	-3.736E-02
		2.50	-23.71	-2.014E-02	0.00	0.00	0.00	1.299E-02
		5.00	-22.21	-2.014E-02	0.00	0.00	0.00	6.334E-02
3	ANGI N	0.00	-14.94	2.032E-01	0.00	0.00	0.00	6.492E-01
		2.50	-13.44	2.032E-01	0.00	0.00	0.00	1.412E-01
		5.00	-11.94	2.032E-01	0.00	0.00	0.00	-3.667E-01
3	GEMPA	0.00	14.47	21.14	0.00	0.00	0.00	67.33
		2.50	15.97	21.14	0.00	0.00	0.00	14.48
		5.00	17.47	21.14	0.00	0.00	0.00	-38.37
4	MATI	0.00	-59.77	-1.764E-02	0.00	0.00	0.00	-3.350E-02
		2.50	-58.27	-1.764E-02	0.00	0.00	0.00	1.061E-02
		5.00	-56.77	-1.764E-02	0.00	0.00	0.00	5.472E-02
4	HI DUP	0.00	-30.55	-8.038E-03	0.00	0.00	0.00	-1.536E-02
		2.50	-29.05	-8.038E-03	0.00	0.00	0.00	4.734E-03
		5.00	-27.55	-8.038E-03	0.00	0.00	0.00	2.483E-02
4	ANGI N	0.00	-16.34	2.031E-01	0.00	0.00	0.00	6.453E-01
		2.50	-14.83	2.031E-01	0.00	0.00	0.00	1.376E-01
		5.00	-13.33	2.031E-01	0.00	0.00	0.00	-3.701E-01
4	GEMPA	0.00	-17.86	20.73	0.00	0.00	0.00	66.28
		2.50	-16.36	20.73	0.00	0.00	0.00	14.46
		5.00	-14.86	20.73	0.00	0.00	0.00	-37.36
5	MATI	0.00	-60.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2.50	-58.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

5	HI DUP	5.00	-57.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	-30.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2.50	-29.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		5.00	-27.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	ANGI N	0.00	-16.34	2.026E-01	0.00	0.00	0.00	6.418E-01
		2.50	-14.84	2.026E-01	0.00	0.00	0.00	1.354E-01
		5.00	-13.34	2.026E-01	0.00	0.00	0.00	-3.711E-01
		0.00	-16.44	20.51	0.00	0.00	0.00	65.64
5	GEMPA	2.50	-14.93	20.51	0.00	0.00	0.00	14.35
		5.00	-13.43	20.51	0.00	0.00	0.00	-36.93
		0.00	-59.77	1.764E-02	0.00	0.00	0.00	3.350E-02
6	MATI	2.50	-58.27	1.764E-02	0.00	0.00	0.00	-1.061E-02
		5.00	-56.77	1.764E-02	0.00	0.00	0.00	-5.472E-02
		0.00	-30.55	8.038E-03	0.00	0.00	0.00	1.536E-02
6	HI DUP	2.50	-29.05	8.038E-03	0.00	0.00	0.00	-4.734E-03
		5.00	-27.55	8.038E-03	0.00	0.00	0.00	-2.483E-02
		0.00	-16.33	2.023E-01	0.00	0.00	0.00	6.396E-01
6	ANGI N	2.50	-14.82	2.023E-01	0.00	0.00	0.00	1.339E-01
		5.00	-13.32	2.023E-01	0.00	0.00	0.00	-3.719E-01
		0.00	-15.00	20.35	0.00	0.00	0.00	65.16
6	GEMPA	2.50	-13.50	20.35	0.00	0.00	0.00	14.28
		5.00	-11.99	20.35	0.00	0.00	0.00	-36.59
		0.00	-48.57	3.449E-02	0.00	0.00	0.00	6.564E-02
7	MATI	2.50	-47.07	3.449E-02	0.00	0.00	0.00	-2.059E-02
		5.00	-45.56	3.449E-02	0.00	0.00	0.00	-1.068E-01
		0.00	-25.21	2.014E-02	0.00	0.00	0.00	3.736E-02
7	HI DUP	2.50	-23.71	2.014E-02	0.00	0.00	0.00	-1.299E-02
		5.00	-22.21	2.014E-02	0.00	0.00	0.00	-6.334E-02
		0.00	-15.37	2.114E-01	0.00	0.00	0.00	6.537E-01
7	ANGI N	2.50	-13.87	2.114E-01	0.00	0.00	0.00	1.254E-01
		5.00	-12.37	2.114E-01	0.00	0.00	0.00	-4.030E-01
		0.00	-45.17	20.40	0.00	0.00	0.00	65.11
7	GEMPA	2.50	-43.67	20.40	0.00	0.00	0.00	14.11
		5.00	-42.17	20.40	0.00	0.00	0.00	-36.89
		0.00	-27.89	2.769E-02	0.00	0.00	0.00	5.750E-02
8	MATI	2.50	-26.39	2.769E-02	0.00	0.00	0.00	-1.171E-02
		5.00	-24.89	2.769E-02	0.00	0.00	0.00	-8.093E-02
		0.00	-14.78	1.538E-02	0.00	0.00	0.00	3.124E-02
8	HI DUP	2.50	-13.27	1.538E-02	0.00	0.00	0.00	-7.202E-03
		5.00	-11.77	1.538E-02	0.00	0.00	0.00	-4.564E-02
		0.00	-8.32	2.008E-01	0.00	0.00	0.00	6.366E-01
8	ANGI N	2.50	-6.82	2.008E-01	0.00	0.00	0.00	1.345E-01
		5.00	-5.32	2.008E-01	0.00	0.00	0.00	-3.676E-01
		0.00	-7.71	19.57	0.00	0.00	0.00	63.70
8	GEMPA	2.50	-6.21	19.57	0.00	0.00	0.00	14.77
		5.00	-4.70	19.57	0.00	0.00	0.00	-34.15
		0.00	-18.13	2.382E-01	0.00	0.00	0.00	4.056E-01
9	MATI	2.50	-16.63	2.382E-01	0.00	0.00	0.00	-1.898E-01
		5.00	-15.13	2.382E-01	0.00	0.00	0.00	-7.852E-01
		0.00	-10.21	9.216E-02	0.00	0.00	0.00	1.588E-01
9	HI DUP	2.50	-8.71	9.216E-02	0.00	0.00	0.00	-7.165E-02
		5.00	-7.21	9.216E-02	0.00	0.00	0.00	-3.021E-01
		0.00	-7.37	1.922E-01	0.00	0.00	0.00	6.224E-01
9	ANGI N	2.50	-5.87	1.922E-01	0.00	0.00	0.00	1.418E-01
		5.00	-4.37	1.922E-01	0.00	0.00	0.00	-3.388E-01
		0.00	-43.29	15.64	0.00	0.00	0.00	57.17
9	GEMPA	2.50	-41.78	15.64	0.00	0.00	0.00	18.08

	5.00	-40.28	15.64	0.00	0.00	0.00	-21.02
10	MATI	0.00	1.622E-01	-2.94	0.00	0.00	-1.79
	1.00	1.622E-01	-1.43	0.00	0.00	0.00	3.970E-01
	2.00	1.622E-01	6.579E-02	0.00	0.00	0.00	1.08
	3.00	1.622E-01	1.57	0.00	0.00	0.00	2.654E-01
	4.00	1.622E-01	3.07	0.00	0.00	0.00	-2.05
10	HI DUP	0.00	9.351E-02	-1.18	0.00	0.00	-7.331E-01
	1.00	9.351E-02	-5.822E-01	0.00	0.00	0.00	1.505E-01
	2.00	9.351E-02	2.063E-02	0.00	0.00	0.00	4.312E-01
	3.00	9.351E-02	6.234E-01	0.00	0.00	0.00	1.092E-01
	4.00	9.351E-02	1.23	0.00	0.00	0.00	-8.156E-01
10	ANGI N	0.00	-4.029E-01	-3.138E-01	0.00	0.00	1.243E-01
	1.00	-4.029E-01	-4.347E-02	0.00	0.00	0.00	3.029E-01
	2.00	-4.029E-01	2.268E-01	0.00	0.00	0.00	2.112E-01
	3.00	-4.029E-01	4.971E-01	0.00	0.00	0.00	-1.508E-01
	4.00	-4.029E-01	7.674E-01	0.00	0.00	0.00	-7.830E-01
10	GEMPA	0.00	-31.08	21.79	0.00	0.00	46.01
	1.00	-31.08	22.06	0.00	0.00	0.00	24.08
	2.00	-31.08	22.33	0.00	0.00	0.00	1.88
	3.00	-31.08	22.60	0.00	0.00	0.00	-20.59
	4.00	-31.08	22.87	0.00	0.00	0.00	-43.33
11	MATI	0.00	2.055E-01	-3.12	0.00	0.00	-2.25
	1.00	2.055E-01	-1.62	0.00	0.00	0.00	1.253E-01
	2.00	2.055E-01	-1.207E-01	0.00	0.00	0.00	9.963E-01
	3.00	2.055E-01	1.38	0.00	0.00	0.00	3.667E-01
	4.00	2.055E-01	2.88	0.00	0.00	0.00	-1.76
11	HI DUP	0.00	1.150E-01	-1.26	0.00	0.00	-9.231E-01
	1.00	1.150E-01	-6.612E-01	0.00	0.00	0.00	3.946E-02
	2.00	1.150E-01	-5.837E-02	0.00	0.00	0.00	3.992E-01
	3.00	1.150E-01	5.444E-01	0.00	0.00	0.00	1.562E-01
	4.00	1.150E-01	1.15	0.00	0.00	0.00	-6.896E-01
11	ANGI N	0.00	-3.554E-01	-3.965E-01	0.00	0.00	-7.002E-02
	1.00	-3.554E-01	-1.263E-01	0.00	0.00	0.00	1.914E-01
	2.00	-3.554E-01	1.440E-01	0.00	0.00	0.00	1.825E-01
	3.00	-3.554E-01	4.143E-01	0.00	0.00	0.00	-9.670E-02
	4.00	-3.554E-01	6.846E-01	0.00	0.00	0.00	-6.462E-01
11	GEMPA	0.00	-31.23	19.24	0.00	0.00	39.57
	1.00	-31.23	19.51	0.00	0.00	0.00	20.19
	2.00	-31.23	19.78	0.00	0.00	0.00	5.418E-01
	3.00	-31.23	20.05	0.00	0.00	0.00	-19.38
	4.00	-31.23	20.32	0.00	0.00	0.00	-39.57
12	MATI	0.00	3.010E-01	-3.06	0.00	0.00	-2.11
	1.00	3.010E-01	-1.56	0.00	0.00	0.00	1.982E-01
	2.00	3.010E-01	-5.640E-02	0.00	0.00	0.00	1.00
	3.00	3.010E-01	1.44	0.00	0.00	0.00	3.110E-01
	4.00	3.010E-01	2.94	0.00	0.00	0.00	-1.88
12	HI DUP	0.00	1.430E-01	-1.23	0.00	0.00	-8.499E-01
	1.00	1.430E-01	-6.278E-01	0.00	0.00	0.00	7.925E-02
	2.00	1.430E-01	-2.498E-02	0.00	0.00	0.00	4.056E-01
	3.00	1.430E-01	5.778E-01	0.00	0.00	0.00	1.292E-01
	4.00	1.430E-01	1.18	0.00	0.00	0.00	-7.500E-01
12	ANGI N	0.00	-2.499E-01	-3.663E-01	0.00	0.00	-1.016E-02
	1.00	-2.499E-01	-9.601E-02	0.00	0.00	0.00	2.210E-01
	2.00	-2.499E-01	1.743E-01	0.00	0.00	0.00	1.819E-01
	3.00	-2.499E-01	4.446E-01	0.00	0.00	0.00	-1.276E-01
	4.00	-2.499E-01	7.149E-01	0.00	0.00	0.00	-7.073E-01
12	GEMPA	0.00	-25.26	18.32	0.00	0.00	37.37
	1.00	-25.26	18.59	0.00	0.00	0.00	18.92
	2.00	-25.26	18.86	0.00	0.00	0.00	1.899E-01
	3.00	-25.26	19.13	0.00	0.00	0.00	-18.81
	4.00	-25.26	19.40	0.00	0.00	0.00	-38.07
13	MATI	0.00	3.050E-01	-3.00	0.00	0.00	-1.99
	1.00	3.050E-01	-1.50	0.00	0.00	0.00	2.594E-01
	2.00	3.050E-01	4.451E-03	0.00	0.00	0.00	1.01

13	HI DUP	3.00	3.050E-01	1.50	0.00	0.00	0.00	2.505E-01
		4.00	3.050E-01	3.01	0.00	0.00	0.00	-2.00
13	ANGI N	0.00	1.456E-01	-1.20	0.00	0.00	0.00	-7.978E-01
		1.00	1.456E-01	-6.009E-01	0.00	0.00	0.00	1.045E-01
		2.00	1.456E-01	1.873E-03	0.00	0.00	0.00	4.040E-01
		3.00	1.456E-01	6.047E-01	0.00	0.00	0.00	1.007E-01
		4.00	1.456E-01	1.21	0.00	0.00	0.00	-8.053E-01
13	GEMPA	0.00	-1.819E-01	-3.607E-01	0.00	0.00	0.00	4.930E-04
		1.00	-1.819E-01	-9.036E-02	0.00	0.00	0.00	2.260E-01
		2.00	-1.819E-01	1.799E-01	0.00	0.00	0.00	1.812E-01
		3.00	-1.819E-01	4.502E-01	0.00	0.00	0.00	-1.339E-01
		4.00	-1.819E-01	7.205E-01	0.00	0.00	0.00	-7.192E-01
14	MATI	0.00	-19.55	18.47	0.00	0.00	0.00	37.70
		1.00	-19.55	18.74	0.00	0.00	0.00	19.10
		2.00	-19.55	19.01	0.00	0.00	0.00	2.287E-01
		3.00	-19.55	19.28	0.00	0.00	0.00	-18.91
		4.00	-19.55	19.55	0.00	0.00	0.00	-38.33
14	HI DUP	0.00	3.050E-01	-3.01	0.00	0.00	0.00	-2.00
		1.00	3.050E-01	-1.50	0.00	0.00	0.00	2.505E-01
		2.00	3.050E-01	-4.451E-03	0.00	0.00	0.00	1.01
		3.00	3.050E-01	1.50	0.00	0.00	0.00	2.594E-01
		4.00	3.050E-01	3.00	0.00	0.00	0.00	-1.99
14	ANGI N	0.00	1.456E-01	-1.21	0.00	0.00	0.00	-8.053E-01
		1.00	1.456E-01	-6.047E-01	0.00	0.00	0.00	1.007E-01
		2.00	1.456E-01	-1.873E-03	0.00	0.00	0.00	4.040E-01
		3.00	1.456E-01	6.009E-01	0.00	0.00	0.00	1.045E-01
		4.00	1.456E-01	1.20	0.00	0.00	0.00	-7.978E-01
14	GEMPA	0.00	-1.164E-01	-3.629E-01	0.00	0.00	0.00	-4.438E-03
		1.00	-1.164E-01	-9.266E-02	0.00	0.00	0.00	2.234E-01
		2.00	-1.164E-01	1.776E-01	0.00	0.00	0.00	1.809E-01
		3.00	-1.164E-01	4.479E-01	0.00	0.00	0.00	-1.319E-01
		4.00	-1.164E-01	7.182E-01	0.00	0.00	0.00	-7.150E-01
15	MATI	0.00	-14.24	18.35	0.00	0.00	0.00	37.46
		1.00	-14.24	18.62	0.00	0.00	0.00	18.97
		2.00	-14.24	18.89	0.00	0.00	0.00	2.121E-01
		3.00	-14.24	19.16	0.00	0.00	0.00	-18.81
		4.00	-14.24	19.43	0.00	0.00	0.00	-38.11
15	HI DUP	0.00	3.010E-01	-2.94	0.00	0.00	0.00	-1.88
		1.00	3.010E-01	-1.44	0.00	0.00	0.00	3.110E-01
		2.00	3.010E-01	5.640E-02	0.00	0.00	0.00	1.00
		3.00	3.010E-01	1.56	0.00	0.00	0.00	1.982E-01
		4.00	3.010E-01	3.06	0.00	0.00	0.00	-2.11
15	ANGI N	0.00	1.430E-01	-1.18	0.00	0.00	0.00	-7.500E-01
		1.00	1.430E-01	-5.778E-01	0.00	0.00	0.00	1.292E-01
		2.00	1.430E-01	2.498E-02	0.00	0.00	0.00	4.056E-01
		3.00	1.430E-01	6.278E-01	0.00	0.00	0.00	7.925E-02
		4.00	1.430E-01	1.23	0.00	0.00	0.00	-8.499E-01
15	GEMPA	0.00	-5.001E-02	-3.631E-01	0.00	0.00	0.00	-1.560E-03
		1.00	-5.001E-02	-9.281E-02	0.00	0.00	0.00	2.264E-01
		2.00	-5.001E-02	1.775E-01	0.00	0.00	0.00	1.841E-01
		3.00	-5.001E-02	4.478E-01	0.00	0.00	0.00	-1.286E-01
		4.00	-5.001E-02	7.181E-01	0.00	0.00	0.00	-7.115E-01
16	MATI	0.00	-8.79	17.97	0.00	0.00	0.00	36.75
		1.00	-8.79	18.24	0.00	0.00	0.00	18.64
		2.00	-8.79	18.51	0.00	0.00	0.00	2.593E-01
		3.00	-8.79	18.78	0.00	0.00	0.00	-18.39
		4.00	-8.79	19.05	0.00	0.00	0.00	-37.31
16	HI DUP	0.00	2.055E-01	-2.88	0.00	0.00	0.00	-1.76
		1.00	2.055E-01	-1.38	0.00	0.00	0.00	3.667E-01
		2.00	2.055E-01	1.207E-01	0.00	0.00	0.00	9.963E-01
		3.00	2.055E-01	1.62	0.00	0.00	0.00	1.253E-01
		4.00	2.055E-01	3.12	0.00	0.00	0.00	-2.25

		0.00	1.150E-01	-1.15	0.00	0.00	0.00	-6.896E-01
		1.00	1.150E-01	-5.444E-01	0.00	0.00	0.00	1.562E-01
		2.00	1.150E-01	5.837E-02	0.00	0.00	0.00	3.992E-01
		3.00	1.150E-01	6.612E-01	0.00	0.00	0.00	3.946E-02
		4.00	1.150E-01	1.26	0.00	0.00	0.00	-9.231E-01
16	ANGI N							
		0.00	7.413E-03	-3.208E-01	0.00	0.00	0.00	7.496E-02
		1.00	7.413E-03	-5.054E-02	0.00	0.00	0.00	2.606E-01
		2.00	7.413E-03	2.198E-01	0.00	0.00	0.00	1.760E-01
		3.00	7.413E-03	4.900E-01	0.00	0.00	0.00	-1.789E-01
		4.00	7.413E-03	7.603E-01	0.00	0.00	0.00	-8.041E-01
16	GEMPA							
		0.00	-3.33	18.76	0.00	0.00	0.00	37.94
		1.00	-3.33	19.03	0.00	0.00	0.00	19.04
		2.00	-3.33	19.30	0.00	0.00	0.00	-1.223E-01
		3.00	-3.33	19.57	0.00	0.00	0.00	-19.56
		4.00	-3.33	19.84	0.00	0.00	0.00	-39.27
17	MATI							
		0.00	1.622E-01	-3.07	0.00	0.00	0.00	-2.05
		1.00	1.622E-01	-1.57	0.00	0.00	0.00	2.654E-01
		2.00	1.622E-01	-6.579E-02	0.00	0.00	0.00	1.08
		3.00	1.622E-01	1.43	0.00	0.00	0.00	3.970E-01
		4.00	1.622E-01	2.94	0.00	0.00	0.00	-1.79
17	HI DUP							
		0.00	9.351E-02	-1.23	0.00	0.00	0.00	-8.156E-01
		1.00	9.351E-02	-6.234E-01	0.00	0.00	0.00	1.092E-01
		2.00	9.351E-02	-2.063E-02	0.00	0.00	0.00	4.312E-01
		3.00	9.351E-02	5.822E-01	0.00	0.00	0.00	1.505E-01
		4.00	9.351E-02	1.18	0.00	0.00	0.00	-7.331E-01
17	ANGI N							
		0.00	-1.232E-03	-3.518E-01	0.00	0.00	0.00	1.379E-02
		1.00	-1.232E-03	-8.153E-02	0.00	0.00	0.00	2.305E-01
		2.00	-1.232E-03	1.888E-01	0.00	0.00	0.00	1.769E-01
		3.00	-1.232E-03	4.591E-01	0.00	0.00	0.00	-1.471E-01
		4.00	-1.232E-03	7.293E-01	0.00	0.00	0.00	-7.413E-01
17	GEMPA							
		0.00	-4.48	20.88	0.00	0.00	0.00	40.97
		1.00	-4.48	21.15	0.00	0.00	0.00	19.96
		2.00	-4.48	21.42	0.00	0.00	0.00	-1.32
		3.00	-4.48	21.69	0.00	0.00	0.00	-22.88
		4.00	-4.48	21.96	0.00	0.00	0.00	-44.70
18	MATI							
		0.00	-7.27	-4.003E-01	0.00	0.00	0.00	-1.00
		2.50	-5.77	-4.003E-01	0.00	0.00	0.00	-1.926E-03
		5.00	-4.27	-4.003E-01	0.00	0.00	0.00	9.989E-01
18	HI DUP							
		0.00	-4.69	-1.857E-01	0.00	0.00	0.00	-4.310E-01
		2.50	-3.19	-1.857E-01	0.00	0.00	0.00	3.314E-02
		5.00	-1.69	-1.857E-01	0.00	0.00	0.00	4.973E-01
18	ANGI N							
		0.00	-3.40	2.838E-01	0.00	0.00	0.00	2.195E-01
		2.50	-1.89	3.385E-02	0.00	0.00	0.00	-1.776E-01
		5.00	-3.932E-01	-2.162E-01	0.00	0.00	0.00	5.024E-02
18	GEMPA							
		0.00	11.61	10.98	0.00	0.00	0.00	22.69
		2.50	13.11	10.98	0.00	0.00	0.00	-4.76
		5.00	14.61	10.98	0.00	0.00	0.00	-32.21
19	MATI							
		0.00	-11.40	-7.102E-02	0.00	0.00	0.00	-1.141E-01
		2.50	-9.90	-7.102E-02	0.00	0.00	0.00	6.349E-02
		5.00	-8.40	-7.102E-02	0.00	0.00	0.00	2.410E-01
19	HI DUP							
		0.00	-6.62	-3.687E-02	0.00	0.00	0.00	-6.184E-02
		2.50	-5.12	-3.687E-02	0.00	0.00	0.00	3.032E-02
		5.00	-3.62	-3.687E-02	0.00	0.00	0.00	1.225E-01
19	ANGI N							
		0.00	-4.14	1.560E-01	0.00	0.00	0.00	3.507E-01
		2.50	-2.64	1.560E-01	0.00	0.00	0.00	-3.924E-02
		5.00	-1.14	1.560E-01	0.00	0.00	0.00	-4.291E-01
19	GEMPA							
		0.00	-2.81	20.91	0.00	0.00	0.00	46.28
		2.50	-1.31	20.91	0.00	0.00	0.00	-5.98
		5.00	1.892E-01	20.91	0.00	0.00	0.00	-58.24

20	MATI	0.00	-32.33	-1.300E-01	0.00	0.00	0.00	-2.388E-01
		2.50	-30.82	-1.300E-01	0.00	0.00	0.00	8.630E-02
		5.00	-29.32	-1.300E-01	0.00	0.00	0.00	4.114E-01
20	HI DUP	0.00	-17.17	-4.815E-02	0.00	0.00	0.00	-9.695E-02
		2.50	-15.67	-4.815E-02	0.00	0.00	0.00	2.342E-02
		5.00	-14.17	-4.815E-02	0.00	0.00	0.00	1.438E-01
20	ANGI N	0.00	-10.89	9.766E-02	0.00	0.00	0.00	2.693E-01
		2.50	-9.38	9.766E-02	0.00	0.00	0.00	2.518E-02
		5.00	-7.88	9.766E-02	0.00	0.00	0.00	-2.190E-01
20	GEMPA	0.00	19.47	15.17	0.00	0.00	0.00	38.57
		2.50	20.98	15.17	0.00	0.00	0.00	6.536E-01
		5.00	22.48	15.17	0.00	0.00	0.00	-37.26
21	MATI	0.00	-43.53	-2.163E-02	0.00	0.00	0.00	-4.889E-02
		2.50	-42.03	-2.163E-02	0.00	0.00	0.00	5.195E-03
		5.00	-40.53	-2.163E-02	0.00	0.00	0.00	5.928E-02
21	HI DUP	0.00	-22.50	-1.065E-02	0.00	0.00	0.00	-2.299E-02
		2.50	-21.00	-1.065E-02	0.00	0.00	0.00	3.646E-03
		5.00	-19.50	-1.065E-02	0.00	0.00	0.00	3.028E-02
21	ANGI N	0.00	-12.26	1.351E-01	0.00	0.00	0.00	3.377E-01
		2.50	-10.76	1.351E-01	0.00	0.00	0.00	-2.800E-05
		5.00	-9.25	1.351E-01	0.00	0.00	0.00	-3.377E-01
21	GEMPA	0.00	-13.92	15.02	0.00	0.00	0.00	38.41
		2.50	-12.42	15.02	0.00	0.00	0.00	8.666E-01
		5.00	-10.92	15.02	0.00	0.00	0.00	-36.68
22	MATI	0.00	-43.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2.50	-42.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		5.00	-40.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	HI DUP	0.00	-22.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2.50	-21.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		5.00	-19.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	ANGI N	0.00	-12.26	1.371E-01	0.00	0.00	0.00	3.437E-01
		2.50	-10.76	1.371E-01	0.00	0.00	0.00	9.106E-04
		5.00	-9.25	1.371E-01	0.00	0.00	0.00	-3.419E-01
22	GEMPA	0.00	-12.24	15.21	0.00	0.00	0.00	38.85
		2.50	-10.73	15.21	0.00	0.00	0.00	8.311E-01
		5.00	-9.23	15.21	0.00	0.00	0.00	-37.19
23	MATI	0.00	-43.53	2.163E-02	0.00	0.00	0.00	4.889E-02
		2.50	-42.03	2.163E-02	0.00	0.00	0.00	-5.195E-03
		5.00	-40.53	2.163E-02	0.00	0.00	0.00	-5.928E-02
23	HI DUP	0.00	-22.50	1.065E-02	0.00	0.00	0.00	2.299E-02
		2.50	-21.00	1.065E-02	0.00	0.00	0.00	-3.646E-03
		5.00	-19.50	1.065E-02	0.00	0.00	0.00	-3.028E-02
23	ANGI N	0.00	-12.24	1.359E-01	0.00	0.00	0.00	3.415E-01
		2.50	-10.74	1.359E-01	0.00	0.00	0.00	1.730E-03
		5.00	-9.24	1.359E-01	0.00	0.00	0.00	-3.380E-01
23	GEMPA	0.00	-10.54	14.90	0.00	0.00	0.00	38.27
		2.50	-9.03	14.90	0.00	0.00	0.00	1.03
		5.00	-7.53	14.90	0.00	0.00	0.00	-36.21
24	MATI	0.00	-32.33	1.300E-01	0.00	0.00	0.00	2.388E-01
		2.50	-30.82	1.300E-01	0.00	0.00	0.00	-8.630E-02
		5.00	-29.32	1.300E-01	0.00	0.00	0.00	-4.114E-01
24	HI DUP	0.00	-17.17	4.815E-02	0.00	0.00	0.00	9.695E-02
		2.50	-15.67	4.815E-02	0.00	0.00	0.00	-2.342E-02
		5.00	-14.17	4.815E-02	0.00	0.00	0.00	-1.438E-01
24	ANGI N	0.00	-11.33	1.539E-01	0.00	0.00	0.00	3.834E-01
		2.50	-9.83	1.539E-01	0.00	0.00	0.00	-1.453E-03
		5.00	-8.33	1.539E-01	0.00	0.00	0.00	-3.863E-01
24	GEMPA	0.00	-41.87	14.95	0.00	0.00	0.00	38.36

	2.50	-40.37	14.95	0.00	0.00	0.00	9.867E-01
	5.00	-38.87	14.95	0.00	0.00	0.00	-36.38
25	MATI						
	0.00	-11.40	7.102E-02	0.00	0.00	0.00	1.141E-01
	2.50	-9.90	7.102E-02	0.00	0.00	0.00	-6.349E-02
	5.00	-8.40	7.102E-02	0.00	0.00	0.00	-2.410E-01
25	HI DUP						
	0.00	-6.62	3.687E-02	0.00	0.00	0.00	6.184E-02
	2.50	-5.12	3.687E-02	0.00	0.00	0.00	-3.032E-02
	5.00	-3.62	3.687E-02	0.00	0.00	0.00	-1.225E-01
25	ANGI N						
	0.00	-4.21	2.095E-01	0.00	0.00	0.00	4.503E-01
	2.50	-2.71	2.095E-01	0.00	0.00	0.00	-7.338E-02
	5.00	-1.21	2.095E-01	0.00	0.00	0.00	-5.971E-01
25	GEMPA						
	0.00	-5.74	20.72	0.00	0.00	0.00	46.08
	2.50	-4.24	20.72	0.00	0.00	0.00	-5.71
	5.00	-2.73	20.72	0.00	0.00	0.00	-57.50
26	MATI						
	0.00	-7.27	4.003E-01	0.00	0.00	0.00	1.00
	2.50	-5.77	4.003E-01	0.00	0.00	0.00	1.926E-03
	5.00	-4.27	4.003E-01	0.00	0.00	0.00	-9.989E-01
26	HI DUP						
	0.00	-4.69	1.857E-01	0.00	0.00	0.00	4.310E-01
	2.50	-3.19	1.857E-01	0.00	0.00	0.00	-3.314E-02
	5.00	-1.69	1.857E-01	0.00	0.00	0.00	-4.973E-01
26	ANGI N						
	0.00	-3.64	1.910E-01	0.00	0.00	0.00	4.025E-01
	2.50	-2.14	1.910E-01	0.00	0.00	0.00	-7.505E-02
	5.00	-6.354E-01	1.910E-01	0.00	0.00	0.00	-5.526E-01
26	GEMPA						
	0.00	-18.33	11.16	0.00	0.00	0.00	23.67
	2.50	-16.82	11.16	0.00	0.00	0.00	-4.22
	5.00	-15.32	11.16	0.00	0.00	0.00	-32.11
27	MATI						
	0.00	-4.003E-01	-1.73	0.00	0.00	0.00	-9.989E-01
	1.00	-4.003E-01	-8.267E-01	0.00	0.00	0.00	2.801E-01
	2.00	-4.003E-01	7.803E-02	0.00	0.00	0.00	6.545E-01
	3.00	-4.003E-01	9.827E-01	0.00	0.00	0.00	1.241E-01
	4.00	-4.003E-01	1.89	0.00	0.00	0.00	-1.31
27	HI DUP						
	0.00	-1.857E-01	-8.904E-01	0.00	0.00	0.00	-4.973E-01
	1.00	-1.857E-01	-4.206E-01	0.00	0.00	0.00	1.582E-01
	2.00	-1.857E-01	4.921E-02	0.00	0.00	0.00	3.438E-01
	3.00	-1.857E-01	5.190E-01	0.00	0.00	0.00	5.973E-02
	4.00	-1.857E-01	9.888E-01	0.00	0.00	0.00	-6.942E-01
27	ANGI N						
	0.00	-2.162E-01	-3.932E-01	0.00	0.00	0.00	-5.024E-02
	1.00	-2.162E-01	-1.229E-01	0.00	0.00	0.00	2.078E-01
	2.00	-2.162E-01	1.474E-01	0.00	0.00	0.00	1.956E-01
	3.00	-2.162E-01	4.177E-01	0.00	0.00	0.00	-8.690E-02
	4.00	-2.162E-01	6.880E-01	0.00	0.00	0.00	-6.397E-01
27	GEMPA						
	0.00	-43.77	14.61	0.00	0.00	0.00	32.21
	1.00	-43.77	14.88	0.00	0.00	0.00	17.46
	2.00	-43.77	15.16	0.00	0.00	0.00	2.44
	3.00	-43.77	15.43	0.00	0.00	0.00	-12.85
	4.00	-43.77	15.70	0.00	0.00	0.00	-28.41
28	MATI						
	0.00	-4.714E-01	-1.98	0.00	0.00	0.00	-1.55
	1.00	-4.714E-01	-1.07	0.00	0.00	0.00	-2.931E-02
	2.00	-4.714E-01	-1.657E-01	0.00	0.00	0.00	5.887E-01
	3.00	-4.714E-01	7.391E-01	0.00	0.00	0.00	3.020E-01
	4.00	-4.714E-01	1.64	0.00	0.00	0.00	-8.894E-01
28	HI DUP						
	0.00	-2.225E-01	-1.03	0.00	0.00	0.00	-8.167E-01
	1.00	-2.225E-01	-5.652E-01	0.00	0.00	0.00	-1.658E-02
	2.00	-2.225E-01	-9.539E-02	0.00	0.00	0.00	3.137E-01
	3.00	-2.225E-01	3.744E-01	0.00	0.00	0.00	1.742E-01
	4.00	-2.225E-01	8.442E-01	0.00	0.00	0.00	-4.351E-01
28	ANGI N						
	0.00	-6.019E-02	-4.521E-01	0.00	0.00	0.00	-2.106E-01

	1.00	-6.019E-02	-1.818E-01	0.00	0.00	0.00	1.064E-01
	2.00	-6.019E-02	8.845E-02	0.00	0.00	0.00	1.531E-01
	3.00	-6.019E-02	3.587E-01	0.00	0.00	0.00	-7.046E-02
	4.00	-6.019E-02	6.290E-01	0.00	0.00	0.00	-5.643E-01
28	GEMPA						
	0.00	-22.86	15.89	0.00	0.00	0.00	29.83
	1.00	-22.86	16.16	0.00	0.00	0.00	13.81
	2.00	-22.86	16.43	0.00	0.00	0.00	-2.48
	3.00	-22.86	16.70	0.00	0.00	0.00	-19.04
	4.00	-22.86	16.97	0.00	0.00	0.00	-35.87
29	MATI						
	0.00	-2.483E-01	-3.07	0.00	0.00	0.00	-2.11
	1.00	-2.483E-01	-1.57	0.00	0.00	0.00	2.186E-01
	2.00	-2.483E-01	-7.301E-02	0.00	0.00	0.00	1.04
	3.00	-2.483E-01	1.43	0.00	0.00	0.00	3.646E-01
	4.00	-2.483E-01	2.93	0.00	0.00	0.00	-1.81
29	HI DUP						
	0.00	-1.366E-01	-1.25	0.00	0.00	0.00	-8.785E-01
	1.00	-1.366E-01	-6.465E-01	0.00	0.00	0.00	6.948E-02
	2.00	-1.366E-01	-4.376E-02	0.00	0.00	0.00	4.146E-01
	3.00	-1.366E-01	5.590E-01	0.00	0.00	0.00	1.570E-01
	4.00	-1.366E-01	1.16	0.00	0.00	0.00	-7.034E-01
29	ANGI N						
	0.00	-2.762E-01	-3.591E-01	0.00	0.00	0.00	1.567E-02
	1.00	-2.762E-01	-8.883E-02	0.00	0.00	0.00	2.396E-01
	2.00	-2.762E-01	1.815E-01	0.00	0.00	0.00	1.933E-01
	3.00	-2.762E-01	4.518E-01	0.00	0.00	0.00	-1.233E-01
	4.00	-2.762E-01	7.220E-01	0.00	0.00	0.00	-7.102E-01
29	GEMPA						
	0.00	-22.22	19.09	0.00	0.00	0.00	38.82
	1.00	-22.22	19.36	0.00	0.00	0.00	19.59
	2.00	-22.22	19.63	0.00	0.00	0.00	9.277E-02
	3.00	-22.22	19.90	0.00	0.00	0.00	-19.68
	4.00	-22.22	20.17	0.00	0.00	0.00	-39.71
30	MATI						
	0.00	-2.258E-01	-3.00	0.00	0.00	0.00	-1.98
	1.00	-2.258E-01	-1.49	0.00	0.00	0.00	2.631E-01
	2.00	-2.258E-01	5.812E-03	0.00	0.00	0.00	1.01
	3.00	-2.258E-01	1.51	0.00	0.00	0.00	2.515E-01
	4.00	-2.258E-01	3.01	0.00	0.00	0.00	-2.01
30	HI DUP						
	0.00	-1.230E-01	-1.20	0.00	0.00	0.00	-7.934E-01
	1.00	-1.230E-01	-5.996E-01	0.00	0.00	0.00	1.075E-01
	2.00	-1.230E-01	3.239E-03	0.00	0.00	0.00	4.057E-01
	3.00	-1.230E-01	6.060E-01	0.00	0.00	0.00	1.010E-01
	4.00	-1.230E-01	1.21	0.00	0.00	0.00	-8.064E-01
30	ANGI N						
	0.00	-3.051E-01	-3.601E-01	0.00	0.00	0.00	1.222E-03
	1.00	-3.051E-01	-8.979E-02	0.00	0.00	0.00	2.262E-01
	2.00	-3.051E-01	1.805E-01	0.00	0.00	0.00	1.808E-01
	3.00	-3.051E-01	4.508E-01	0.00	0.00	0.00	-1.349E-01
	4.00	-3.051E-01	7.211E-01	0.00	0.00	0.00	-7.208E-01
30	GEMPA						
	0.00	-25.45	19.60	0.00	0.00	0.00	39.98
	1.00	-25.45	19.87	0.00	0.00	0.00	20.25
	2.00	-25.45	20.14	0.00	0.00	0.00	2.449E-01
	3.00	-25.45	20.41	0.00	0.00	0.00	-20.03
	4.00	-25.45	20.68	0.00	0.00	0.00	-40.57
31	MATI						
	0.00	-2.258E-01	-3.01	0.00	0.00	0.00	-2.01
	1.00	-2.258E-01	-1.51	0.00	0.00	0.00	2.515E-01
	2.00	-2.258E-01	-5.812E-03	0.00	0.00	0.00	1.01
	3.00	-2.258E-01	1.49	0.00	0.00	0.00	2.631E-01
	4.00	-2.258E-01	3.00	0.00	0.00	0.00	-1.98
31	HI DUP						
	0.00	-1.230E-01	-1.21	0.00	0.00	0.00	-8.064E-01
	1.00	-1.230E-01	-6.060E-01	0.00	0.00	0.00	1.010E-01
	2.00	-1.230E-01	-3.239E-03	0.00	0.00	0.00	4.057E-01
	3.00	-1.230E-01	5.996E-01	0.00	0.00	0.00	1.075E-01
	4.00	-1.230E-01	1.20	0.00	0.00	0.00	-7.934E-01
31	ANGI N						
	0.00	-3.327E-01	-3.611E-01	0.00	0.00	0.00	-1.118E-03
	1.00	-3.327E-01	-9.081E-02	0.00	0.00	0.00	2.248E-01
	2.00	-3.327E-01	1.795E-01	0.00	0.00	0.00	1.805E-01
	3.00	-3.327E-01	4.498E-01	0.00	0.00	0.00	-1.341E-01

31	GEMPA	4.00	-3.327E-01	7.201E-01	0.00	0.00	0.00	-7.190E-01
		0.00	-28.45	19.59	0.00	0.00	0.00	39.84
		1.00	-28.45	19.86	0.00	0.00	0.00	20.12
		2.00	-28.45	20.13	0.00	0.00	0.00	1.223E-01
		3.00	-28.45	20.40	0.00	0.00	0.00	-20.14
		4.00	-28.45	20.67	0.00	0.00	0.00	-40.68
32	MATI	0.00	-2.483E-01	-2.93	0.00	0.00	0.00	-1.81
		1.00	-2.483E-01	-1.43	0.00	0.00	0.00	3.646E-01
		2.00	-2.483E-01	7.301E-02	0.00	0.00	0.00	1.04
		3.00	-2.483E-01	1.57	0.00	0.00	0.00	2.186E-01
		4.00	-2.483E-01	3.07	0.00	0.00	0.00	-2.11
32	HI DUP	0.00	-1.366E-01	-1.16	0.00	0.00	0.00	-7.034E-01
		1.00	-1.366E-01	-5.590E-01	0.00	0.00	0.00	1.570E-01
		2.00	-1.366E-01	4.376E-02	0.00	0.00	0.00	4.146E-01
		3.00	-1.366E-01	6.465E-01	0.00	0.00	0.00	6.948E-02
		4.00	-1.366E-01	1.25	0.00	0.00	0.00	-8.785E-01
32	ANGI N	0.00	-3.690E-01	-3.567E-01	0.00	0.00	0.00	1.278E-02
		1.00	-3.690E-01	-8.637E-02	0.00	0.00	0.00	2.343E-01
		2.00	-3.690E-01	1.839E-01	0.00	0.00	0.00	1.855E-01
		3.00	-3.690E-01	4.542E-01	0.00	0.00	0.00	-1.336E-01
		4.00	-3.690E-01	7.245E-01	0.00	0.00	0.00	-7.229E-01
32	GEMPA	0.00	-31.96	19.09	0.00	0.00	0.00	38.99
		1.00	-31.96	19.36	0.00	0.00	0.00	19.77
		2.00	-31.96	19.63	0.00	0.00	0.00	2.782E-01
		3.00	-31.96	19.90	0.00	0.00	0.00	-19.48
		4.00	-31.96	20.17	0.00	0.00	0.00	-39.52
33	MATI	0.00	-4.714E-01	-1.64	0.00	0.00	0.00	-8.894E-01
		1.00	-4.714E-01	-7.391E-01	0.00	0.00	0.00	3.020E-01
		2.00	-4.714E-01	1.657E-01	0.00	0.00	0.00	5.887E-01
		3.00	-4.714E-01	1.07	0.00	0.00	0.00	-2.931E-02
		4.00	-4.714E-01	1.98	0.00	0.00	0.00	-1.55
33	HI DUP	0.00	-2.225E-01	-8.442E-01	0.00	0.00	0.00	-4.351E-01
		1.00	-2.225E-01	-3.744E-01	0.00	0.00	0.00	1.742E-01
		2.00	-2.225E-01	9.539E-02	0.00	0.00	0.00	3.137E-01
		3.00	-2.225E-01	5.652E-01	0.00	0.00	0.00	-1.658E-02
		4.00	-2.225E-01	1.03	0.00	0.00	0.00	-8.167E-01
33	ANGI N	0.00	-4.005E-01	-3.213E-01	0.00	0.00	0.00	1.069E-01
		1.00	-4.005E-01	-5.097E-02	0.00	0.00	0.00	2.930E-01
		2.00	-4.005E-01	2.193E-01	0.00	0.00	0.00	2.088E-01
		3.00	-4.005E-01	4.896E-01	0.00	0.00	0.00	-1.457E-01
		4.00	-4.005E-01	7.599E-01	0.00	0.00	0.00	-7.704E-01
33	GEMPA	0.00	-31.87	15.89	0.00	0.00	0.00	35.26
		1.00	-31.87	16.17	0.00	0.00	0.00	19.23
		2.00	-31.87	16.44	0.00	0.00	0.00	2.93
		3.00	-31.87	16.71	0.00	0.00	0.00	-13.64
		4.00	-31.87	16.98	0.00	0.00	0.00	-30.48
34	MATI	0.00	-4.003E-01	-1.89	0.00	0.00	0.00	-1.31
		1.00	-4.003E-01	-9.827E-01	0.00	0.00	0.00	1.241E-01
		2.00	-4.003E-01	-7.803E-02	0.00	0.00	0.00	6.545E-01
		3.00	-4.003E-01	8.267E-01	0.00	0.00	0.00	2.801E-01
		4.00	-4.003E-01	1.73	0.00	0.00	0.00	-9.989E-01
34	HI DUP	0.00	-1.857E-01	-9.888E-01	0.00	0.00	0.00	-6.942E-01
		1.00	-1.857E-01	-5.190E-01	0.00	0.00	0.00	5.973E-02
		2.00	-1.857E-01	-4.921E-02	0.00	0.00	0.00	3.438E-01
		3.00	-1.857E-01	4.206E-01	0.00	0.00	0.00	1.582E-01
		4.00	-1.857E-01	8.904E-01	0.00	0.00	0.00	-4.973E-01
34	ANGI N	0.00	-1.910E-01	-4.458E-01	0.00	0.00	0.00	-1.734E-01
		1.00	-1.910E-01	-1.755E-01	0.00	0.00	0.00	1.373E-01
		2.00	-1.910E-01	9.480E-02	0.00	0.00	0.00	1.776E-01
		3.00	-1.910E-01	3.651E-01	0.00	0.00	0.00	-5.234E-02
		4.00	-1.910E-01	6.354E-01	0.00	0.00	0.00	-5.526E-01
34	GEMPA							

	0.00	-11.16	14.24	0.00	0.00	0.00	27.02
	1.00	-11.16	14.51	0.00	0.00	0.00	12.64
	2.00	-11.16	14.78	0.00	0.00	0.00	-2.00
	3.00	-11.16	15.05	0.00	0.00	0.00	-16.92
	4.00	-11.16	15.32	0.00	0.00	0.00	-32.11
35	MATI						
	0.00	-18.42	-3.530E-01	0.00	0.00	0.00	-8.044E-01
	2.50	-16.91	-3.530E-01	0.00	0.00	0.00	7.822E-02
	5.00	-15.41	-3.530E-01	0.00	0.00	0.00	9.608E-01
35	HI DUP						
	0.00	-10.35	-1.341E-01	0.00	0.00	0.00	-2.996E-01
	2.50	-8.84	-1.341E-01	0.00	0.00	0.00	3.572E-02
	5.00	-7.34	-1.341E-01	0.00	0.00	0.00	3.710E-01
35	ANGI N						
	0.00	-6.90	3.136E-01	0.00	0.00	0.00	3.610E-01
	2.50	-5.39	6.363E-02	0.00	0.00	0.00	-1.105E-01
	5.00	-3.89	-1.864E-01	0.00	0.00	0.00	4.287E-02
35	GEMPA						
	0.00	20.35	14.52	0.00	0.00	0.00	37.43
	2.50	21.85	14.52	0.00	0.00	0.00	1.13
	5.00	23.35	14.52	0.00	0.00	0.00	-35.17
36	MATI						
	0.00	-27.30	-4.419E-02	0.00	0.00	0.00	-1.094E-01
	2.50	-25.80	-4.419E-02	0.00	0.00	0.00	1.048E-03
	5.00	-24.30	-4.419E-02	0.00	0.00	0.00	1.115E-01
36	HI DUP						
	0.00	-14.48	-2.424E-02	0.00	0.00	0.00	-5.971E-02
	2.50	-12.97	-2.424E-02	0.00	0.00	0.00	9.040E-04
	5.00	-11.47	-2.424E-02	0.00	0.00	0.00	6.151E-02
36	ANGI N						
	0.00	-8.17	1.640E-01	0.00	0.00	0.00	3.737E-01
	2.50	-6.67	1.640E-01	0.00	0.00	0.00	-3.640E-02
	5.00	-5.17	1.640E-01	0.00	0.00	0.00	-4.464E-01
36	GEMPA						
	0.00	-10.35	18.25	0.00	0.00	0.00	43.02
	2.50	-8.84	18.25	0.00	0.00	0.00	-2.61
	5.00	-7.34	18.25	0.00	0.00	0.00	-48.23
37	MATI						
	0.00	-27.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.50	-26.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.00	-24.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
37	HI DUP						
	0.00	-14.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.50	-13.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.00	-11.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
37	ANGI N						
	0.00	-8.17	1.647E-01	0.00	0.00	0.00	3.778E-01
	2.50	-6.67	1.647E-01	0.00	0.00	0.00	-3.395E-02
	5.00	-5.17	1.647E-01	0.00	0.00	0.00	-4.457E-01
37	GEMPA						
	0.00	-8.14	18.21	0.00	0.00	0.00	43.23
	2.50	-6.64	18.21	0.00	0.00	0.00	-2.29
	5.00	-5.14	18.21	0.00	0.00	0.00	-47.80
38	MATI						
	0.00	-27.30	4.419E-02	0.00	0.00	0.00	1.094E-01
	2.50	-25.80	4.419E-02	0.00	0.00	0.00	-1.048E-03
	5.00	-24.30	4.419E-02	0.00	0.00	0.00	-1.115E-01
38	HI DUP						
	0.00	-14.48	2.424E-02	0.00	0.00	0.00	5.971E-02
	2.50	-12.97	2.424E-02	0.00	0.00	0.00	-9.040E-04
	5.00	-11.47	2.424E-02	0.00	0.00	0.00	-6.151E-02
38	ANGI N						
	0.00	-8.16	1.722E-01	0.00	0.00	0.00	3.938E-01
	2.50	-6.66	1.722E-01	0.00	0.00	0.00	-3.666E-02
	5.00	-5.16	1.722E-01	0.00	0.00	0.00	-4.671E-01
38	GEMPA						
	0.00	-5.95	18.41	0.00	0.00	0.00	43.46
	2.50	-4.45	18.41	0.00	0.00	0.00	-2.56
	5.00	-2.95	18.41	0.00	0.00	0.00	-48.57
39	MATI						
	0.00	-18.42	3.530E-01	0.00	0.00	0.00	8.044E-01
	2.50	-16.91	3.530E-01	0.00	0.00	0.00	-7.822E-02
	5.00	-15.41	3.530E-01	0.00	0.00	0.00	9.608E-01
39	HI DUP						
	0.00	-10.35	1.341E-01	0.00	0.00	0.00	2.996E-01
	2.50	-8.84	1.341E-01	0.00	0.00	0.00	-3.572E-02



39	ANGI N	5.00	-7.34	1.341E-01	0.00	0.00	0.00	-3.710E-01
		0.00	-7.28	1.855E-01	0.00	0.00	0.00	4.435E-01
		2.50	-5.78	1.855E-01	0.00	0.00	0.00	-2.019E-02
		5.00	-4.28	1.855E-01	0.00	0.00	0.00	-4.839E-01
39	GEMPA	0.00	-34.60	14.87	0.00	0.00	0.00	38.39
		2.50	-33.10	14.87	0.00	0.00	0.00	1.23
		5.00	-31.59	14.87	0.00	0.00	0.00	-35.93
		0.00	1.187E-01	-3.08	0.00	0.00	0.00	-2.09
40	MATI	1.00	1.187E-01	-1.58	0.00	0.00	0.00	2.450E-01
		2.00	1.187E-01	-8.178E-02	0.00	0.00	0.00	1.08
		3.00	1.187E-01	1.42	0.00	0.00	0.00	4.085E-01
		4.00	1.187E-01	2.92	0.00	0.00	0.00	-1.76
40	HI DUP	0.00	8.827E-02	-1.25	0.00	0.00	0.00	-8.710E-01
		1.00	8.827E-02	-6.508E-01	0.00	0.00	0.00	8.112E-02
		2.00	8.827E-02	-4.798E-02	0.00	0.00	0.00	4.305E-01
		3.00	8.827E-02	5.548E-01	0.00	0.00	0.00	1.771E-01
40	ANGI N	4.00	8.827E-02	1.16	0.00	0.00	0.00	-6.791E-01
		0.00	-3.860E-01	-3.961E-01	0.00	0.00	0.00	-4.461E-02
		1.00	-3.860E-01	-1.258E-01	0.00	0.00	0.00	2.163E-01
		2.00	-3.860E-01	1.445E-01	0.00	0.00	0.00	2.070E-01
40	GEMPA	3.00	-3.860E-01	4.148E-01	0.00	0.00	0.00	-7.262E-02
		4.00	-3.860E-01	6.851E-01	0.00	0.00	0.00	-6.225E-01
		0.00	-32.79	17.91	0.00	0.00	0.00	38.15
		1.00	-32.79	18.18	0.00	0.00	0.00	20.11
41	MATI	2.00	-32.79	18.45	0.00	0.00	0.00	1.80
		3.00	-32.79	18.72	0.00	0.00	0.00	-16.79
		4.00	-32.79	18.99	0.00	0.00	0.00	-35.64
		0.00	1.274E-01	-3.00	0.00	0.00	0.00	-1.98
41	HI DUP	1.00	1.274E-01	-1.50	0.00	0.00	0.00	2.628E-01
		2.00	1.274E-01	5.059E-03	0.00	0.00	0.00	1.01
		3.00	1.274E-01	1.51	0.00	0.00	0.00	2.527E-01
		4.00	1.274E-01	3.01	0.00	0.00	0.00	-2.00
41	ANGI N	0.00	8.770E-02	-1.20	0.00	0.00	0.00	-7.932E-01
		1.00	8.770E-02	-5.996E-01	0.00	0.00	0.00	1.079E-01
		2.00	8.770E-02	3.165E-03	0.00	0.00	0.00	4.061E-01
		3.00	8.770E-02	6.060E-01	0.00	0.00	0.00	1.015E-01
41	GEMPA	4.00	8.770E-02	1.21	0.00	0.00	0.00	-8.058E-01
		0.00	-2.778E-01	-4.065E-01	0.00	0.00	0.00	-9.267E-02
		1.00	-2.778E-01	-1.362E-01	0.00	0.00	0.00	1.787E-01
		2.00	-2.778E-01	1.341E-01	0.00	0.00	0.00	1.797E-01
42	MATI	3.00	-2.778E-01	4.044E-01	0.00	0.00	0.00	-8.958E-02
		4.00	-2.778E-01	6.747E-01	0.00	0.00	0.00	-6.291E-01
		0.00	-25.44	16.39	0.00	0.00	0.00	33.41
		1.00	-25.44	16.66	0.00	0.00	0.00	16.89
42	HI DUP	2.00	-25.44	16.93	0.00	0.00	0.00	9.815E-02
		3.00	-25.44	17.20	0.00	0.00	0.00	-16.96
		4.00	-25.44	17.47	0.00	0.00	0.00	-34.30
		0.00	1.274E-01	-3.01	0.00	0.00	0.00	-2.00
42	ANGI N	1.00	1.274E-01	-1.51	0.00	0.00	0.00	2.527E-01
		2.00	1.274E-01	-5.059E-03	0.00	0.00	0.00	1.01
		3.00	1.274E-01	1.50	0.00	0.00	0.00	2.628E-01
		4.00	1.274E-01	3.00	0.00	0.00	0.00	-1.98
42	GEMPA	0.00	8.770E-02	-1.21	0.00	0.00	0.00	-8.058E-01
		1.00	8.770E-02	-6.060E-01	0.00	0.00	0.00	1.015E-01
		2.00	8.770E-02	-3.165E-03	0.00	0.00	0.00	4.061E-01
		3.00	8.770E-02	5.996E-01	0.00	0.00	0.00	1.079E-01
42	MATI	4.00	8.770E-02	1.20	0.00	0.00	0.00	-7.932E-01
		0.00	-1.743E-01	-4.076E-01	0.00	0.00	0.00	-9.287E-02
		1.00	-1.743E-01	-1.373E-01	0.00	0.00	0.00	1.796E-01
		2.00	-1.743E-01	1.330E-01	0.00	0.00	0.00	1.817E-01
42	ANGI N	3.00	-1.743E-01	4.033E-01	0.00	0.00	0.00	-8.640E-02
		4.00	-1.743E-01	6.736E-01	0.00	0.00	0.00	-6.248E-01
		0.00	-17.92	16.41	0.00	0.00	0.00	33.61
		1.00	-17.92	16.68	0.00	0.00	0.00	17.06
42	GEMPA	2.00	-17.92	16.95	0.00	0.00	0.00	2.454E-01

	3.00	-17.92	17.22	0.00	0.00	0.00	-16.84
	4.00	-17.92	17.49	0.00	0.00	0.00	-34.20
43 MATI	0.00	1.187E-01	-2.92	0.00	0.00	0.00	-1.76
	1.00	1.187E-01	-1.42	0.00	0.00	0.00	4.085E-01
	2.00	1.187E-01	8.178E-02	0.00	0.00	0.00	1.08
	3.00	1.187E-01	1.58	0.00	0.00	0.00	2.450E-01
	4.00	1.187E-01	3.08	0.00	0.00	0.00	-2.09
43 HI DUP	0.00	8.827E-02	-1.16	0.00	0.00	0.00	-6.791E-01
	1.00	8.827E-02	-5.548E-01	0.00	0.00	0.00	1.771E-01
	2.00	8.827E-02	4.798E-02	0.00	0.00	0.00	4.305E-01
	3.00	8.827E-02	6.508E-01	0.00	0.00	0.00	8.112E-02
	4.00	8.827E-02	1.25	0.00	0.00	0.00	-8.710E-01
43 ANGI N	0.00	-6.523E-02	-3.881E-01	0.00	0.00	0.00	-5.759E-02
	1.00	-6.523E-02	-1.178E-01	0.00	0.00	0.00	1.954E-01
	2.00	-6.523E-02	1.525E-01	0.00	0.00	0.00	1.780E-01
	3.00	-6.523E-02	4.228E-01	0.00	0.00	0.00	-1.096E-01
	4.00	-6.523E-02	6.931E-01	0.00	0.00	0.00	-6.676E-01
43 GEMPA	0.00	-10.40	18.02	0.00	0.00	0.00	35.12
	1.00	-10.40	18.29	0.00	0.00	0.00	16.97
	2.00	-10.40	18.56	0.00	0.00	0.00	-1.45
	3.00	-10.40	18.83	0.00	0.00	0.00	-20.14
	4.00	-10.40	19.10	0.00	0.00	0.00	-39.10
44 MATI	0.00	-7.41	-4.717E-01	0.00	0.00	0.00	-1.13
	2.50	-5.91	-4.717E-01	0.00	0.00	0.00	5.260E-02
	5.00	-4.41	-4.717E-01	0.00	0.00	0.00	1.23
44 HI DUP	0.00	-4.76	-2.224E-01	0.00	0.00	0.00	-5.000E-01
	2.50	-3.26	-2.224E-01	0.00	0.00	0.00	5.595E-02
	5.00	-1.76	-2.224E-01	0.00	0.00	0.00	6.119E-01
44 ANGI N	0.00	-3.50	1.996E-01	0.00	0.00	0.00	-1.732E-03
	2.50	-1.99	-5.040E-02	0.00	0.00	0.00	-1.882E-01
	5.00	-4.926E-01	-3.004E-01	0.00	0.00	0.00	2.503E-01
44 GEMPA	0.00	5.45	4.32	0.00	0.00	0.00	2.98
	2.50	6.95	4.32	0.00	0.00	0.00	-7.81
	5.00	8.45	4.32	0.00	0.00	0.00	-18.60
45 MATI	0.00	-11.08	-5.287E-02	0.00	0.00	0.00	-1.109E-01
	2.50	-9.58	-5.287E-02	0.00	0.00	0.00	2.129E-02
	5.00	-8.08	-5.287E-02	0.00	0.00	0.00	1.535E-01
45 HI DUP	0.00	-6.45	-2.367E-02	0.00	0.00	0.00	-5.251E-02
	2.50	-4.95	-2.367E-02	0.00	0.00	0.00	6.674E-03
	5.00	-3.45	-2.367E-02	0.00	0.00	0.00	6.586E-02
45 ANGI N	0.00	-4.08	5.584E-02	0.00	0.00	0.00	8.343E-02
	2.50	-2.58	5.584E-02	0.00	0.00	0.00	-5.618E-02
	5.00	-1.07	5.584E-02	0.00	0.00	0.00	-1.958E-01
45 GEMPA	0.00	-4.74	10.90	0.00	0.00	0.00	20.82
	2.50	-3.24	10.90	0.00	0.00	0.00	-6.42
	5.00	-1.74	10.90	0.00	0.00	0.00	-33.67
46 MATI	0.00	-11.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.50	-9.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.00	-8.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
46 HI DUP	0.00	-6.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.50	-4.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.00	-3.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
46 ANGI N	0.00	-4.09	6.126E-02	0.00	0.00	0.00	9.056E-02
	2.50	-2.58	6.126E-02	0.00	0.00	0.00	-6.259E-02
	5.00	-1.08	6.126E-02	0.00	0.00	0.00	-2.157E-01
46 GEMPA	0.00	-4.08	10.69	0.00	0.00	0.00	20.11
	2.50	-2.58	10.69	0.00	0.00	0.00	-6.61

	5.00	-1.08	10.69	0.00	0.00	0.00	-33.33
47 MATI	0.00	-11.08	5.287E-02	0.00	0.00	0.00	1.109E-01
	2.50	-9.58	5.287E-02	0.00	0.00	0.00	-2.129E-02
	5.00	-8.08	5.287E-02	0.00	0.00	0.00	-1.535E-01
47 HI DUP	0.00	-6.45	2.367E-02	0.00	0.00	0.00	5.251E-02
	2.50	-4.95	2.367E-02	0.00	0.00	0.00	-6.674E-03
	5.00	-3.45	2.367E-02	0.00	0.00	0.00	-6.586E-02
47 ANGI N	0.00	-4.10	6.306E-02	0.00	0.00	0.00	1.001E-01
	2.50	-2.60	6.306E-02	0.00	0.00	0.00	-5.750E-02
	5.00	-1.09	6.306E-02	0.00	0.00	0.00	-2.151E-01
47 GEMPA	0.00	-3.47	10.88	0.00	0.00	0.00	20.75
	2.50	-1.97	10.88	0.00	0.00	0.00	-6.46
	5.00	-4.650E-01	10.88	0.00	0.00	0.00	-33.67
48 MATI	0.00	-7.41	4.717E-01	0.00	0.00	0.00	1.13
	2.50	-5.91	4.717E-01	0.00	0.00	0.00	-5.260E-02
	5.00	-4.41	4.717E-01	0.00	0.00	0.00	-1.23
48 HI DUP	0.00	-4.76	2.224E-01	0.00	0.00	0.00	5.000E-01
	2.50	-3.26	2.224E-01	0.00	0.00	0.00	-5.595E-02
	5.00	-1.76	2.224E-01	0.00	0.00	0.00	-6.119E-01
48 ANGI N	0.00	-3.58	1.202E-01	0.00	0.00	0.00	1.837E-01
	2.50	-2.08	1.202E-01	0.00	0.00	0.00	-1.169E-01
	5.00	-5.816E-01	1.202E-01	0.00	0.00	0.00	-4.175E-01
48 GEMPA	0.00	-12.50	4.47	0.00	0.00	0.00	3.16
	2.50	-11.00	4.47	0.00	0.00	0.00	-8.01
	5.00	-9.49	4.47	0.00	0.00	0.00	-19.19
49 MATI	0.00	-4.717E-01	-1.87	0.00	0.00	0.00	-1.23
	1.00	-4.717E-01	-9.630E-01	0.00	0.00	0.00	1.834E-01
	2.00	-4.717E-01	-5.828E-02	0.00	0.00	0.00	6.941E-01
	3.00	-4.717E-01	8.464E-01	0.00	0.00	0.00	3.000E-01
	4.00	-4.717E-01	1.75	0.00	0.00	0.00	-9.988E-01
49 HI DUP	0.00	-2.224E-01	-9.579E-01	0.00	0.00	0.00	-6.119E-01
	1.00	-2.224E-01	-4.881E-01	0.00	0.00	0.00	1.111E-01
	2.00	-2.224E-01	-1.831E-02	0.00	0.00	0.00	3.643E-01
	3.00	-2.224E-01	4.515E-01	0.00	0.00	0.00	1.477E-01
	4.00	-2.224E-01	9.213E-01	0.00	0.00	0.00	-5.387E-01
49 ANGI N	0.00	-3.004E-01	-4.926E-01	0.00	0.00	0.00	-2.503E-01
	1.00	-3.004E-01	-2.223E-01	0.00	0.00	0.00	1.072E-01
	2.00	-3.004E-01	4.801E-02	0.00	0.00	0.00	1.943E-01
	3.00	-3.004E-01	3.183E-01	0.00	0.00	0.00	1.114E-02
	4.00	-3.004E-01	5.886E-01	0.00	0.00	0.00	-4.423E-01
49 GEMPA	0.00	-36.94	8.45	0.00	0.00	0.00	18.60
	1.00	-36.94	8.72	0.00	0.00	0.00	10.02
	2.00	-36.94	8.99	0.00	0.00	0.00	1.16
	3.00	-36.94	9.26	0.00	0.00	0.00	-7.96
	4.00	-36.94	9.53	0.00	0.00	0.00	-17.36
50 MATI	0.00	-5.246E-01	-1.79	0.00	0.00	0.00	-1.15
	1.00	-5.246E-01	-8.864E-01	0.00	0.00	0.00	1.865E-01
	2.00	-5.246E-01	1.832E-02	0.00	0.00	0.00	6.205E-01
	3.00	-5.246E-01	9.230E-01	0.00	0.00	0.00	1.498E-01
	4.00	-5.246E-01	1.83	0.00	0.00	0.00	-1.23
50 HI DUP	0.00	-2.461E-01	-9.323E-01	0.00	0.00	0.00	-6.045E-01
	1.00	-2.461E-01	-4.625E-01	0.00	0.00	0.00	9.286E-02
	2.00	-2.461E-01	7.290E-03	0.00	0.00	0.00	3.205E-01
	3.00	-2.461E-01	4.771E-01	0.00	0.00	0.00	7.828E-02
	4.00	-2.461E-01	9.469E-01	0.00	0.00	0.00	-6.337E-01
50 ANGI N	0.00	-2.446E-01	-4.849E-01	0.00	0.00	0.00	-2.465E-01
	1.00	-2.446E-01	-2.146E-01	0.00	0.00	0.00	1.032E-01
	2.00	-2.446E-01	5.573E-02	0.00	0.00	0.00	1.826E-01
	3.00	-2.446E-01	3.260E-01	0.00	0.00	0.00	-8.277E-03
	4.00	-2.446E-01	5.963E-01	0.00	0.00	0.00	-4.694E-01

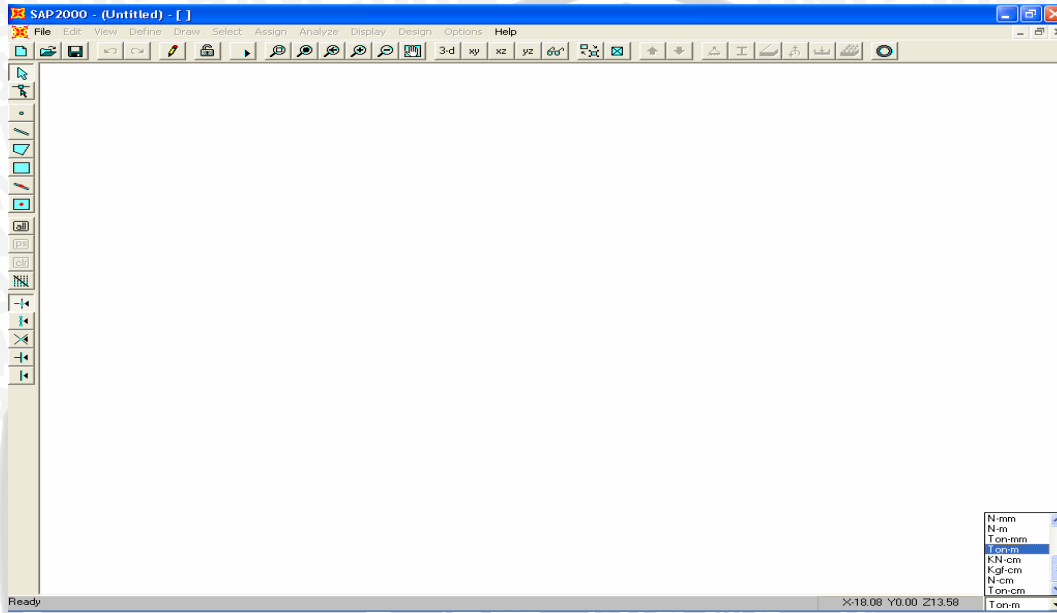
50	GEMPA	0.00	-26.04	7.79	0.00	0.00	0.00	16.31
		1.00	-26.04	8.06	0.00	0.00	0.00	8.38
		2.00	-26.04	8.33	0.00	0.00	0.00	1.842E-01
		3.00	-26.04	8.60	0.00	0.00	0.00	-8.29
		4.00	-26.04	8.88	0.00	0.00	0.00	-17.03
51	MATI	0.00	-5.246E-01	-1.83	0.00	0.00	0.00	-1.23
		1.00	-5.246E-01	-9.230E-01	0.00	0.00	0.00	1.498E-01
		2.00	-5.246E-01	-1.832E-02	0.00	0.00	0.00	6.205E-01
		3.00	-5.246E-01	8.864E-01	0.00	0.00	0.00	1.865E-01
		4.00	-5.246E-01	1.79	0.00	0.00	0.00	-1.15
51	HI DUP	0.00	-2.461E-01	-9.469E-01	0.00	0.00	0.00	-6.337E-01
		1.00	-2.461E-01	-4.771E-01	0.00	0.00	0.00	7.828E-02
		2.00	-2.461E-01	-7.290E-03	0.00	0.00	0.00	3.205E-01
		3.00	-2.461E-01	4.625E-01	0.00	0.00	0.00	9.286E-02
		4.00	-2.461E-01	9.323E-01	0.00	0.00	0.00	-6.045E-01
51	ANGI N	0.00	-1.833E-01	-4.869E-01	0.00	0.00	0.00	-2.537E-01
		1.00	-1.833E-01	-2.166E-01	0.00	0.00	0.00	9.800E-02
		2.00	-1.833E-01	5.373E-02	0.00	0.00	0.00	1.794E-01
		3.00	-1.833E-01	3.240E-01	0.00	0.00	0.00	-9.460E-03
		4.00	-1.833E-01	5.943E-01	0.00	0.00	0.00	-4.686E-01
51	GEMPA	0.00	-15.35	7.80	0.00	0.00	0.00	16.31
		1.00	-15.35	8.07	0.00	0.00	0.00	8.38
		2.00	-15.35	8.34	0.00	0.00	0.00	1.743E-01
		3.00	-15.35	8.61	0.00	0.00	0.00	-8.30
		4.00	-15.35	8.88	0.00	0.00	0.00	-17.04
52	MATI	0.00	-4.717E-01	-1.75	0.00	0.00	0.00	-9.988E-01
		1.00	-4.717E-01	-8.464E-01	0.00	0.00	0.00	3.000E-01
		2.00	-4.717E-01	5.828E-02	0.00	0.00	0.00	6.941E-01
		3.00	-4.717E-01	9.630E-01	0.00	0.00	0.00	1.834E-01
		4.00	-4.717E-01	1.87	0.00	0.00	0.00	-1.23
52	HI DUP	0.00	-2.224E-01	-9.213E-01	0.00	0.00	0.00	-5.387E-01
		1.00	-2.224E-01	-4.515E-01	0.00	0.00	0.00	1.477E-01
		2.00	-2.224E-01	1.831E-02	0.00	0.00	0.00	3.643E-01
		3.00	-2.224E-01	4.881E-01	0.00	0.00	0.00	1.111E-01
		4.00	-2.224E-01	9.579E-01	0.00	0.00	0.00	-6.119E-01
52	ANGI N	0.00	-1.202E-01	-4.996E-01	0.00	0.00	0.00	-2.535E-01
		1.00	-1.202E-01	-2.293E-01	0.00	0.00	0.00	1.109E-01
		2.00	-1.202E-01	4.100E-02	0.00	0.00	0.00	2.051E-01
		3.00	-1.202E-01	3.113E-01	0.00	0.00	0.00	2.893E-02
		4.00	-1.202E-01	5.816E-01	0.00	0.00	0.00	-4.175E-01
52	GEMPA	0.00	-4.47	8.41	0.00	0.00	0.00	16.63
		1.00	-4.47	8.68	0.00	0.00	0.00	8.08
		2.00	-4.47	8.95	0.00	0.00	0.00	-7.387E-01
		3.00	-4.47	9.22	0.00	0.00	0.00	-9.83
		4.00	-4.47	9.49	0.00	0.00	0.00	-19.19



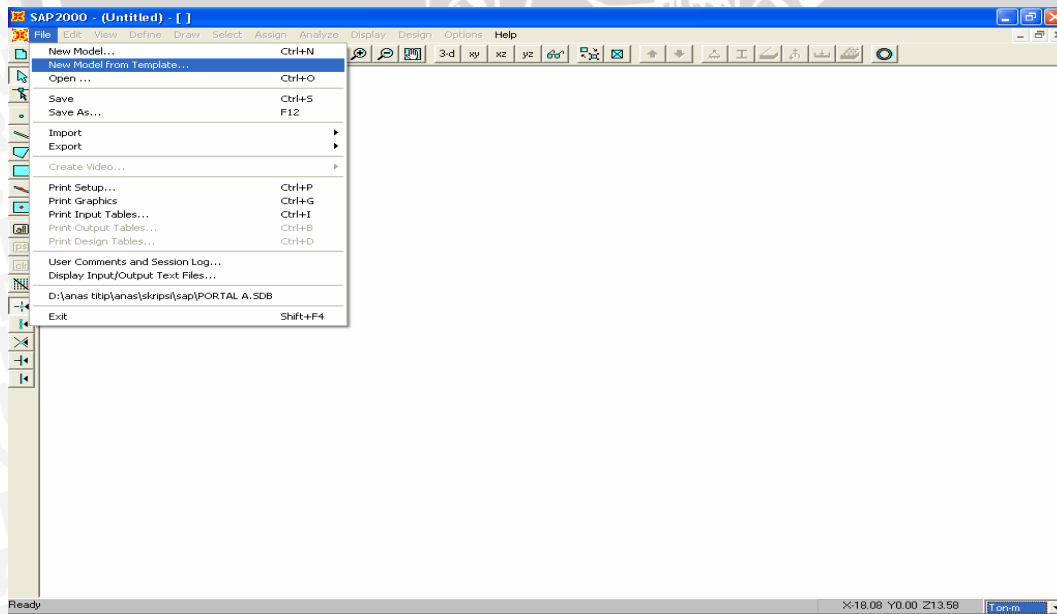
LAMPIRAN 4

CONTOH PEMAKAIAN SAP 2000 UNTUK ANALISIS *PUSHOVER*

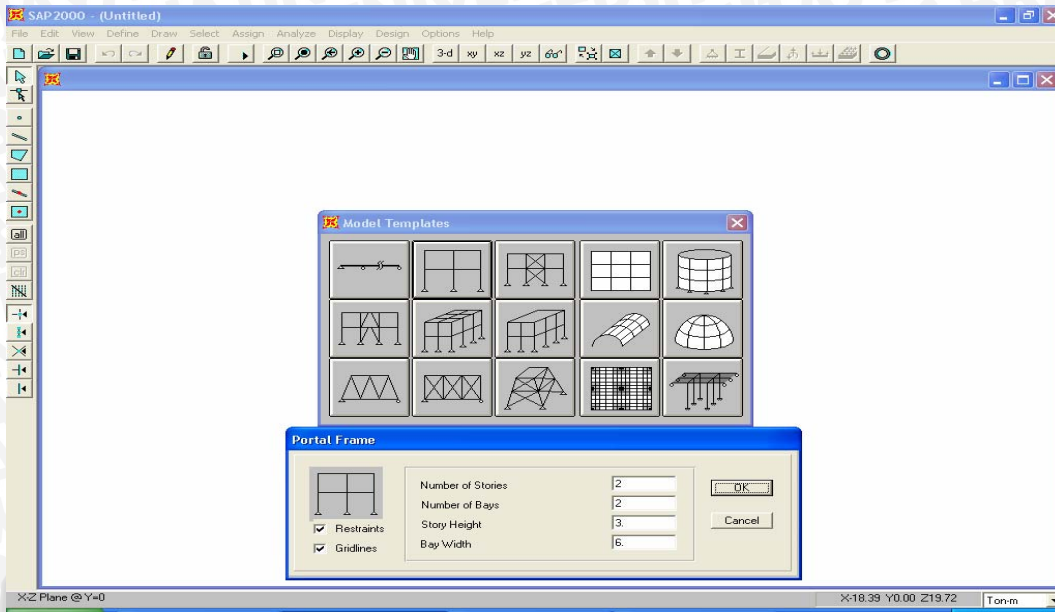
1. Pada layar kosong, terlebih dahulu tentukan satuan yang akan dipakai dalam analisis.



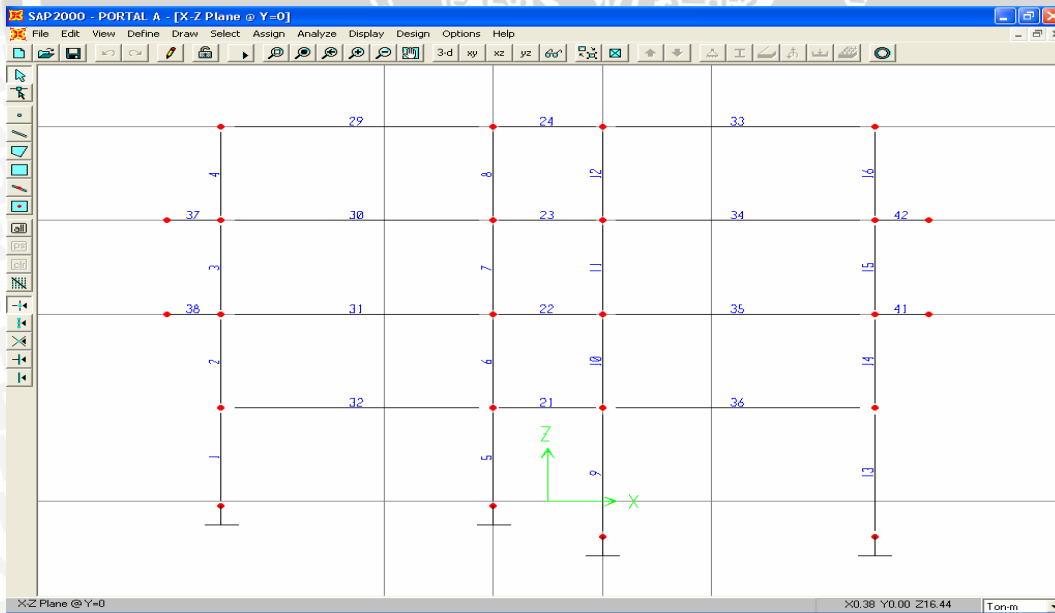
2. Pilih menu **file**, kemudian **new model from template**



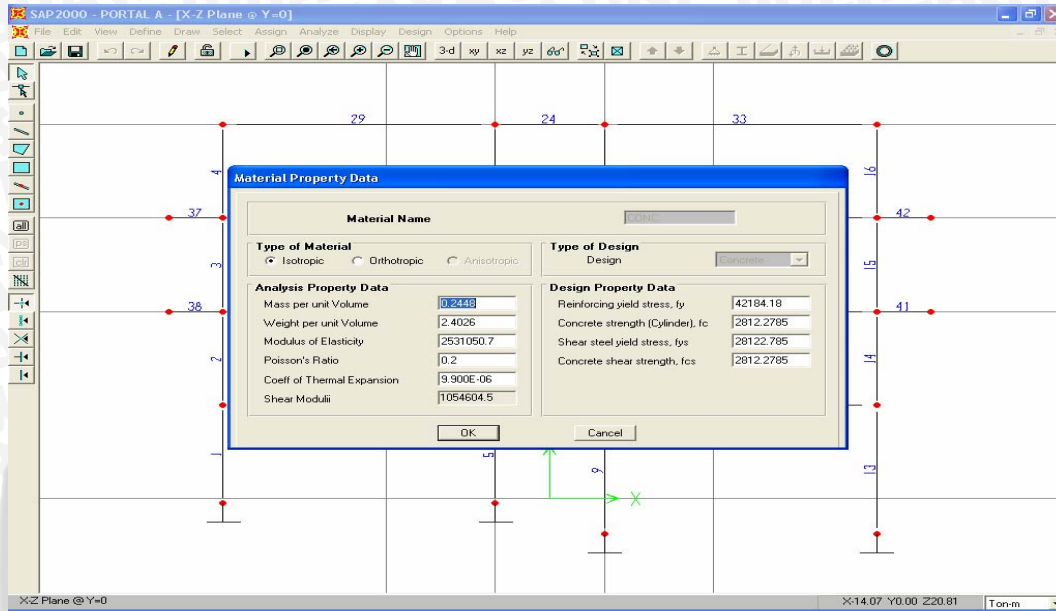
3. Pilih gambar portal 2D, kemudian isikan jumlah lantai, tinggi tiap lantai dan panjang bentang



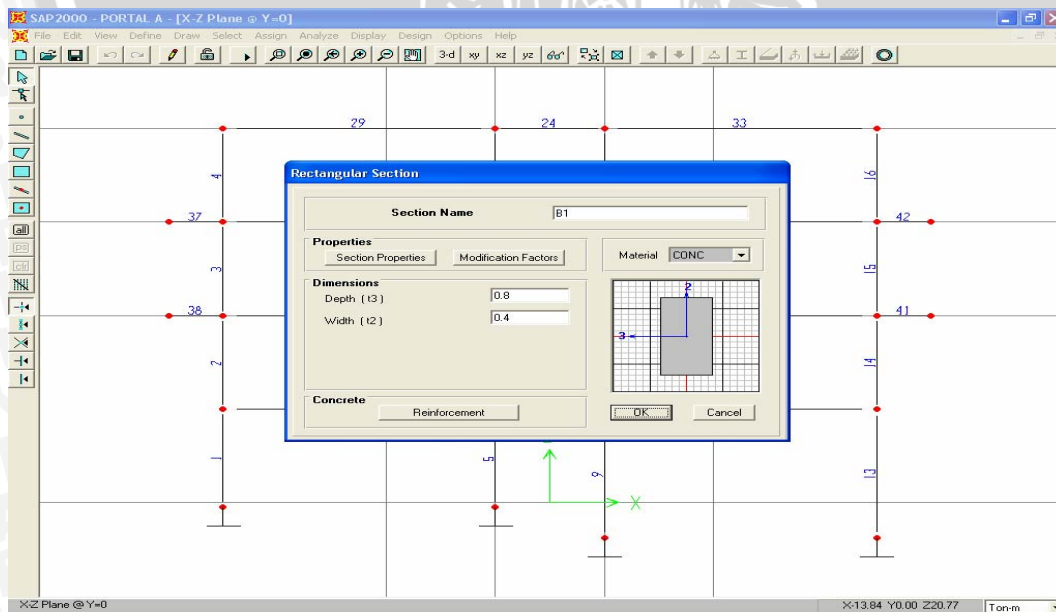
4. Hasil dari penggambaran 2 dimensi seperti berikut.



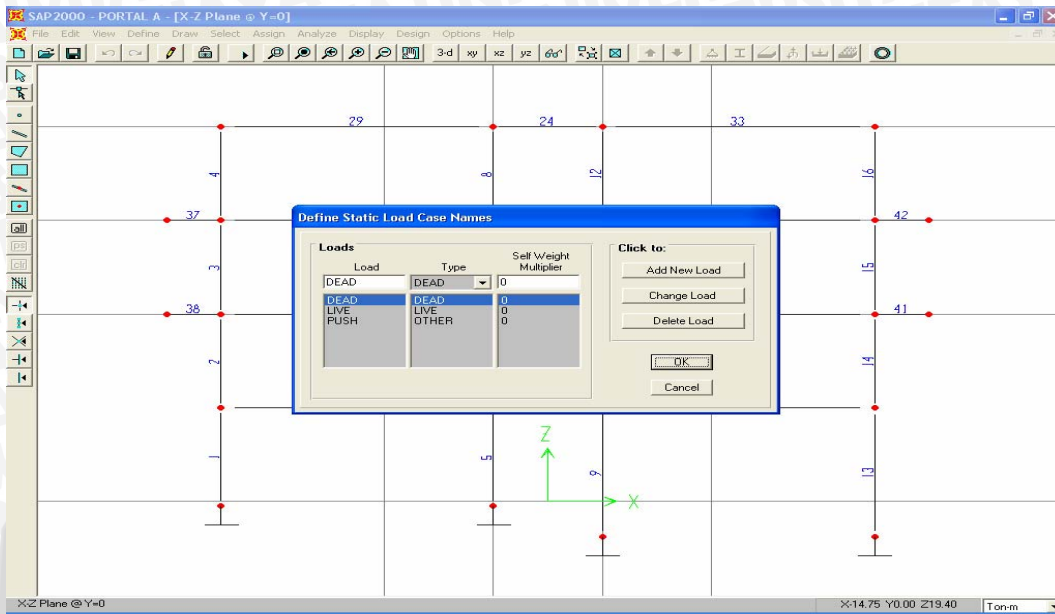
5. Pilih menu **Define, Materials...**Pilih Material **CONC** karena memakai beton bertulang, kemudian pilih **Modify/Show Material**. Kemudian isikan nilai-nilai material dari beton seperti Modulus Elastisitas, Poissan Ratio, Mutu beton, dll.



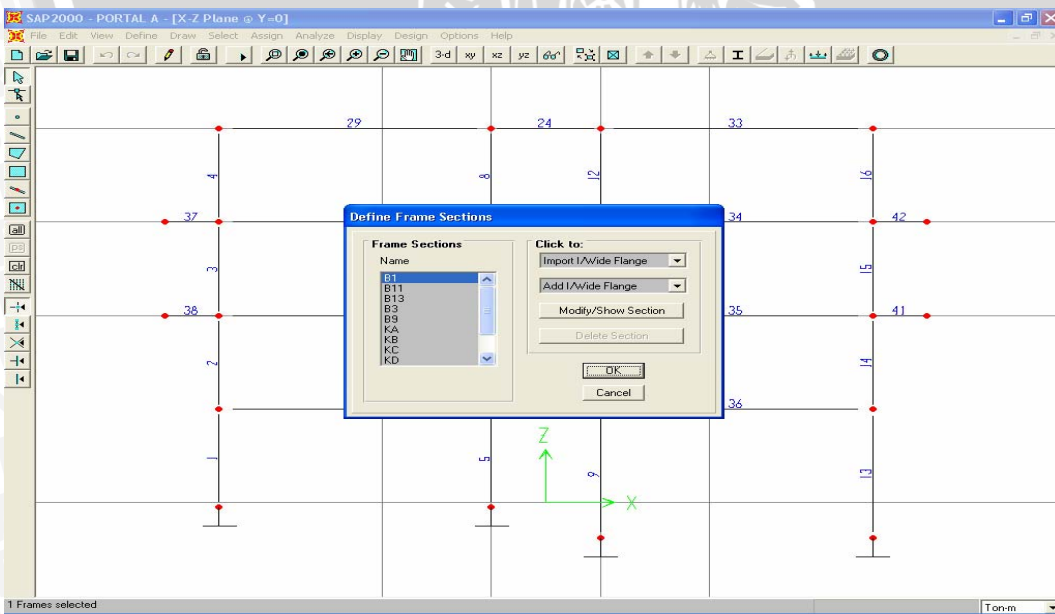
6. Pilih menu **Define, Frame Section...**Pilih **Add Rectangular**, kemudian isikan nama section, dimensi balok dan kolom yang dipakai.



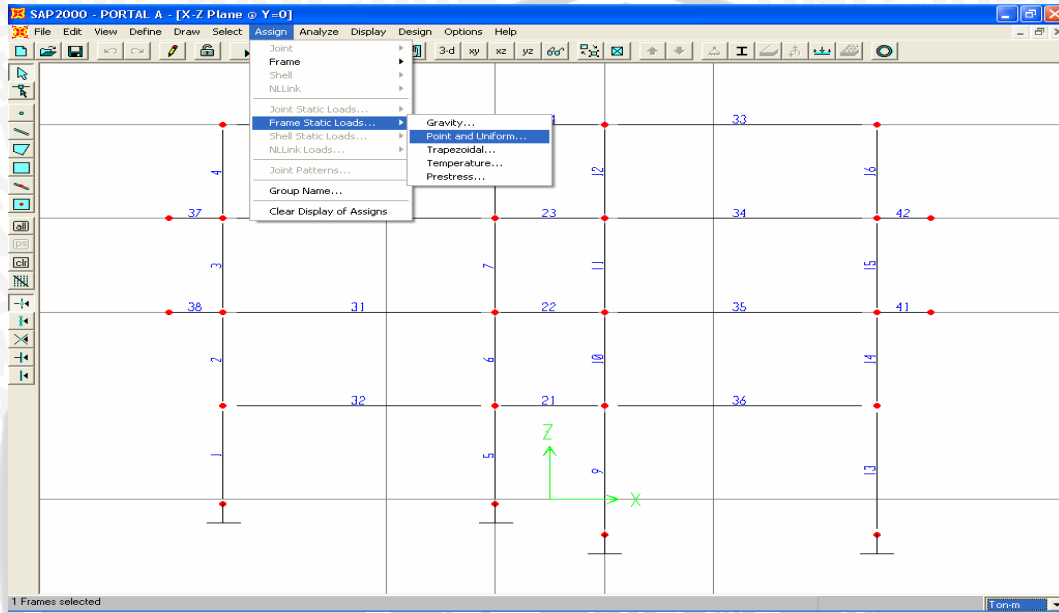
- Pilih menu Define, **Static Load Cases**...isikan load case dari beban yang akan dipakai.



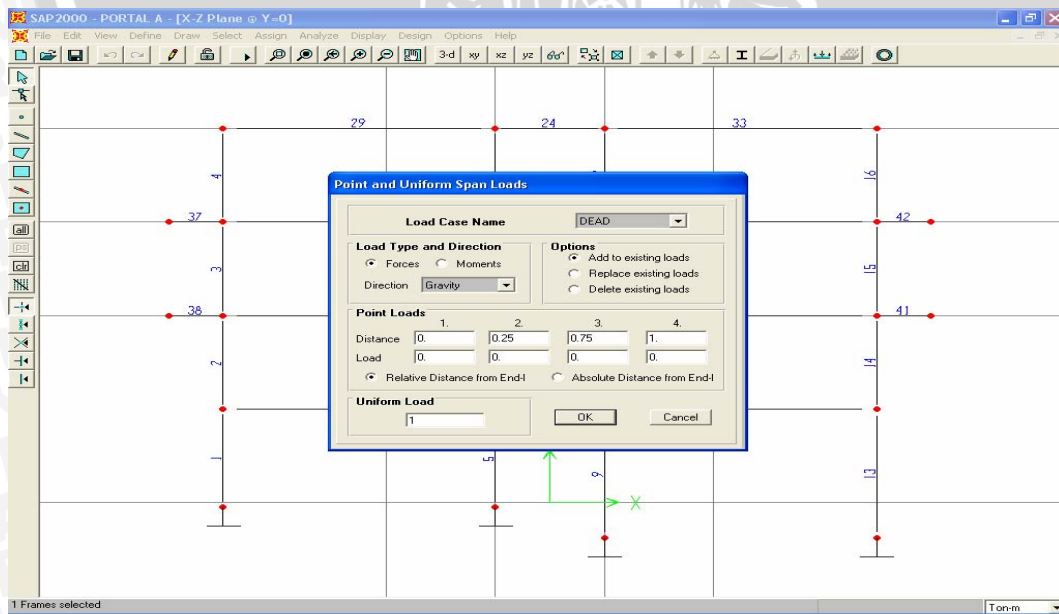
- Kemudian pilih balok-balok yang akan di-assign sebagai frame section balok. Setelah itu pilih menu **Assign, Frame, Section ...** Lalu pilihlah Section Balok yang sudah didefinisikan sebelumnya. Begitu juga dengan Section Kolom.



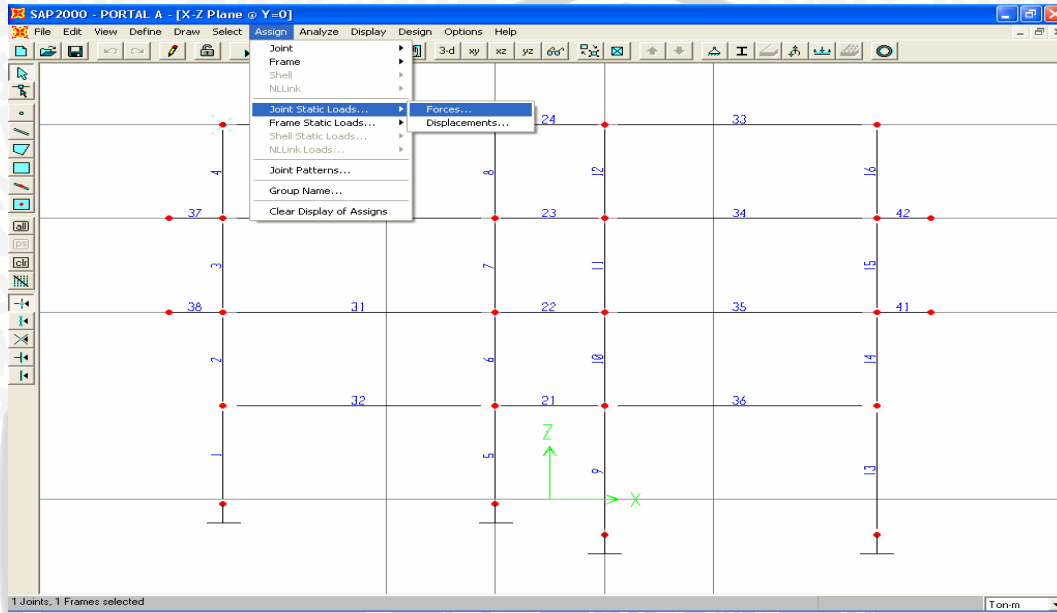
- Kemudian untuk beban-beban Static Load, caranya pilihlah balok-balok yang dibebani kemudian pilih menu **Assign, Frame Static Loads..., Point and Uniform...**



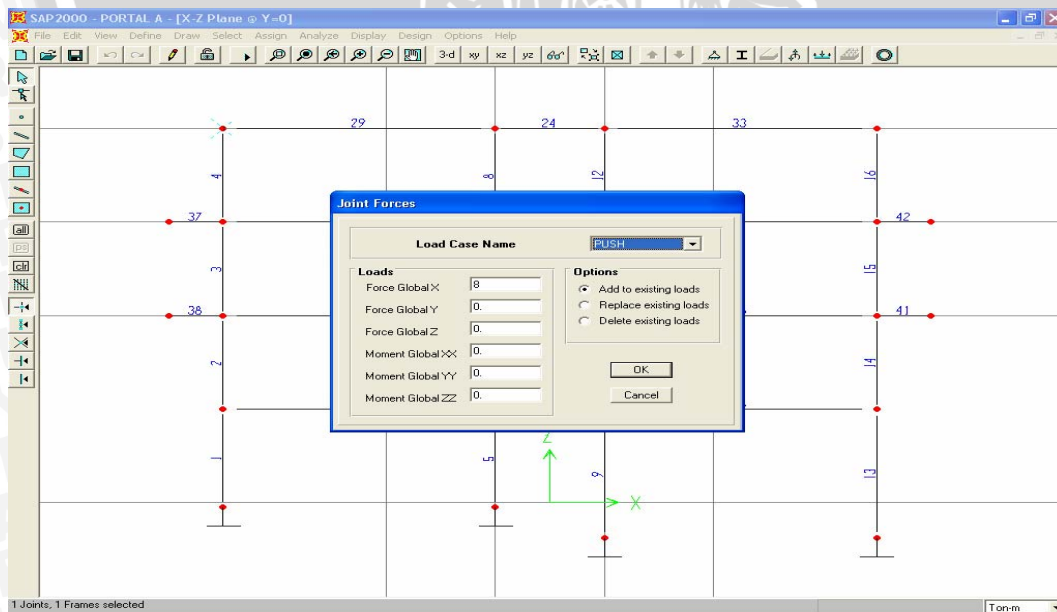
- Isikan beban-bebanya, directionnya dan load casenya.



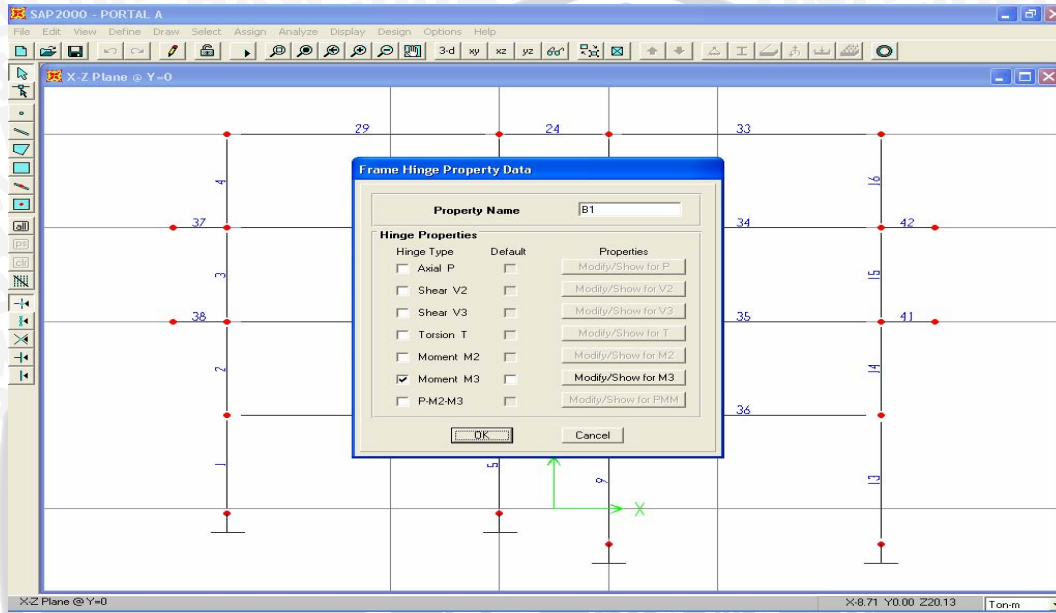
11. Kemudian untuk pembebanan Static Pushover, pilih joint tiap-tiap lantai dari lantai atap sampai lantai bawah, pilih menu **Assign, Joint Static Loads..., Force...**



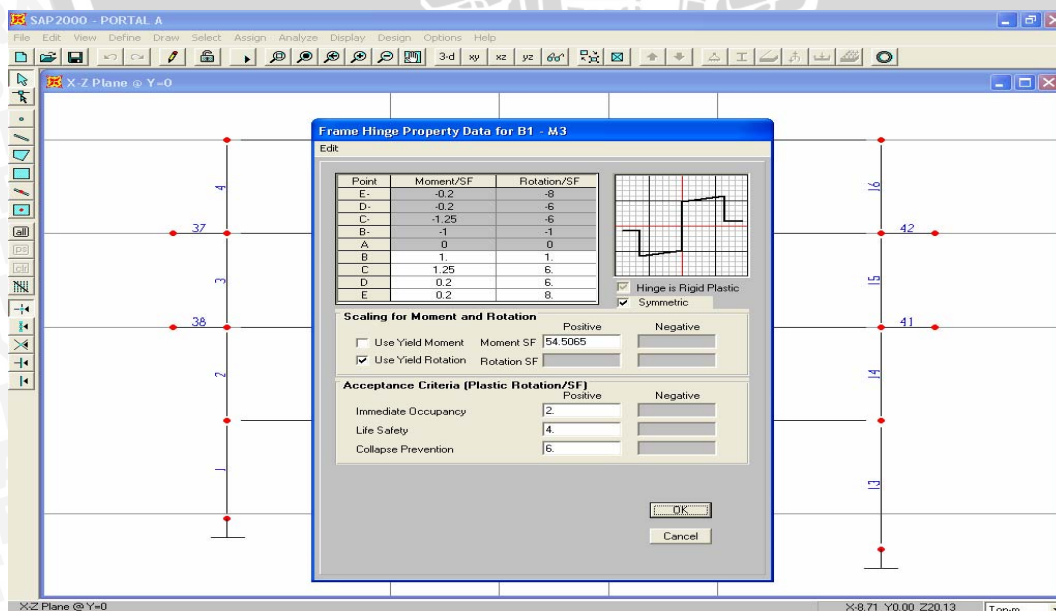
12. Isikan Load Case PUSH dan Force Global X.



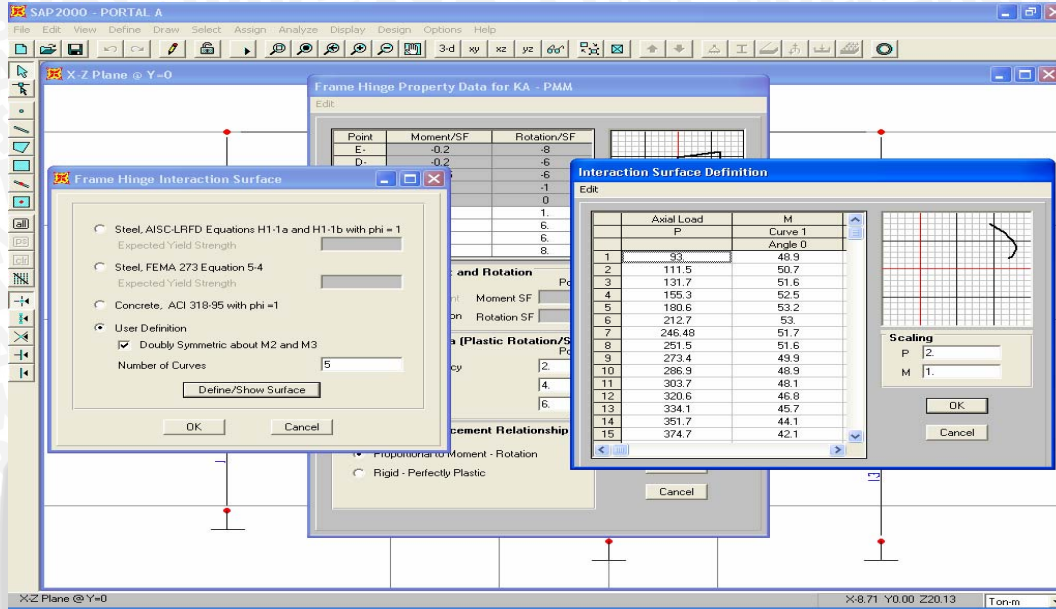
13. Setelah itu, pilih **Define, Hinge Properties..., Define New Property**. Akan keluar layer Frame Hinge Property Data.



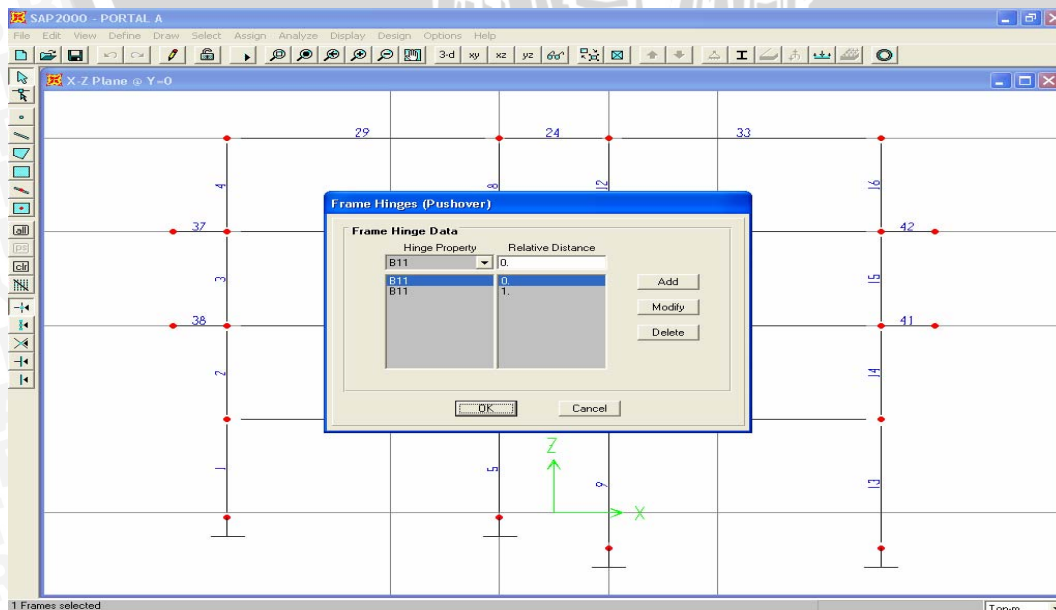
14. Setelah itu isikan Property Name, kemudian Modify/Show for M3. Akan keluar layar Frame Hinge Property Data for FH1 – M3. Isikan yield moment dan batas-batas kurva kapasitasnya.



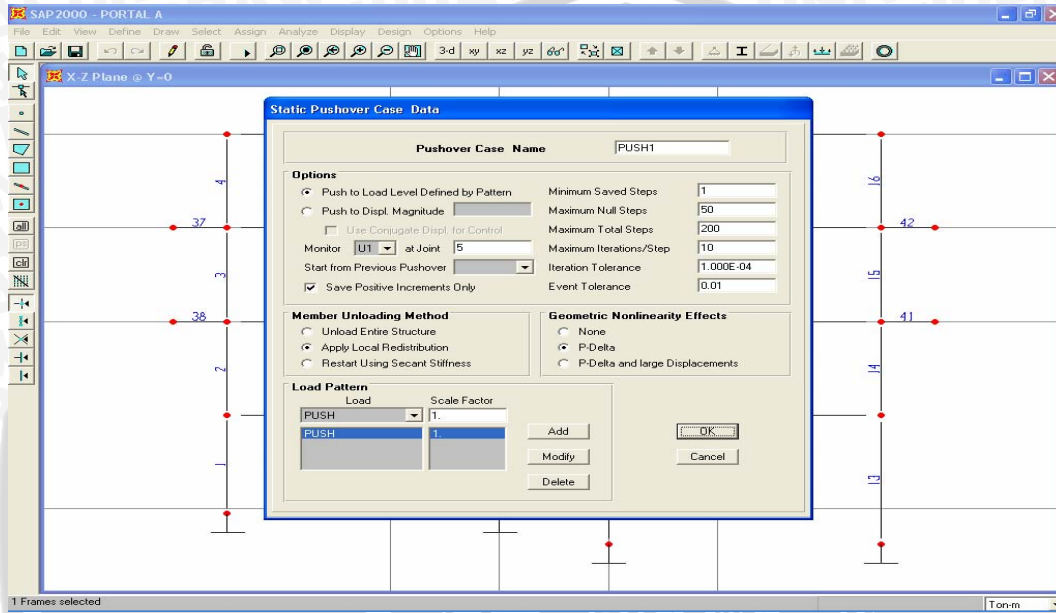
15. Kemudian untuk kolomnya, caranya sama hanya saja bukan M3, tetapi PMM, selain itu harus mengisi Interaction Surface dari kolom.



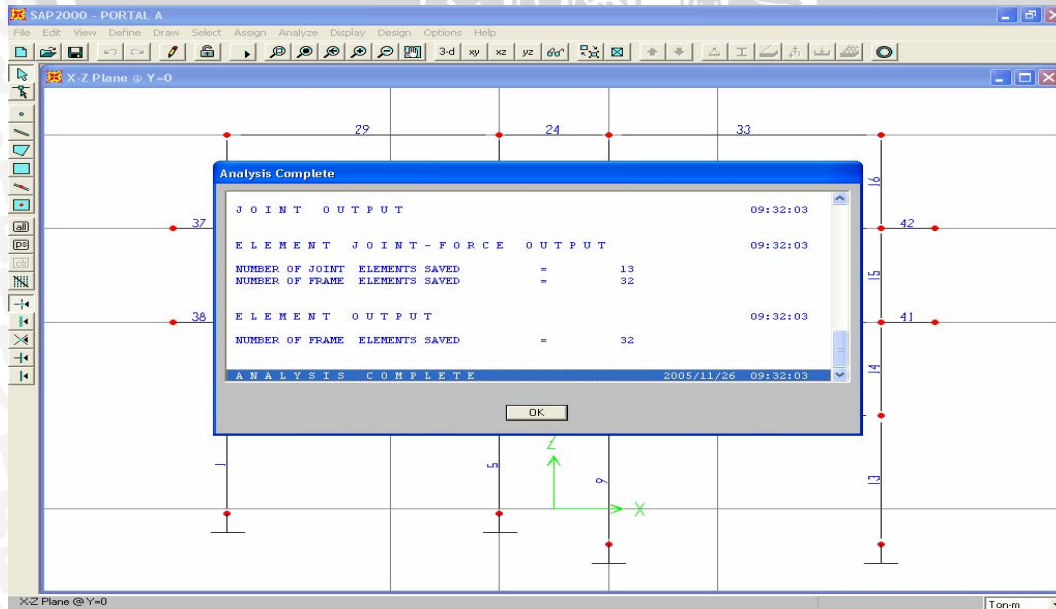
16. Kemudian untuk meng-assign hinge properties yang sudah ditentukan caranya dengan memilih balok-balok yang akan di-assign, pilih menu **Assign, Frame, Hinge(Pushover)...** Isikan Relative Distancenya 0 dan 1 untuk balok.



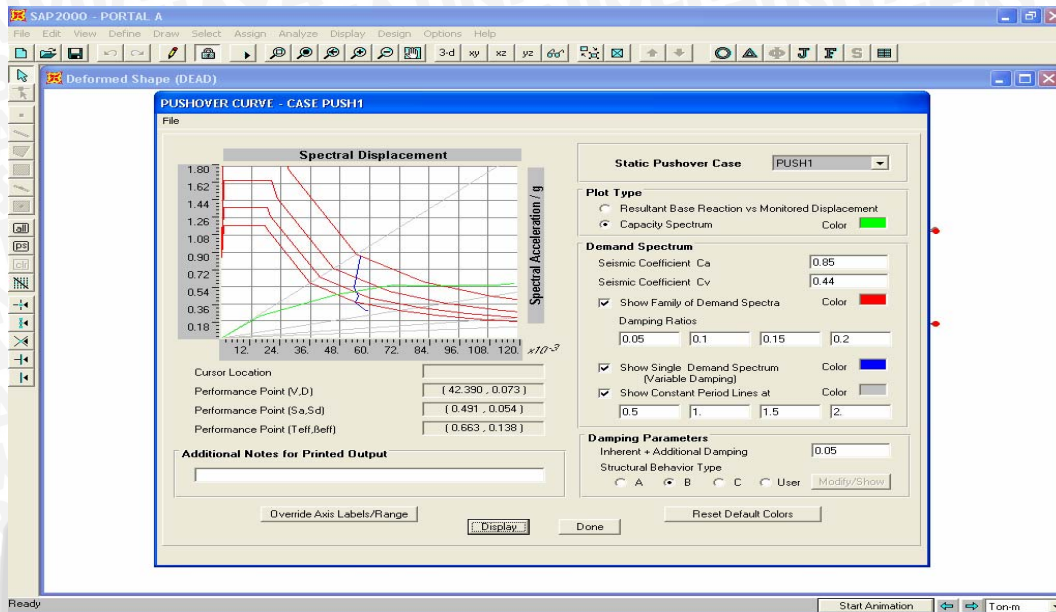
17. Kemudian untuk pembebanan Pushover, pilih menu **Define, Static Pushover Cases...**, **Add new Pushover**. Isikan Pushover Case Name, kemudian pilih Push to Load Level by Pattern, Control Joint dan Static Pushover Case-nya dengan Scale Factor-nya.



18. Kemudian Static Analysis harus dilakukan dulu sebelum Pushover Analysis.



19. Untuk menampilkan kurva kapasitas, pilih menu **Display, Show Static Pushover Curve...**



20. Untuk table hasil, pada layar **Pushover Curve**, pilih menu **File, Display Table...**

