

~~20-6-2004~~ 20.438/H/04



MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG BAJA DUAL SYSTEM SMRF DENGAN CONCENTRIC BRACED FRAME BERBASIS KONSEP KINERJA (PERFORMANCE BASED DESIGN) MENGGUNAKAN ANALISA PUSHOVER

Oleh :

LISTYANI FITRIA PUSPASARI
3199.100.003

R LS
693-71
Pul
D-1
2004



PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	20 - 7 - 2004
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	219594

PROGRAM SARJANA (S-1)
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2004

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN GEDUNG BAJA DUAL SYSTEM SMRF DENGAN
CONCENTRIC BRACED FRAME BERBASIS KONSEP KINERJA
(PERFORMANCE BASED DESIGN)
MENGGUNAKAN ANALISA PUSHOVER**

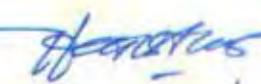
Surabaya, 2004

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I


Prof. Ir. Priyo Suprobo, MS, PhD
NIP. 131.415.622

Dosen Pembimbing II


Ir. Heppy Kristijanto, MS
NIP. 131.651.254



**PROGRAM SARJANA (S-1)
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2004**

ABSTRAK
PERENCANAAN GEDUNG BAJA DUAL SYSTEM SMRF DENGAN
CONCENTRIC BRACED FRAME BERBASIS KINERJA
(PERFORMANCE BASED DESIGN)
MENGGUNAKAN ANALISA PUSHOVER

Oleh :
Listyani Fitria Puspasari

3199.100.003

Dosen Pembimbing :

Prof. Ir. Priyo Suprobo, MS, PhD
Ir. Heppy Kristijanto, MS

Seiring dengan meningkatnya tuntutan akan keamanan dan keselamatan bangunan terhadap gempa, para ahli struktur pun mulai menyadari bahwa keamanan dan keselamatan bangunan tidak hanya tergantung pada tingkat kekuatan saja melainkan juga pada tingkat deformasi dan kinerja (performance) struktur serta menyadari bahwa peningkatan kekuatan struktur tidak selalu berarti meningkatkan keamanan struktur yang bersangkutan, atau mengurangi tingkat kerusakan yang terjadi.

Tugas Akhir ini berkonsentrasi pada perencanaan struktur baja 30 lantai yang berfungsi sebagai perkantoran, terletak di zona gempa kuat (zona 4 UBC) dengan memakai sistem struktur dual system concentric braced dengan SMRF. Concentric brace yang digunakan dalam proposal tugas akhir ini adalah inverted V, gaya lateral yang diterima diredam oleh braced dengan cara mengalami deformasi aksial pada batang diagonalnya

Dalam menjalankan analisa pushover kami menggunakan alat bantu software ETABS 8.00, untuk menganalisa sebuah struktur secara statis-nonlinier/inelastis kita dapat menggunakan analisa pushover untuk memperkirakan besarnya simpangan yang terjadi pada saat gempa serta besarnya simpangan sebelum struktur mengalami keruntuhan, sehingga kita dapat meninjau kinerja dari struktur tersebut. Prosedur analisa Pushover yang dilakukan dalam tugas akhir ini memakai peraturan FEMA-272

Kata kunci : dual system, SMRF, concentric braced, performance based design, analisa pushover

Kata Pengantar

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan kurniaNya, sehingga akhirnya saya bisa menyelesaikan tugas kahir ini.

Tugas Akhir ini mengambil topik tentang *Performance-based Design* menggunakan analisa Pushover untuk mendesain suatu gedung. Saya mengangkat topik permasalahan ini dikarenakan makin maraknya aplikasi dan pemanfaatan *Performance-based Design* di dalam dunia konstruksi bangunan, khususnya di daerah-daerah dengan tuntutan gaya gempa yang besar dan pendetailan yang akurat.

Oleh karena itulah diharapkan dengan penyusunan tugas akhir ini, bisa menambah sedikit wawasan bagi para pembacanya.

Dalam kesempatan ini pula, saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada orang-orang yang telah memungkinkan selesainya tugas akhir ini :

1. Papa, Mama dan adikku Lisa, untuk segala dukungannya baik moral maupun material selama ini.
2. Bpk Prof. Ir. Priyo Soeaprobo, MS. PhD selaku dosen pembimbing I, untuk segala bantuan, bimbingan, dan kesabarannya selama proses penyusunan tugas akhir ini. Suatu kebanggaan bagi saya dapat " bekerja sama " dengan bapak diakhir masa kuliah saya
3. Bpk Ir. Heppy Kristijanto, MS selaku dosen pembimbing II untuk segala bantuan dan bimbingannya ...
4. Bpk Mudji Irmawan, MS, untuk segala bantuan, masukan dna konsultasinya, juga untuk semua pinjaman literatur nya yang amat berguna.
5. Bpk. Sadji selaku dosen wali saya, terima kasih atas dukungan moral bapak selama saya kuliah. Saya belajar banyak dari bapak mengenai beton....
6. Semua dosen di Teknik Sipil ITS yang tidak dapat saya sebutkan namanya satu persatu, yang telah mendidik dan membimbing saya sejak

awal perkuliahan hingga detik ini. Jasa-jasa baik Bapak/Ibu sekalian akan selalu saya kenang sepanjang masa.

7. Hendrik Tanaka, ST, sumber inspirasi 'Performance Based Design'. Terima kasih tak terhingga untuk semua dukungan moral dan bantuan diskusinya yang tak kenal lelah selama ini, semoga semua karma baiknya berbuah berlipat kali.
8. Teman-teman seperjuanganku di ' Performance Based Design ' Ical, Tri kita tim yang hebat !!!!
9. Teman-teman seperjuanganku selama duduk di bangku kuliah Sipil ITS : Andin, Siska, Sita, Pipit, Isti, Farida, Rina, Maya, Ari, Sony, Yanto, Adhie, Endar, Seno, Ali dan semua angkatan S-42....luv u guys....
10. My special Person Herry...I don't know what to do without u, thank you honey..
11. Dan masih banyak lagi orang-orang yang tak dapat saya sebutkan namanya satu-persatu disini. Terima kasih untuk segala budi baiknya...

Saya menyadari sepenuhnya bahwa terlepas dari segala upaya dan usaha yang ada, tugas akhir ini masih amat jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, saya dengan senang hati dan tangan terbuka menerima segala saran maupun kritik yang membangun untuk perbaikan konsep/materi ataupun tata cara penulisan yang ada.

Akhir kata, diharapkan semoga tulisan ini mampu membawa manfaat bagi para pembaca sekalian.

Surabaya, Januari 2004

Listyani Fitria Puspasari
Sari

Ucapan Terima Kasih

Alhamdulillah ya Allah . . . untuk segala berkah dan rahmatMu .. tanpaMu hamba bukan apa-apa ..

To my family  Mama, Papa & ade  , buat dukungannya yg tanpa lelah, I won't b here if is not because all of you .. i'll luv all of u till I die.. ..

Terima kasih kepada Bpk. Prof. Ir. Priyo Soeprobo, MS, PhD , Bpk. Herpy Kristijanto, MS dan Bapak Ir. Mudji Irmawan, HS atas bimbingan, arahan, saran dan kritik serta pinjaman literatur yang sangat membantu saya dalam menyusun tugas akhir ini. Saya bangga dapat " bekerja sama " dengan Sacah-Bapak sekalian diakhir masa kuliah saya.. ..

Kepada keluarga besar Djokoatmodjo khususnya om Didik  untuk doa

dan dukungannya, Demas  panitia seminarku terima kasih ..

Terima kasih kepada mas Hendrik Tanaka  , mas Sidiq,  mas Saedyono, ..terima kasih atas semua bantuan informasi dan waktunya... ..

Terima kasih buat temen2 "sex and city"ku andin, siska, sita  we

rock the world girls!!! mba pipit, rina, isti, farida, mba maya  ..terima kasih.. ..we have standard !!!

Terima kasih buat Ari,  mas Tri "rawon", ical, ali  we are a good team right!! "cintaku" endar, sony, daddy, mitra, yunanto dan teman angkatan  -42.. ..luv u guys!!

pasti mba msi "perpanjangan tanda", Pak Bo "fotokopi man", Eri Aron, dan semua relasi-relnai, orang-orang yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.. ..

Terima kasih banyak Tirta Larastama Dinamika Finance  Pak Ambar, Mba Lucy,  Mba Eti,  Mba Lia  atas doa dan pengertiannya telah mengijinkan saya mengambil banyak ijin meninggalkan Kantor untuk menyusun tugas akhir ini.. ..

Tak lupa pada komputerku  printerku  I don't know what 2 do
without u guys!! Pada camilanku  &  nyam...nyam...Hpk
 yang da bantuin ngirim s nrima sms-smsnya abi...



last but not least thank you 4 my special person Harry  buat
dukungannya yang ga pernah berhenti, waktu-waktu yang terbuang kaienda
nemenin shu nggak sia-sia tugas akhir ini..luv u so much...thank you Kehoy...

Terima kasih telah meluangkan waktu membaca ucapan terima kasih ini,
karena orang-orang yang disebut diatas adalah orang-orang istimewa...
So were u... :)

DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Lembar Pergesahan	
Abstrak	i
Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iii
Daftar Gambar	iv
Daftar Tabel	v
Bab I. Pendahuluan	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Permasalahan	2
I.3. Tujuan	2
I.4. Batasan Masalah	2
I.5. Metodologi	3
Bab II. Dasar Perencanaan	5
II.1. Umum	5
II.2. Peraturan	5
II.3. Kriteria Perencanaan	5
II.3.1. Dasar Pemilihan Kriteria	5
II.3.2. Sistem Rangka Struktur	6
II.3.3. Asumsi Asumsi	6
II.3.4. Pembebanan Struktur	6
II.3.5. Data Material	6
II.3.6. Data Umum Bangunan	6
Bab III. Dasar Teori	8
III.1. Umum	8
III.2. Konsep Performance Based Design	8
III.3. Beban Beban Pada Struktur	9
III.4. Kombinasi Pembebanan	10
III.5. PΔ Effect	10
III.6. Batasan Story Draft	10

III.7. Kontrol Perhitungan Balok Untuk Kolom	10
III.7.1. Kontrol Perhitungan Balok	10
III.7.2. Kontrol Perhitungan Kolom	13
III.8. Kontrol Perencanaan Sambungan	16
Bab IV. Perencanaan Struktur Sekunder	20
IV.1. Perencanaan Tangga	20
IV.1.1. Pelat Anak Tangga	21
IV.1.2. Pengaku Pelat Anak Tangga	22
IV.1.3. Pelat Bordes	24
IV.1.4. Balok Tangga	25
IV.1.5. Balok Utama	26
IV.2. Perencanaan Pelat Lantai	29
Bab V. Analisa Struktur Utama	31
V.1. Pembebanan	31
V.1.1. Beban Mati	31
V.1.1.1. Beban Pelat	31
V.1.1.2. Beban Cladding	31
V.1.1.3. Berat Sendiri Profil Baja	31
V.1.2. Beban Hidup	31
V.1.3. Beban Angin	32
V.1.4. Beban Gempa	32
V.2. Hasil Etabs / Analisa Struktur Utama	32
V.3. Batasan Story Drift	32
Bab VI. Perencanaan Dimensi Bangunan	34
VI.1. Perencanaan Balok Anak	34
VI.2. Kontrol Dimensi Pengaku	36
VI.3. Kontrol Dimensi Balok Eksterior	37
VI.4. Kontrol Dimensi Balok Interior	40
VI.5. Kontrol Dimensi Kolom Eksterior Bawah	43
VI.6. Kontrol Dimensi Kolom Eksterior Atas	46
VI.7. Kontrol Dimensi Kolom Interior Bawah	50

VI.8. Kontrol Dimensi Kolom Interior Atas	54
Bab VII. Perencanaan Sambungan	59
VII.1.Sambungan Balok Anak Dengan Induk	59
VII.1.1. Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Interior	60
VII.1.2. Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Eksterior	62
VII.2.Balok Eksterior Kolom Eksterior	63
VII.2.1. Lantai Atas	63
VII.2.2. Lantai Bawah	69
VII.3.Balok Interior Kolom Interior	74
VII.3.1. Lantai Atas	74
VII.3.2. Lantai Bawah	81
VII.4.Pengaku Batang Tekan	87
VII.5.Pengaku Batang Tarik	92
VII.6.Pengaku Balok Eksterior	97
VII.7.Kolom Interior	100
VII.8.Kolom Eksterior	103
VII.9.Base Plate dengan Kolom Interior	105
VII.9.1. Metode Perhitungan	106
VII.9.2. Metode Perhitungan Angker	108
VII.10.Base Plate dengan Kolom Eksterior	105
VII.10.1. Metode Perhitungan	112
VII.10.2. Metode Perhitungan Angker	115
Bab VIII.Analisa Pushover	120
VIII.1. Umum	120
VIII.2. Target Perpindahan Rencana	122
VIII.3. Penentuan Performance Levels	127
Bab IX. Evaluasi Daktilitas	128
IX.1. Daktilitas Global	128
IX.1.1. Untuk Gempa Arah X	128
IX.1.2. Untuk Gempa Arah Y	129
IX.2. Daktilitas Per Level	129
Bab X. Kesimpulan	131

Lampiran I. Analisa Dinamis Struktur

Denah Frame Section

Input Analisa Linier ETABS 8.00

Story Drift

Lampiran II . Analisa Pushover Arah X

Mekanisme Keruntuhan

Kurva Pushover Case

Tabel Pushover Case

Lampiran III. Analisa Pushover Arah Y

Mekanisme Keruntuhan

Kurva Pushover Case

Tabel Pushover Case

Lampiran IV. Analisa Pushover alternatif perubahan profil kolom

Kurva Pushover Case

Tabel Pushover Case

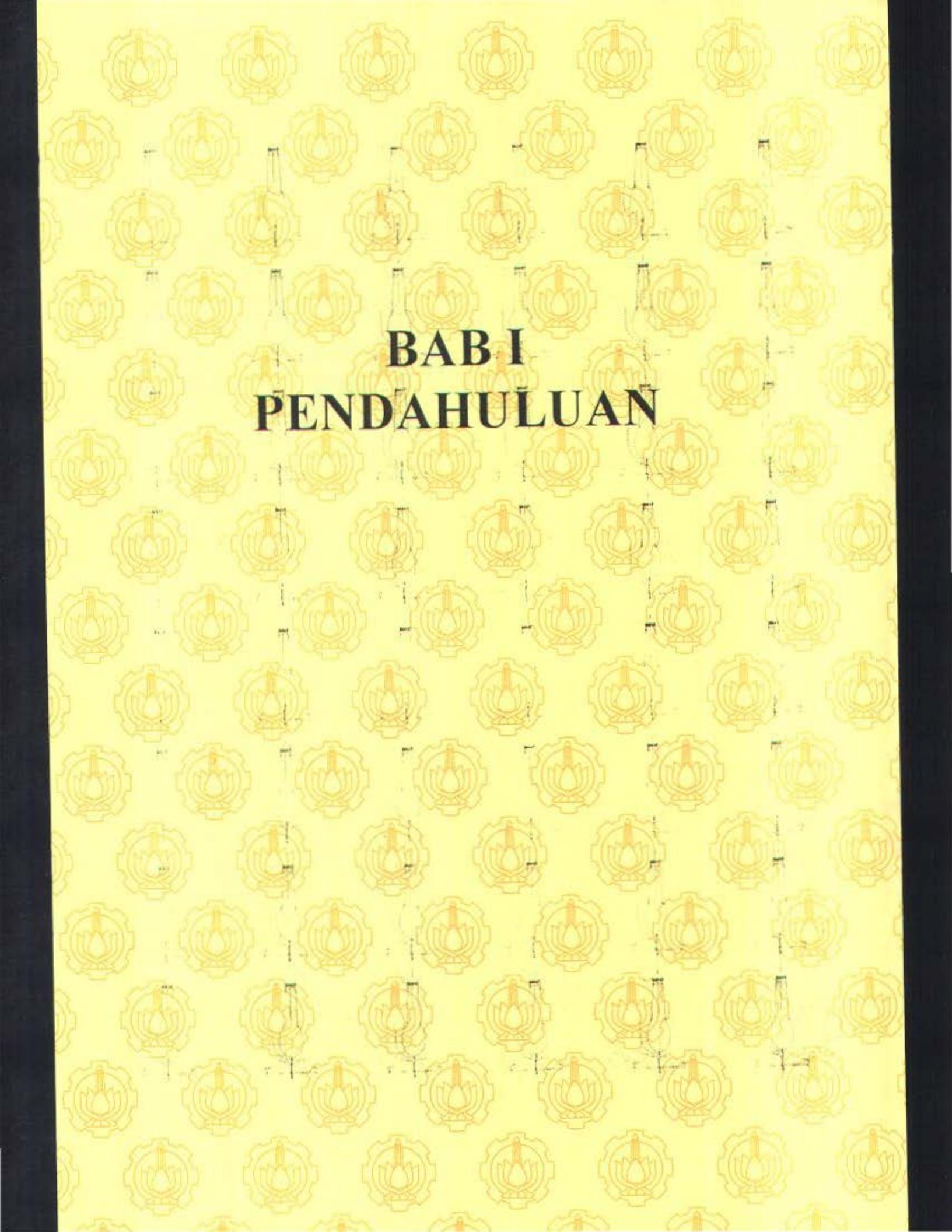


DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.1. Flowchart Metodologi
- Gambar 4.1. Denah dan Potongan Tangga
- Gambar 4.2. Pelat Anak Tangga
- Gambar 4.3. Balok Utama Tangga
- Gambar 8.1. Kurva Pushover Case untuk Gempa
- Gambar 1. Denah
- Gambar 2. Potongan Memanjang dan Potongan Melintang
- Gambar 3. Denah Lokasi Sambungan
- Gambar 4. Tampak Samping
- Gambar 5. Potongan I - I
- Gambar 6. Detail Potongan Balok dan Kolom
- Gambar 7. Detail Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Interior
- Gambar 8. Detail Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Eksterior
- Gambar 9. Detail Sambungan Balok Eksterior dan Kolom Eksterior
- Gambar 10. Detail Sambungan Balok Interior dan Kolom Interior
- Gambar 11. Potongan A – A sambungan Balok Interior dan Kolom Interior
- Gambar 12. Potongan-potongan sambungan Balok Interior dan Kolom Interior
- Gambar 13. Sambungan Pengaku Batang Tekan
- Gambar 14. Sambungan Pengaku Batang Tarik
- Gambar 15. Sambungan Pengaku pada Balok Eksterior
- Gambar 16. Sambungan Koom Eksterior
- Gambar 17. Sambungan Kolom Interior
- Gambar 18. Sambungan Pelat Dasar dengan Kolom Interior
- Gambar 19. Sambungan Pelat Dasar dengan Kolom Eksterior

DAFTAR TABEL

- Tabel 5.1. Tabel Batasan Story Drift
- Tabel 7.1. Tabel Daftar Material
- Tabel 8.1. Tabel perhitungan profil perpindahan rencana frame arah X
- Tabel 8.2. Tabel perhitungan target perpindahan rencana frame arah X
- Tabel 8.3. Tabel perhitungan profil perpindahan rencana frame arah Y
- Tabel 8.4. Tabel perhitungan target perpindahan rencana frame arah Y
- Tabel 8.5. Tingkatan Performance Levels



BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Pada saat ini banyak developer properti yang lebih memilih untuk membangun gedung tingkat tinggi. Hal ini dilakukan karena adanya pertimbangan sedikitnya lahan yang tersedia dan banyaknya fasilitas yang harus tersedia.

Dalam upaya pemenuhan kebutuhan tersebut beberapa hal seperti ekonomis dan tahan lama menjadi bahan pertimbangan saat memilih bahan material gedung. Maka dipilihlah material baja karena memiliki kelebihan dari material lain seperti penampang struktur yang dipakai lebih kecil dan proses pemasangan relatif lebih mudah dan cepat karena baja dapat difabrikasi di luar lokasi proyek.

Seiring dengan meningkatnya tuntutan akan keamanan dan keselamatan bangunan terhadap gempa, para ahli struktur pun mulai menyadari bahwa keamanan dan keselamatan bangunan tidak hanya tergantung pada tingkat kekuatan saja melainkan juga pada tingkat deformasi dan kinerja (performance) struktur serta menyadari bahwa peningkatan kekuatan struktur tidak selalu berarti meningkatkan keamanan struktur yang bersangkutan, atau mengurangi tingkat kerusakan yang terjadi. Hal ini dikarenakan kemampuan bangunan untuk berdeformasi inelastis tidak banyak diperhatikan dalam perencanaan yang berbasis gaya/kekuatan, sehingga tidak dapat ditentukan secara pasti seberapa batas kekuatan sesungguhnya dari sebuah struktur padahal hal tersebut merupakan hal penting dalam menentukan derajat kerusakan struktur yang terjadi akibat gempa. Metode yang paling sering digunakan di analisa performance based design adalah metode statik-nonlinier/inelastis karena metode ini tidak memakan waktu banyak dalam penggeraannya serat tidak sekompel bila menggunakan analisa dinamik-nonlinier/inelastis. Untuk menganalisa sebuah struktur secara statis-nonlinier/inelastis, kita dapat menggunakan Metode Spektrum Kapasitas yang didapat dari perpotongan kurva kapasitas (**pushover**) dan respon spektrum yang direduksi untuk memperkirakan besarnya simpangan yang terjadi pada saat gempa serta besarnya simpangan sebelum struktur mengalami keruntuhan.

Dengan analisa pushover ini, diharapkan akan dapat diketahui bagaimana kinerja sesungguhnya dari suatu gedung dengan mengenali mode-mode kegagalan dan kemungkinan terjadinya keruntuhan progressif, dimana disini diasumsikan bahwa kapasitas elastis dari gedung akan terlampaui

1.2. PERMASALAHAN

Merencanakan gedung baja dual system menggunakan konsep perencanaan yang berbasis kinerja merupakan hal baru dalam perencanaan gedung tahan gempa. Diperlukan prosedur standar untuk perencanaan gedung berdasarkan konsep kinerja, khususnya dengan menggunakan analisa pushover

1.3. TUJUAN

Tujuan penyusunan TA ini adalah untuk menghasilkan perencanaan dan evaluasi struktur gedung tahan gempa yang rasional dengan memenuhi persyaratan keamanan struktur berdasarkan kinerja dan target deformasi dalam batas maximum tertentu.

Model yang digunakan adalah struktur dual system yaitu frame-bracing

1.4. BATASAN MASALAH

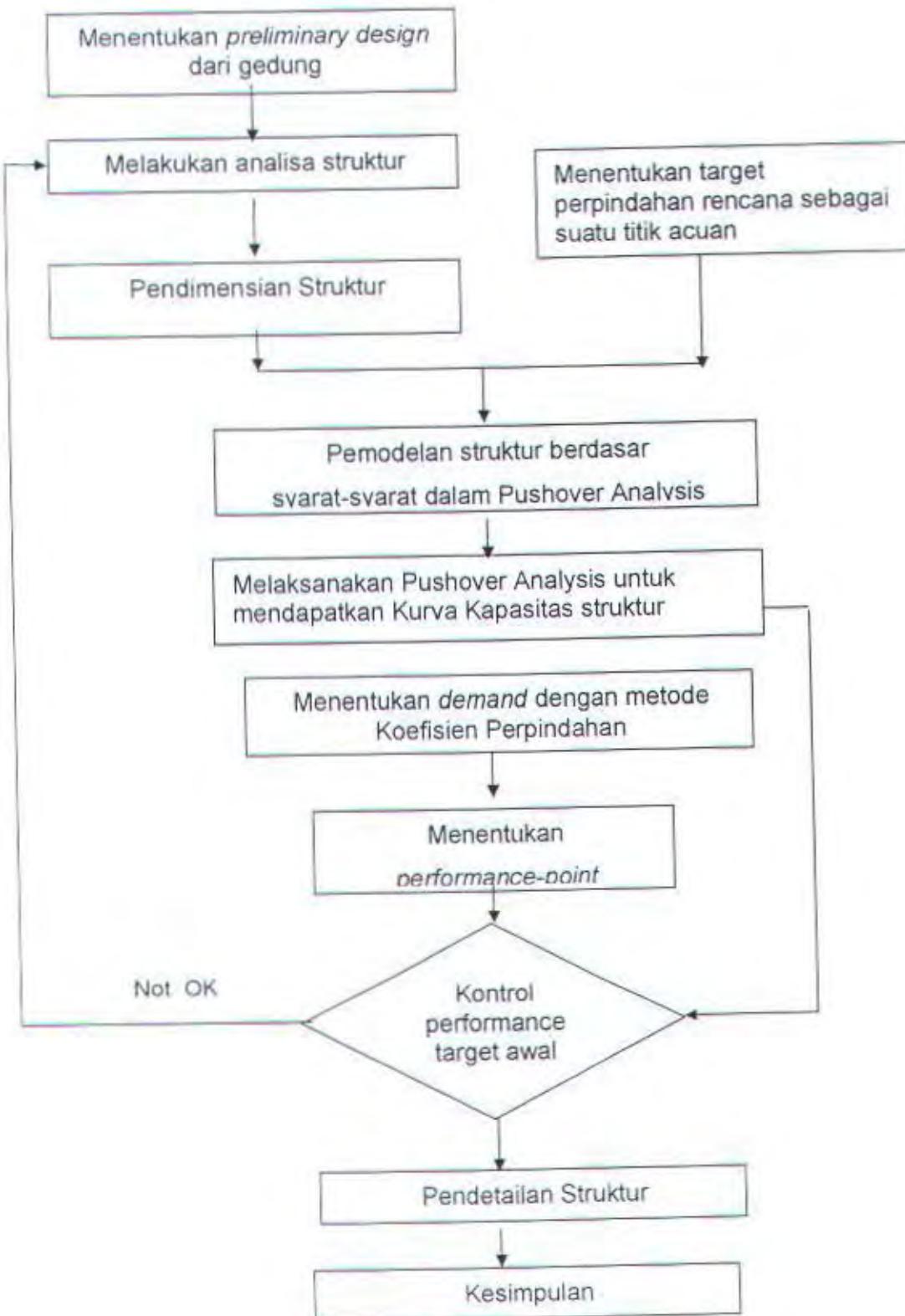
Batasan yang diambil dalam penyusunan tugas akhir ini adalah :

- Desain dan evaluasi struktur dengan AISC-LRFD
- Pembebanan dan aturan yang tidak ada dalam AISC-LRFD dihitung berdasarkan UBC'97 dan FEMA 273
- Perencanaan gedung ini dimaksudkan sebagai bahan studi bukan sebagai value engineering, sehingga aspek ekonomi gedung tidak dihitung
- Model yang diambil adalah bentuk 3D
- Model struktur adalah struktur dual system (frame-bracing)
- Asumsi gaya lateral yang dominan adalah gaya gempa
- Program bantu yang dipakai adalah ETABS 8.08
- Bangunan bawah gedung tidak masuk dalam TA ini

1.5. METODOLOGI

Langkah-langkah yang akan dilakukan adalah :

1. Menentukan preliminary design dari struktur gedung
2. Menentukan suatu target perpindahan rencana yang ingin dicapai
3. Melakukan analisa dinamis struktur menggunakan ETABS 8.00
4. Pendimensian struktur gedung
5. Pemodelan struktur berdasar syarat-syarat dalam *Pushover Analysis*
6. Melaksanakan *Pushover Analysis* untuk memperoleh kurva kapasitas struktur
7. Menentukan *demand* dengan metode Spektrum Kapasitas
8. Menentukan *performance point*
9. Melakukan pengecekan terhadap *performance point* berdasar target perpindahan rencana
10. Pendetailan elemen-elemen struktur
11. Kesimpulan
12. Menyajikan hasil perhitungan dalam bentuk gambar



Gambar 1.1. Flowchart Metodolog

BAB II

DASAR PERENCANAAN

BAB II

DASAR PERENCANAAN

2.1. UMUM

Tugas Akhir ini merancang gedung perkantoran 30 lantai dengan tinggi total gedung 120 m. Dalam menahan beban lateral digunakan sistem bracing sebagai Lateral Force Resisting System (LFRS). Dual System yang digunakan adalah kombinasi dari Special Moment Resisting Frame dan Brace Frame yang didesain berdasarkan *UBC'97 SECTION 1629 – CRITERIA SELECTION (2-11)*

2.2. PERATURAN

Peraturan yang digunakan dalam perencanaan gedung adalah AISC-LRFD (American Institute of Steel Construction) dan UBC (Uniform Building Code) 1997

2.3. KRITERIA PERENCANAAN

2.3.1. Dasar Pemilihan Kriteria

Prosedur dan batasan untuk perancangan struktur mengacu pada UBC serta mempertimbangkan :

- **Occupancy Category**

Untuk kepentingan desain resistan gempa, maka tiap gedung harus dikategorikan ke dalam salah satu kategori pada *tabel 16-K* yaitu untuk menentukan faktor keutamaan 1 dan faktor gempa

- **Karakteristik Tanah (Soil Profile Types)**

Kondisi tanah sangat berpengaruh pada perilaku gedung, maka perlu ditentukan tipe-tipe kondisi tanah yaitu pada *tabel 16-J*.

- **Karakteristik Resiko Wilayah Gempa (Seismic Zone Factor & Seismic Source Type)**

Tabel 16-I dan *16-U* merangkum wilayah gempa dan faktor kedekatan dengan sumber gempa. Penentuan wilayah gempa didapat dari 10% kemungkinan pergerakan tanah selama periode gempa lebih dari 50 tahun

- **Konfigurasi Gedung (Vertical Structural Irregularities)**

Konfigurasi gedung juga memberikan pengaruh terhadap perilaku gedung . sehingga perlu ditentukan kategori konfigurasi gedung, tabel 16-L merangkum 5 tipe konfigurasi gedung.

2.3.2. Sistem Rangka Struktur

Untuk sistem rangka struktural pada dasarnya ada 4 yaitu :

- Building frame system
- Bearing wall system
- Momen resisting frame system
- Dual system

Pada tugas akhir ini penulis menggunakan dual system antara special momen resisting frame dengan inverted v brace

2.3.3. Asumsi – Asumsi

- Perencanaan hanya untuk struktur atas (bangunan bawah tidak dihitung)
- Gedung ada di zona gempa kuat (zona 4 UBC'97), dengan sumber gempa 2 km

2.3.4. Pembebanan Struktur

Asumsi beban menggunakan *UBC section 16*

2.3.5. Data Material

Beton menggunakan $f_c' = 35 \text{ Mpa}$

Baja untuk:

- | | |
|----------------|---|
| - kolom | $f_y = 50 \text{ ksi}$, $F_u = 65 \text{ ksi}$ |
| - selain kolom | $f_y = 42 \text{ ksi}$, $F_u = 60 \text{ ksi}$ |



2.3.7. Data Umum Bangunan

Lokasi : Zona gempa kuat (Zona 4 UBC 1997)

Fungsi : Perkantoran

Tinggi gedung	: 120 m
Ketinggian tiap lantai	: 4 m
Jumlah lantai	: 30 lantai
Bahan	: Baja struktural
Kategori penahan	: Special Momen Resisting Frame
LFRS	: Concentric brace frame (Λ)
Sistem struktur	: Dual system
Tipe tanah	: SD
Bentang balok induk	: 800 ; 600
Bentang balok anak	: 400 ; 300

BAB III

DASĀR TEORI

BAB III

DASAR TEORI

3.1. UMUM

Struktur didesain sesuai dengan *UBC'97 section 1631*, karena gedung ini tidak termasuk *UBC'97 section 1629.8.3 dan 1629.8.4*, maka gedung ini harus dianalisa dengan analisa dinamis

3.2. KONSEP PERFORMANCE BASED DESIGN

Performance based design merupakan suatu metodologi dimana kriteria struktur dinyatakan dalam persyaratan untuk mencapai suatu performance atau sasaran daya guna.

Konsep performance based design dimulai dengan menetapkan tingkat kerusakan maksimum yang masih diijinkan (tingkat deformasi) atau yang disebut performance level dari gedung yang didesain dengan memperhatikan kerugian material bangunan, kematian penghuni gedung dan kerugian dari fungsi bangunan pasca gempa. Terdapat empat Performance level dilihat dari besarnya gerakan tanah (seismic ground motions), yaitu :

- Fully Operational

Fasilitas masih dapat terus digunakan dengan kerusakan yang dapat diabaikan.

- Operational

Fasilitas masih dapat terus digunakan dengan kerusakan dan tidak berjalan fasilitas yang bukan utama dalam jumlah kecil.

- Life Safe

Keselamatan hidup diutamakan, sedangkan kerusakan bangunan terjadi sebagian besar.

- Near Collapse

Keruntuhan bangunan dicegah, keselamatan hidup terancam dan kerusakan bangunan parah.

Setelah performance level di tetapkan maka analisa untuk mendapatkan gaya gempa dasar dan gaya-gaya dalam dapat dilakukan. Prilaku yang ingin didapatkan adalah prilaku non-linier pasca prilaku linier / elastis. Untuk mendapatkan gambaran ini kita perlu melakukan analisa struktur non-linier. Analisa struktur non-linier yang dapat dilakukan adalah analisa statik-nonlinier atau analisa dinamik-nonlinier. Analisa statik-nonlinier atau **Pushover Analysis** adalah analisa displacement struktur akibat gempa statik equivalent yang nilainya berangsur-angsur ditingkatkan secara proporsional sampai struktur mencapai performance level tertentu (mekanisme diambil batas keruntuhan). Sedangkan untuk analisa dinamik-nonlinier dapat dilakukan analisa riwayat waktu dengan beban gempa berupa input akselerogram yang diangkakan. Setelah gaya-gaya dalam didapatkan maka proses pendesainan kapasitas komponen-komponen struktur dapat dilakukan.

Displacement based design adalah konsep performance based design yang memperhatikan tingkat deformasi inelatis disebut juga

3.3. BEBAN-BEBAN PADA STRUKTUR

- Beban Mati (*UBC'97 1606*)

Beban Mati terdiri atas berat seluruh material elemen struktur dan perlengkapan permanen pada gedung.

- Beban Hidup (*UBC'97 1607*)

Beban Hidup terdiri dari beban yang diakibatkan oleh pemakaian gedung dan tidak termasuk beban mati, beban konstruksi dan beban akibat alam

- Beban Angin (*UBC'97 1620*)

Beban Angin secara teoritis dihitung sebagai berikut : $P = Ce \times Cq \times qs \times Iw$, namun pada analisa memakai ETABS beban angin sudah secara otomatis diperhitungkan

- Beban Gempa

Beban gempa juga secara otomatis dihitung oleh ETABS sesuai dengan peraturan yang dipakai yaitu UBC'97

3.4. KOMBINASI PEMBEBANAN

Untuk perhitungan secara UBC'97 kombinasi yang digunakan adalah :

COMBO1	: 1,4D + 1,4P + 1,4C
COMBO2	: 1,2D + 1,2P + 1,2C + 1,6L
COMBO3	: 1,2D + 1,2P + 1,2C + 0,5L + 1,3W
COMBO4	: 1,2D + 1,2P + 1,2C + 0,8W
COMBO5	: 0,9D + 0,9P + 0,9C + 1,3W
COMBO6	: 1,2D + 1,2P + 1,2C + 0,5L + 1E
COMBO7	: 0,9D + 0,9P + 0,9C + 1E
COMBO8	: 1D + 1P + 1C + 1L
COMBO9	: 1,2D + 0,5L + 1E

Dimana :

- D = Beban mati
- P = Beban pelat
- C = Beban Cladding
- L = Beban Hidup
- W = Beban Angin
- E = Baban gempa

3.5. $P\Delta$ EFFECT

Gaya horisontal yang terjadi pada struktur mampu menghasilkan defleksi arah horisontal. Defleksi ini menghasilkan momen sekunder oleh beban gravitasi yang bekerja pada saat defleksi terjadi. Momen sekunder ini disebut $P\Delta$ Effect.

$P\Delta$ effect secara teori dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\theta = \frac{Px \cdot \Delta}{Vx \cdot Hsx}$$

dimana : Px = Jumlah beban gravitasi tidak berfaktor pada x dan diatas lantai x

Vx = Gaya geser gempa dasar pada lantai x

Δ = story drift

Namun pada tugas akhir ini, P_{Δ} effect telah diperhitungkan secara otomatis oleh ETABS

3.6. BATASAN STORY DRIFT

Pada section 1630.10 UBC'97 dijelaskan bahwa story drift berdasarkan perpindahan inelastic maximum (Δ_m). Gaya lateral dapat mengakibatkan displacement pada struktur

Pembatasan story drift berdasarkan periode dasar struktur

$$T < 0,7 \text{ detik} \rightarrow \Delta_m \leq 0,25h$$

$$T \geq 0,7 \text{ detik} \rightarrow \Delta_m \leq 0,02h$$

3.7. KONTROL PERHITUNGAN BALOK DAN KOLOM

3.7.1. Kontrol Perhitungan Balok

Kontrol Tekuk Lokal

$$\lambda = \frac{h}{tw}$$

$$\lambda_p = \frac{1682}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda = \frac{bf}{2tf}$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}}$$

dimana :

$f_r = 70$ Mpa untuk penampang dirol

$f_r = 115$ Mpa untuk penampang dilas

Bila $\lambda \leq \lambda_p$ maka Penampang kompak dengan $M_n = M_p$

Bila $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$ maka Penampang tak kompak dengan

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p}$$

Bila $\lambda_r \leq \lambda$ maka Penampang lansing dengan $M_n = M_r (\lambda_r / \lambda)^2$

Kontrol Tekuk Lateral

Bentang pendek bila $L_b \leq L_p$

Maka $M_n = M_p$

Bentang menengah bila $L_p \leq L_b \leq L_r$

$$\text{Maka } M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{(L_r - L)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p$$

Bentang panjang bila $L_r \leq L_b$

Maka $M_n = M_{cr} \leq M_p$

$$M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L} \sqrt{E I_y J + \left(\frac{\pi E}{L} \right)^2 I_y I_w}$$

Dimana :

L_b = Asumsi jarak pengikatan pelat bondek ke balok anak

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$L_r = \frac{r_y X_1}{f_y - f_t} \sqrt{1 + \sqrt{1 + x_2 + (f_y - f_r)^2}}$$

$$C_b = \frac{12.5 M_{max}}{2.5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

$$J = \sum \left(\frac{b t^3}{3} \right)$$

$$I_w = I_y \left(\frac{h^2}{4} \right)$$

Kontrol Kuat Geser

$$\lambda = \frac{h}{tw}; \lambda_p = 2.54 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$V_n = 0.6 f_y A_w$$

$$V_u < \varphi_p \cdot V_n$$

Kontrol Lendutan

$$f_{lin} = \frac{L}{240}$$

$$f^e = \frac{5}{48} \times \frac{L^2}{EI} (M_s - 0.1 (M_A + M_B))$$

$$f^e < f_{lin}$$

3.7.2. Kontrol Perhitungan Kolom

Kontrol Penampang

$$\lambda = \frac{h}{tw}; \lambda_r = \frac{665}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda = \frac{bf}{2tf}; \lambda_r = \frac{250}{\sqrt{f_y}}$$

Bila $\lambda \leq \lambda_r$ maka Penampang kompak dengan $M_n = M_p$

Kontrol Kekakuan Pelat

Terhadap Sumbu Y :

$$G = \frac{\sum \left[\frac{l_o}{L_o} \right]}{\sum \left[\frac{l_b}{L_b} \right]}$$

Dari perhitungan diatas akan didapat GA dan GB, yang akan dipergunakan untuk mencari kc dengan menggunakan nomogram AISC-LRFD :

$$\lambda_V = \frac{k_c L}{r_V}$$

Perbandingan momen kolom dengan momen balok :

$$\frac{\sum Mp_c}{\sum Mp_B} > 1$$

$$\Sigma Mp_c = \Sigma Z_c (f_y c - P_u / Ag)$$

$$\Sigma Mp_B = \Sigma (1.1 \times R_y \times M_p + M_y)$$

Terhadap Sumbu X :

$$G = \frac{\sum \left[\frac{I_c}{L_c} \right]}{\sum \left[\frac{I_b}{L_b} \right]}$$

$$\lambda_x = \frac{k_y L}{r_y}$$

Perbandingan momen kolom dengan momen balok :

$$\frac{\sum Mp_c}{\sum Mp_B} > 1$$

$$\Sigma Mp_c = \Sigma Z_c (f_y c - P_u / Ag)$$

$$\Sigma Mp_B = \Sigma (1.1 \times R_y \times M_p + M_y)$$

Menentukan λ_c dari λ yang terbesar

$$\lambda_c = \frac{k_y L}{r_y \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

$$f_{cr} = (0.658^{\lambda_c^2}) \cdot f_y$$

$$P_n = A_g \times f_{cr}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2$$

Kontrol Tekuk Lokal

$$\lambda = \frac{h}{tw}; \lambda_p = \frac{1682}{\sqrt{f_y}}; \lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda = \frac{bf}{2tf}; \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}}; \lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}}$$

Kontrol Tekuk Lateral

Bentang pendek bila $L_b \leq L_p$

Maka $M_n = M_p$

Bentang menengah bila $L_p \leq L_b \leq L_r$

$$\text{Maka } M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{(L_r - L)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p$$

Bentang panjang bila $L_r \leq L_b$

Maka $M_n = M_{cr} \leq M_p$

$$M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L} \sqrt{E I_y J + \left(\frac{\pi E}{L} \right)^2 I_y I_w}$$

Dimana :

L_b = Asumsi jarak pengikatan pelat bondek ke balok anak

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$L_r = \frac{r_y x_1}{f_y - f_t} \sqrt{1 + \sqrt{1 + x_2 + (f_y - f_r)^2}}$$

$$C_b = \frac{12.5 M_{mx}}{2.5 M_{mx} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

$$J = \sum \left(\frac{b t^3}{3} \right)$$

$$I_w = I_y \left(\frac{h^2}{4} \right)$$

Kontrol Tekan Lentur

$$f_{lim} = \frac{L}{240}$$

$$f^o = \frac{5}{48} \times \frac{L^3}{EI} (M_s - 0,1 (M_A + M_B))$$

$$f^o < f_{j,n}$$

3.8. KONTROL PERENCANAAN SAMBUNGAN

$$A_b = \frac{1}{4} \pi \cdot d^2$$

Kuat geser (ϕR_{nv}) = $\phi F_v A_b m$

Kuat tumpu (ϕR_{nt}) = $\phi 1,8 F_y d b t_p$

Menentukan ϕR_n dari ϕR_{nv} atau ϕR_{nt} yang terbesar

$$\text{Jumlah baut yang diperlukan : } n = \frac{V_u}{\phi R_n}$$

Kontrol Kekuatan Pelat Siku

Diameter perlengahan (dengan bor) = $d + 1,5$

$$\phi P_n = 0,75 \times 0,6 \times F_u \times A_{nv}$$

$$V_u < \phi P_n$$

Kontrol Jarak Baut

Jarak tepi = 1,5 db s/d 14 tp atau 200 mm

Jarak antar baut minimum = 3 db s/d 15 tp atau 200 mm

Kontrol Geser

Kuat geser rencana dari satu baut :

$$V_u \text{ tiap baut} = \frac{V_u}{n}$$

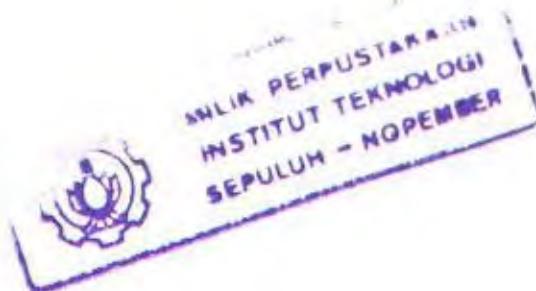
$$F_v = \frac{V_u \text{ tiap baut}}{A_b}$$

$$F_v < \phi F_v$$

Kontrol Tarik

Kuat tarik rencana satu baut

$$F_t = 807 - 2,5 F_v \leq 621$$



$$T_d = \phi \cdot F_t \cdot A_b$$

$$\text{Garis netral : } a = \frac{\Sigma T}{bF_y}$$

Kontrol Momen

$$\phi M_n = \frac{0,9 \times F_y \times a^2 \times b}{2} + \Sigma T \cdot d$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

Kontrol Kekuatan Las

$$S_x = \frac{I_x}{Y_n}$$

$$\text{Akibat } P_u : f_{vp} = \frac{V_u}{A}$$

$$\text{Akibat } M_u : f_{hm} = \frac{M}{S}$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_{vp}^2 + f_{hm}^2}$$

$$f_{\text{total}} = \Phi f_n$$

Sambungan pada balok sejarak 50 cm dari muka kolom

Pembagian beban momen :

$$M_u \text{ badan} = \frac{l_{\text{badan}}}{l_{\text{pilot}}} \times M_u$$

$$M_u \text{ sayap} = M_u - M_u \text{ badan}$$

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan badan

$$M_u \text{ total} = M_u \text{ badan} + V_u \times e$$

$$\text{Perkiraan jumlah baut} = \sqrt{\frac{6 \times M_{u \text{ total}}}{\mu R_u}}$$

$$\text{Akibat } V_u : K_{uv} = \frac{V_u}{n}$$

$$\text{Akibat } M_{u \text{ total}} : \sum (x^2 + y^2)$$

$$Kuvi = \frac{Mu_{total} X}{\sum (x^2 + y^2)}$$

$$KuH = \frac{Mu_{total} Y}{\sum (x^2 + y^2)}$$

$$Kutotal = \sqrt{(\sum Ku_v)^2 (\sum Ku_h)^2}$$

$$Kutotal < \Phi R_n$$

Sambungan Kolom Dengan Base Plate

Metode Perhitungan

Menentukan nilai A_1 (luas Pelat Dasar Kolom)

$$A_1 = \frac{P_u}{0.6 (0.85 \times f_c)} ; \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \geq 2$$

Menentukan besarnya N dan B

$$\Delta = 0,5 (0,95 \times d - 0,8 \times b_f)$$

$$N \approx \sqrt{A_1} + \Delta$$

$$B = \frac{A_1}{N}$$

Menentukan besarnya m dan n

$$m = (N - 0,95 \times d) / 2$$

$$n = (B - 0,80 \times b_f) / 2$$

Menentukan P_o

$$P_o = \frac{P_u}{N \times B} \times b_f \times d$$

Menentukan A_H

$$A_H = \frac{P_o}{0.65 \times 0.85 \sqrt{A_2}} > \frac{P_o}{0.6 \times 1.7 \times f_c}$$

Menentukan nilai c

$$C = \frac{1}{4} d + bf - tf - \sqrt{(d + bf + tf)^2 - 4(A_u - tf \times bf)}$$

Menentukan tebal pelat

Max (m, n, $\lambda n'$)

$$tp = n \sqrt{\frac{2Pu}{0.9 \times F_y \times B \times N}}$$

Metode Perhitungan Angker

$$A_{\text{dasar kolom}} = B \times L$$

$$W_{\text{dasar kolom}} = 1/6 \times B \times L^2$$

Kontrol kuat tekan base plate

$$P_{\text{total}} = \frac{Mu}{L - 2d'} + Pu$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \leq \frac{M}{W} \quad \text{dimana } \sigma_{\text{max}} \leq 0.85f_c'$$

Perencanaan diameter angker

Kekuatan Leleh

$$T = Cc = \frac{Mu}{L - 2d'}$$

$$\text{Kekuatan leleh : } Pu = \Phi \times F_y \times Ag$$

$$\text{Kekuatan Putus : } Pu = \Phi \times F_u \times 0.75 \times Ag$$

$$\text{Jumlah angker} = \frac{Ag}{Av}$$

Panjang Angker

$$L = \frac{F_t}{n \times \pi \times d \times \sigma_{\text{beton}}} \geq 40$$

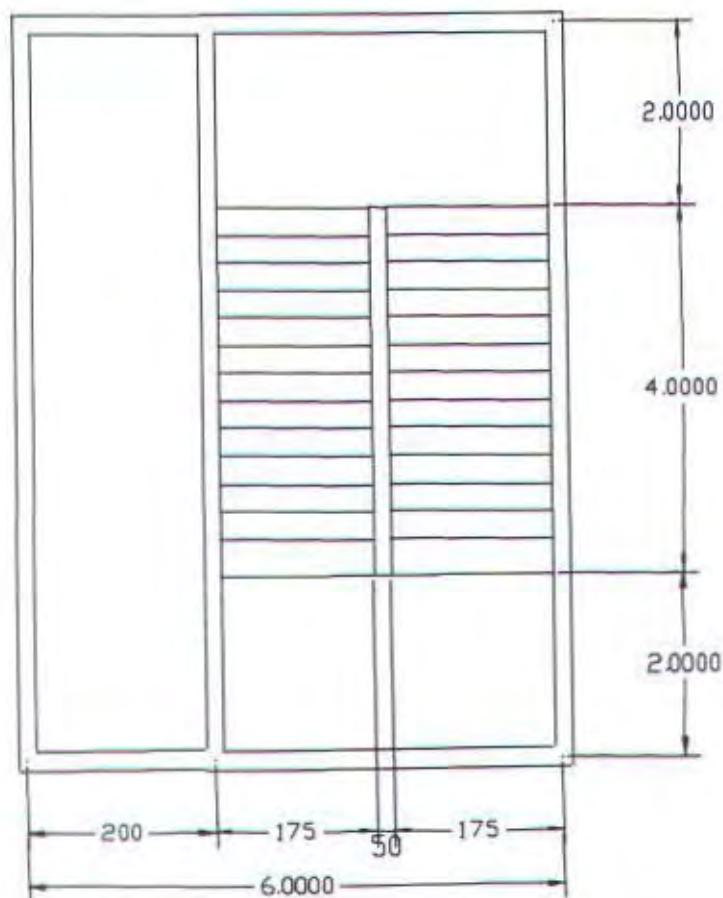
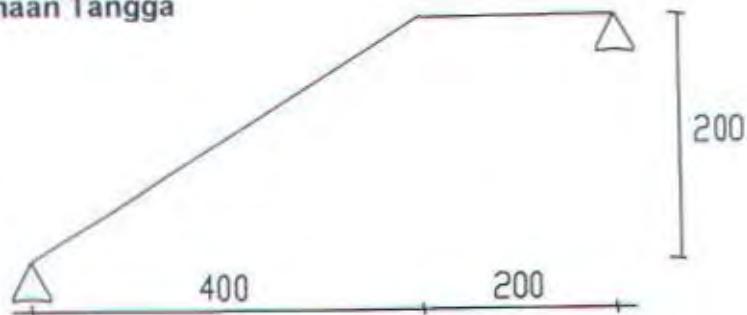
BAB IV

PERENCANAAN

STRUKTUR SEKUNDER

BAB IV
PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

4.1. Perencanaan Tangga



Gambar 4.1. Denah dan Potongan Tangga

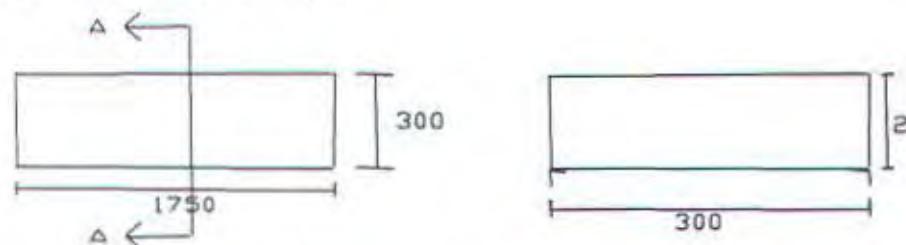
Data perencanaan tangga :

- Ketinggian antar lantai : 400 cm
- Tinggi tanjakan (t) : 17 cm
- Lebar injakan (i) : 30 cm
- Jumlah tanjakan : $(400/2) / 17 = 11,77 = 12$ buah
- Jumlah injakan : $400 / 30 = 13,33 = 13$ buah
- Panjang border : 400 cm
- Lebar border : 200 cm
- Kemiringan tangan (α) : $\text{arc tg}(17/30) = 29.54^\circ$

Persyaratan tangga :

- $60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm} \rightarrow 60 \text{ cm} \leq (2 \times 17) + 30 \leq 65 \text{ cm}$
 $60 \text{ cm} \leq 64 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm}$ (OK)
- $20^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ \rightarrow 25^\circ \leq 29.54^\circ \leq 40^\circ$ (OK)

4.1.1. Pelat Anak Tangga



Gambar 4.2. Pelat Anak Tangga

Direncanakan tebal pelat anak tangga = 2 mm

Beban-beban yang bekerja :

- Beban mati : $7850 \times 0.002 \times 1 = 15.7 \text{ kg/m}$
- Beban hidup : $300 \times 1 = 300 \text{ kg/m}$

$$q_u = (1.2 \times 15.7) + (1.6 \times 300) = 498.84 \text{ kg/m}$$

$$M_{\max} = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 498.84 \times 0.3^2 = 5.612 \text{ kg m} = 561.2 \text{ km cm}$$

$$Z = \frac{1}{4} \times b \times h^2 = \frac{1}{4} \times 30 \times 0.2^2 = 0.3 \text{ cm}^3$$

$$M_p = Z \times F_y = 0.3 \times 2900 = 870 \text{ kg cm}$$

$$\textcircled{O} M_p > M_{\max} \rightarrow 0.9 \times 870 \text{ kg cm} > 561.2 \text{ kg m}$$

$$783 \text{ kg cm} > 561.2 \text{ kg cm (OK)}$$

4.1.2. Pengaku Pelat Anak Tangga

Direncanakan memakai profil siku $L 2 \frac{1}{2} \times 2 \frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$

$$W = 5 \text{ lb/ft} = 7.44 \text{ kg/m} \quad F_y = 42 \text{ ksi} = 290 \text{ MPa}$$

$$Z_x = 0.869 \text{ in}^3 = 14.24036 \text{ cm}^3 \quad I_x = 0.849 \text{ in}^4 = 35.34 \text{ cm}^4$$

Pembebaan :

- Beban mati ($1/2$ lebar anak tangga)
 - Berat pelat $= 0.002 \times 0.15 \times 7850$ $= 2.355 \text{ kg/m}$
 - Berat profil $= 7.44 \text{ kg/m}$
 - Berat tambahan 10% $= 9.79 \text{ kg/m}$
 - Berat tambahan 10% $= 0.979 \text{ kg/m}$
- $$q_D = 10.77 \text{ kg/m}$$

$$V_D = \frac{1}{2} \times q_D \times L = \frac{1}{2} \times 10.77 \times 1.75 = 9.43 \text{ kg}$$

$$M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 10.77 \times 1.75^2 = 4.12 \text{ kg m}$$

- Beban hidup

Pada pelat anak tangga terdiri atas dua jenis beban hidup, yaitu beban hidup terpusat dan beban hidup terbagi rata. Dari dua jenis beban tersebut akan dipilih salah satu jenis beban hidup yang terbesar.

Beban hidup terpusat

$$\text{Reaksi perletakan} = (3 \times 100)/2 = 150 \text{ kg}$$

$$V_{(\text{berpusat})} = 0.75 \times \text{reaksi perletakan} = 0.75 \times 150 = 112.5 \text{ kg}$$

$$M_{(\text{berpusat})} = 0.75 \times 73.75 = 55.31 \text{ kg m}$$

Beban hidup terbagi rata

$$q_L = 300 \text{ kg/m}^2 \times 0.3 \text{ m} \times \frac{1}{2} = 45 \text{ kg/m}$$

$$V_{L(\text{terbagi rata})} = \frac{1}{2} \times q_L \times L = \frac{1}{2} \times 45 \times 1.75 = 39.38 \text{ kg}$$

$$M_{L(\text{terbagi rata})} = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 45 \times 1.75^2 = 17.23 \text{ kg m}$$

Jadi yang menentukan ada beban hidup terpusat

$$V_u = 1.2 V_D + 1.6 V_L = (1.2 \times 9.43) + (1.6 \times 112.5) = 191.3115 \text{ kg}$$

$$M_u = 1.2 M_D + 1.6 M_L = (1.2 \times 4.12) + (1.6 \times 55.31) = 93.44879 \text{ kg}$$

Kontrol Lendutan

$$f_{lin} = \frac{L}{360} = \frac{175}{360} = 0.486111 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^o &= \frac{5}{384} \times \frac{qxL^4}{Exl} + \frac{106}{2592} \times \frac{PxL^3}{Exl} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{0.10773 \times 175^4}{2000000 \times 35.33805} + \frac{106}{2595} \times \frac{100 \times 175^3}{2000000 \times 35.34} \end{aligned}$$

$$f^o < f_{lin} \rightarrow 0.33 \text{ m} < 0.486 \text{ cm (OK)}$$

Kontrol penampang profil

$$\text{Pelat sayap : } \lambda = \frac{bf}{2tf} = 6.667 < \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{290}} = 9.98$$

maka penampang kompak

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = F_y \times Z_x = 2900 \text{ kg/cm}^2 \times 14.24036 \text{ cm}^3 = 41297.04 \text{ kg cm} = 412.9704 \text{ kg m}$$

$$M_u < M_n \rightarrow 93.449 < 0.9 \times 412.9704 \text{ kg m}$$

$$93.449 < 371.6734 \text{ kg m (OK)}$$

Kontrol Kuat Geser

$$\frac{h}{t_w} = 6.667 < 2.45 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2.45 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 64.34015$$

$$\begin{aligned} \text{maka } V_n &= 0.6 f_y A_w = 0.6 \times 42 \times (2 \frac{1}{2} \times 6/16) \\ &= 23.63 \text{ kips} = 10716.12 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u < \emptyset V_n \rightarrow 191.3115 < 0.9 \times 10716.12 \\ 93.44879 < 9644.504 \text{ (OK)}$$

4.1.3. Pelat Bordes

Direncanakan pelat bordes menggunakan pelat bondek (Lysaght BONDEK)

Data-data perencanaan :

- Untuk bentang = 1.75 m, tanpa penyangga
- Tebal pelat = 9 cm dan tulangan negatif = $1.55 \text{ cm}^2/\text{m}$

Berdasarkan tabel 2, Tabel perencanaan teknis, dengan :

- Bentang = 1,75 tanpa penyangga
- Bentang menerus
- Beban berguna = 400 kg/m

Pembebanan

- Beban berguna

◆ Beban hidup untuk tangga	=	300 kg/m^2
◆ Beban finishing	=	48 kg/m^2
- Berat spesi (2 cm) = 0.02×2400	=	<u>42 kg/m^2</u>
- Berat tegel (2 cm) = 0.02×2100	=	390 kg/m^2
	=	400 kg/m^2

- Beban yang bekerja pada pelat 1 m^2

◆ Berat sendiri panel bondek (tabel 1. Sifat penampang panel bondek)	=	10.1 kg/m^2
◆ Berat pelat beton = 0.09×2400	=	216 kg/m^2
◆ Beban finishing	=	48 kg/m^2
- Berat spesi (2 cm) = 0.02×2400	=	<u>42 kg/m^2</u>
- Berat tegel (2 cm) = 0.02×2100	=	316.1 kg/m^2
	=	320 kg/m^2

Dipakai tulangan D 10, $A_s = 0.7854 \text{ cm}^2$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap 1 m :

$$N = 1.55 / 0.7854 = 1.97 \\ = 2 \text{ buah}$$

Jarak antar tulangan = $100/2 = 50 \text{ cm}$

Jadi dipasang tulangan negatif D10 - 50

4.1.4. Balok Tangga

Data perencanaan :

Balok tangga W 4 x 13

$$\begin{array}{ll} W = 13 \text{ lb/ft} = 19.34016 \text{ kg/m} & S_x = 5.46 = 89.47336944 \\ Z_x = 6.28 \text{ in}^3 = 426.06 \text{ cm}^3 & I_x = 11.3 \text{ in}^4 = 470.3415109 \text{ cm}^4 \\ r_y = 1.00 \text{ in} = 2.54 \text{ cm} & h/tw = 10.6 \\ b/f/2tf = 5.9 & \end{array}$$

Beban yang bekerja :

$$\begin{array}{ll} \text{Beban mati} : (0.6 \times 0.002 \times 7850) + 19.34016 = 28.76016 \text{ kg/m} \\ \text{Beban hidup} : 0.6 \times 300 = 180 \text{ kg/m} \end{array}$$

$$q_u = (1.2 \times 28.76016) + (1.6 \times 180) = 322.5121964 \text{ kg/m}$$

$$M_{\max} = \frac{1}{8} \times 322.512 \times 2^2 = 161.256 \text{ kg/m}$$

Kontrol Kuat Nominal

$$\lambda = \frac{h}{tw} = 10.6 \quad \lambda_p = \frac{1682}{\sqrt{290}} = 98.77044$$

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = 5.9 \quad \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{290}} = 9.982744$$

Jadi penampang Kompak

$$L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 2.54 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 117.3985 \text{ cm}$$

$$L_b = 10 \text{ cm} \text{ (jarak interval Las)}$$

$$\text{Untuk } L_b < L_p \rightarrow \phi M_n = \phi M_p$$

$$M_b = 102.9108 \times 2900 = 298441.2094 \text{ kg/cm}$$

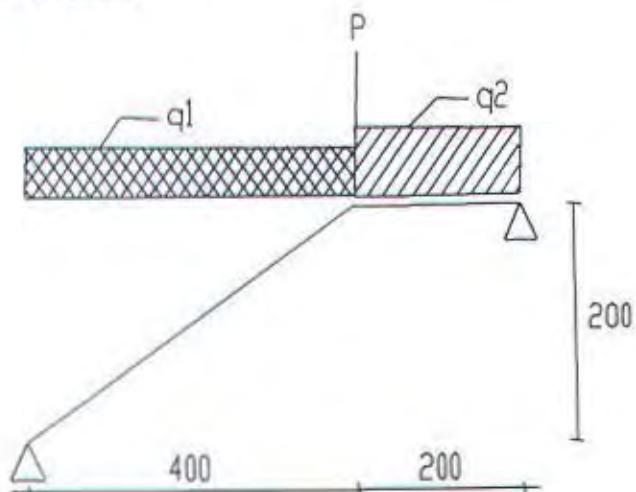
$$\phi M_n = 0.9 \times 298441.2094 = 268597.0884 > 16125.60982 \text{ kgcm} \quad \text{OK}$$

Kontrol Lendutan

$$f = \frac{L}{360} = \frac{200}{360} = 0.5555556$$

$$f' = \frac{5qL^4}{384EI} \times \frac{5 \times 3.22512 \times 200^4}{384 \times 2.1 \times 10^6 \times 470.3415} = 0.068 < f \quad \text{OK}$$

4.1.5. BALOK UTAMA



Gambar 4.3. Balok Utama Tangga

Data perencanaan W 6 x 20

$$W = 20 \text{ lb/in} = 29.75 \text{ kg/m} ; z = 14.9 \text{ in}^3 = 244.1673 \text{ cm}^3$$

$$F_y = 42 \text{ in} = 290 \text{ MPa} ; I_x = 41.4 \text{ in}^4 = 1723.20 \text{ cm}^4$$

$$h/t_w = 19.1, b_f/2t_f = 8.2 ; r_y = 1.5 \text{ in} = 3.81 \text{ cm}$$

$$d = 6.20 \text{ in} ; t_w = 0.26 \text{ in}$$

$$A = 5.87 \text{ in}^2$$

Pembebanan

- Beban q_1

 - ♦ Beban mati

- Berat pelat anak tangga = $(10.77 \times 0.875) / 0.15$ = 62.84178 kg/m
 - Berat profil balok tangga = $29.75 / \cos 29.54$ = 98.66116 kg/m
 - Beban pagar = 20.0 kg/m

$$qD = 181.5029 \text{ kg/m}$$

 - ♦ Beban hidup = 300 kg/m²

$$q_{1t} = 0.875 \text{ m} \times 300 \text{ kg/m}^2 = 262.5 \text{ kg/m}$$

- Beban q_2

 - ♦ Beban mati

- Berat profil balok tangga = 29.75 kg/m
 - Berat pelat bondek = 288 kg/m

$$qD = 317.75 \text{ kg/m}$$

 - ♦ Beban hidup = 300 kg/m²

$$q_{2t} = 0.875 \text{ m} \times 300 \text{ kg/m}^2 = 262.5 \text{ kg/m}$$

$$q_{u1} = (1.2 \times 181.5029) + (1.6 \times 262.5) = 637.803529 \text{ kg/m}$$

$$q_{u2} = (1.2 \times 317.75) + (1.6 \times 262.5) = 801.3049176 \text{ kg/m}$$

$$P = 19.340 \times \left(\frac{1.75}{2} + \frac{0.5}{2} \right) = 21.75768416 \text{ kg/m}$$

Dari analisa struktur dengan menggunakan SAP 2000, maka diperoleh hasil sebagai berikut :

$$V_{max} = 3363.17 \text{ kg m}$$

$$P_{max} = -1096.88 \text{ kg}$$

$$V_{max} = 2565.95 \text{ kg}$$

Kontrol Penampang Profil

$$\text{Pelat sayap : } \lambda = \frac{b_r}{2t_r} = 8.2 \quad \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{290}} = 9.982744$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow 8.2 < 9.982744$, maka penampang kompak



$$\text{Pelat badan : } \lambda = \frac{h}{t_w} = 19.1 \quad \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{290}} = 9.982744$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow 19.1 < 9.982744$, maka penampang kompak

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = \sqrt{17^2 + 30^2} = 34.5 \text{ cm}$$

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 3.81 \times \sqrt{\frac{200000}{290}} = 176.0977 \text{ cm}$$

$L_b < L_p \rightarrow 34.5 < 176.0977 \text{ cm}$, maka bentang pendek

Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$M_p = F_y \times Z_x = 2900 \text{ kg/cm}^2 \times 244.1673 = 708085 \text{ kg cm} \\ = 7080.85 \text{ kg m}$$

$$M_u = \emptyset M_n \rightarrow 3363.17 < 0.9 \times 7080.85$$

$$3363.17 < 6372.765315 \text{ (OK)}$$

Kontrol Kuat Geser

$$\frac{h}{t_w} = 19.1 < \lambda = 2.45 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2.45 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 64.34015$$

$$V_n = 0.6 \times 42 \times 1.61 = 40.6224 \text{ kips} = 18426 \text{ kg}$$

$$V_u < \emptyset V_n \rightarrow 2565.95 < 0.9 \times 18426$$

$$2565.95 < 16583.13 \text{ (OK)}$$

Persamaan Interaksi Tekan – Lentur

$$L = \sqrt{400^2 + 200^2} = 447.2136 \text{ cm} \quad k_c = 1 \text{ (sendi – sendi)}$$

$$\lambda_c = \frac{k_c L}{\pi r} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{447.2136}{11.96947} \sqrt{\frac{290}{200000}} = 1.4 > 1.5$$

$$\text{maka } f_{cr} = \left[\frac{0.877}{\lambda_c^2} \right] f_y = \left[\frac{0.877}{1.4^2} \right] \times 42 = 18.2 \text{ ksi}$$

$$P_n = A_g f_{cr} = 5.87 \times 18.2 = 106.8166 \text{ ksi} = 48451.15$$

$$\textcircled{O} P_n = 0.85 \times 48451.2 = 41183.478 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{1096.88}{41183.478} = 0.0267 < 0.2, \text{ maka } \frac{P_u}{2\phi P_n} + \left[\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1.0$$

$$\frac{1096.8800}{82366.95682} + \left[\frac{3363.17}{6372.765315} \right] = 0.54 \leq 1.0 \text{ OK}$$

Kontrol Lendutan

$$f_{lin} = \frac{L}{360} = \frac{447.21}{360} = 1.24226 \text{ cm}$$

$$q = q_D + q_L = 580.25 \text{ kg/m}$$

$$f^* = \frac{5qL^4}{384EI} = \frac{5}{384} \times \frac{5.80254 \times 447.21^4}{2000000 \times 1723.20} = 0.88 < \bar{f} \text{ OK}$$

4.2. Perencanaan Pelat Lantai

Data-data perencanaan berdasarkan brosur Lysaght BONDEK :

- Untuk bentang = 4 m, menggunakan dua baris penyangga
- Tebal pelat = 12 cm dan tulangan negatif = 4.99 cm²/m, berdasarkan

Tabel 2. Tabel perencanaan praktis :

- ◆ Bentang 4 m dengan menggunakan dua baris penyangga
- ◆ Bentang menerus
- ◆ Beban berguna = 380 kg/m³

Pembebanan

- Beban berguna
 - ◆ Beban hidup
 - Untuk apartemen (Tabel 16-A UBC 1997)

$$= 40 \text{ psf} \times 0.0479 = 1.916 \text{ kN/m}^2 = 191.6 \text{ kg/m}^2$$
 - Reduksi beban hidup (R) = r (A - 13.94)

$$= 0.08 \{(4 \times 8) - 13.94\} = 0.01448\%$$

- Total beban hidup = $191.6 \times (100 - 0.01448)\%$ = 191.5723 kg/m^2
- ♦ Beban finishing
 - Berat spesi (2 cm) = 0.02×2400 = 48 kg/m^2
 - Berat tegel (2 cm) = 0.02×2100 = 42 kg/m^2
 - Berat plafon (Tabel 16-B UBC 1997)
 $= 20 \text{ psf} \times 0.0479 = 0.958 \text{ kN/m}^2$ = 95.8 kg/m^2
 $= 377.3723 \text{ kg/m}^2$
 $= 378 \text{ kg/m}^2$
 - Beban yang bekerja pada pelat 1 m^2
 - ♦ Berat sendiri panel bondek
(Tabel 1. Sifat penampang panel bondek) = 10.1 kg/m^2
 - ♦ Berat pelat beton = 0.12×2400 = 288 kg/m^2
 - ♦ Berat finishing :
 - Berat spesi (2 cm) = 0.02×2400 = 48 kg/m^2
 - Berat tegel (2 cm) = 0.02×2100 = 42 kg/m^2
 - Berat plafon (Tabel 16-B UBC 1997)
 $= 20 \text{ psf} \times 0.0479 = 0.958 \text{ kN/m}^2$ = 95.8 kg/m^2
 $= 483.9 \text{ kg/m}^2$
 $= 484 \text{ kg/m}^2$
 - Dipakai tulangan D 10, As = 0.7854 cm^2
 - Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap 1 m^2 :

$$N = 4.99 / 0.7854 = 6.35$$

$$= 7 \text{ buah}$$
 - Jarak antar tulangan = $100/7 = 14.286$

$$= 15 \text{ cm}$$
 - Jadi dipasang tulangan negatif D 10 – 150

BAB V

ANALISA

STRUKTUR UTAMA

BAB V

ANALISA STRUKTUR UTAMA

5.1. PEMBEBANAN

5.1.1. Beban Mati

5.1.1.1. Beban Pelat

- Beban yang bekerja pada pelat 1 m²
 - ♦ Berat sendiri panel bondek
(Tabel 1. Sifat penampang panel bondek) = 10.1 kg/m²
 - ♦ Berat pelat beton = 0.12 x 2400 = 288 kg/m²
 - ♦ Berat finishing :
 - Berat spesi (2 cm) = 0.02 x 2400 = 48 kg/m²
 - Berat tegel (2 cm) = 0.02 x 2100 = 42 kg/m²
 - Berat plafon (Tabel 16-B UBC 1997)
= 20 psf x 0.0479 = 0,958 kN/m²
= 95,8 kg/m²

5.1.1.2. Beban Cladding

Beban cladding ini merupakan beban mati tambahan yang bekerja pada balok eksterior yang biasanya sebagai penutup struktur utama. Besar dari beban cladding ini adalah 250 lb/ft atau 372.04 kg/m.

5.1.1.3. Berat Sendiri Profil Baja

Untuk berat sendiri profil baja sudah secara otomatis dimasukkan dalam perhitungan struktur utama.

5.1.2. Beban Hidup

Beban hidup yang bekerja pada pelat lantai struktur utama adalah sebesar 40 lb/ft² 195.2971 kg/m². (Tabel 16-A UBC 1997)

5.1.3. Beban Angin

Untuk menentukan beban angin diperlukan data-data sebagai berikut :

- Kecepatan dasar angin : 80 mph (Tabel 16-F UBC 1997)
- Exposure type : D (Tabel 16-G UBC 1997)
- Koefisien tekanan : 0.8 untuk angin tiup & 0.5 untuk angin hisap (Tabel 16-H UBC 1997)
- Faktor kepentingan gedung untuk apartemen : 1 (Tabel 16-K UBC 1997)

5.1.4. Beban Gempa

Untuk menentukan beban gempa diperlukan data-data sebagai berikut :

- Koefisien numerik untuk struktur baja moment-resisting frame (C_t) = 0.035 atau 0.0853 untuk satuan SI. (UBC 1630.2)
- Overstrength factor untuk dual system dengan sistem rangka pengaku konsentrasi (R) = 7.5 (Tabel 16-N UBC 19997)
- Tipe tanah : SD (Tabel 16-J UBC 1997)
- Zona gempa : 4 (zona gempa kuat) (Tabel 16-I UBC 1997)
- Tipe sumber gempa : A dengan jarak dari pusat gempa kurang dari 2 km (Tabel 16-T dan Tabel 16-U UBC 1997)

5.2. ANALISA STRUKTUR UTAMA MENGGUNAKAN (ETABS)

(Lihat Lampiran)

5.3. BATASAN STORY DRIFT

Dari hasil analisa ETABS didapat story drift perlantai dengan batasan story drift untuk $T \geq 0.7 dt \rightarrow \Delta m = 0.02h = 0.02 \times 4 = 0.08 \text{ m}$

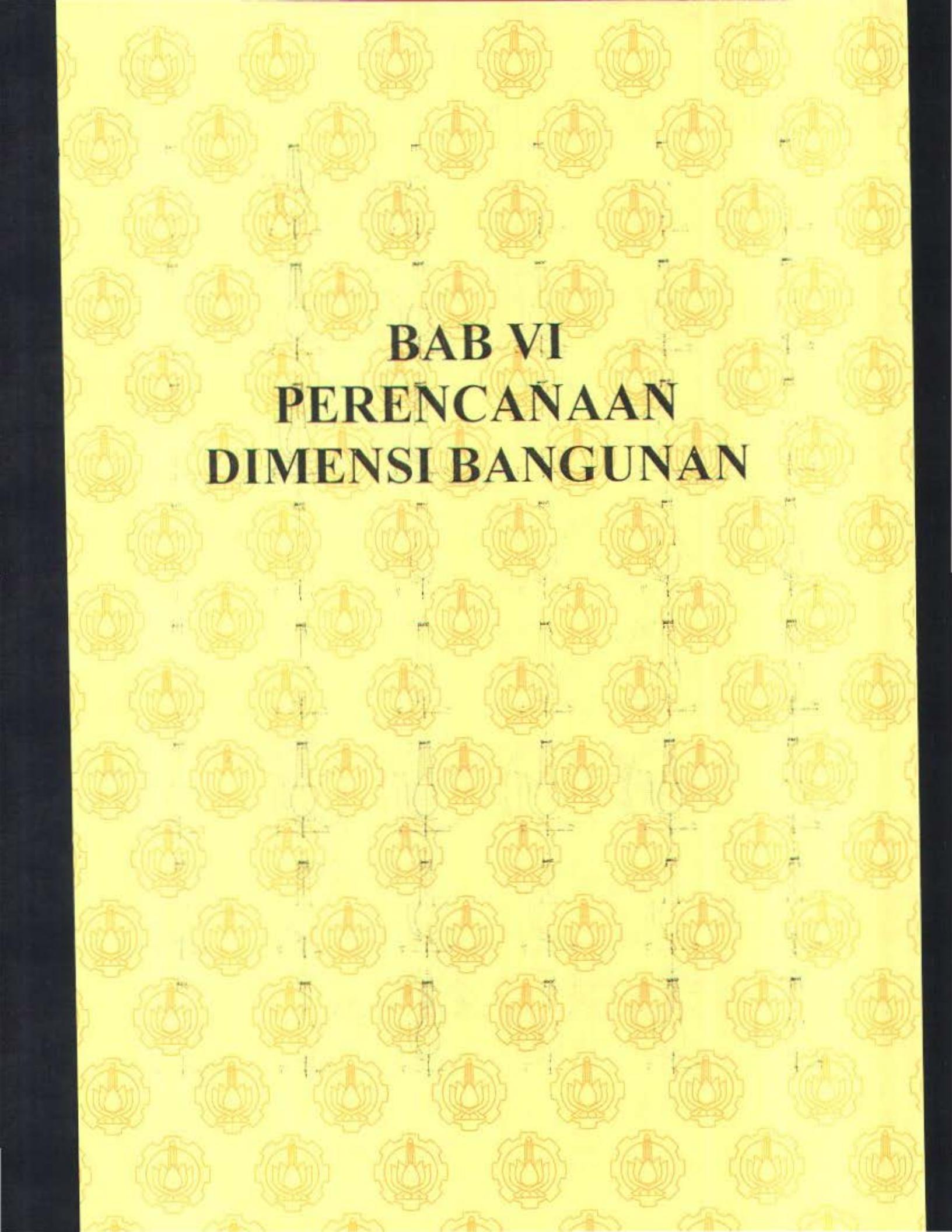
Berikut tabel story drift yang diperoleh dari analisa ETABS :

$\text{Max drft} = 0.7 \times 7.5 \times \text{story drift}$, dimana 7.5 = nilai overstrength factor (R)

5.1. Tabel Batasan Story Drift

STORY	LOAD	MAX DRIFT X	KET	MAX DRIFT Y	KET
Story 30	COMBO 6	0.0036	OK	0.0049	OK
Story 29	COMBO 6	0.004	OK	0.0054	OK

Story 28	COMBO 6	0.0044	OK	0.0057	OK
Story 27	COMBO 6	0.0046	OK	0.006	OK
Story 26	COMBO 6	0.0049	OK	0.0062	OK
Story 25	COMBO 6	0.0051	- OK	0.0064	OK
Story 24	COMBO 6	0.0053	OK	0.0066	OK
Story 23	COMBO 6	0.0055	OK	0.0068	OK
Story 22	COMBO 6	0.0057	OK	0.0069	OK
Story 21	COMBO 6	0.0058	OK	0.0071	OK
Story 20	COMBO 6	0.0060	OK	0.0072	OK
Story 19	COMBO 6	0.0061	OK	0.0073	OK
Story 18	COMBO 6	0.0063	OK	0.0074	OK
Story 17	COMBO 6	0.0064	OK	0.0075	OK
Story 16	COMBO 6	0.0065	OK	0.0076	OK
Story 15	COMBO 6	0.0065	OK	0.00765	OK
Story 14	COMBO 6	0.0066	OK	0.00767	OK
Story 13	COMBO 6	0.0067	OK	0.00765	OK
Story 12	COMBO 6	0.0067	OK	0.00761	OK
Story 11	COMBO 6	0.0066	OK	0.00752	OK
Story 10	COMBO 6	0.0065	OK	0.0073	OK
Story 9	COMBO 6	0.0064	OK	0.0072	OK
Story 8	COMBO 6	0.0063	OK	0.0069	OK
Story 7	COMBO 6	0.0061	OK	0.0066	OK
Story 6	COMBO 6	0.0058	OK	0.0063	OK
Story 5	COMBO 6	0.0054	OK	0.0058	OK
Story 4	COMBO 6	0.005	OK	0.0053	OK
Story 3	COMBO 6	0.0045	OK	0.0047	OK
Story 2	COMBO 6	0.0036	OK	0.0039	OK
Story 1	COMBO 6	0.0019	OK	0.0023	OK



BAB VI

PERENCANAAN DIMENSI BANGUNAN

BAB VI

PERENCANAAN DIMENSI BANGUNAN

6.1. Perencanaan Balok Anak

Balok anak W 16 x 45

$$F_y = 42 \text{ ksi} = 290 \text{ Mpa}$$

$$W = 45 \text{ lb/ft} = 66.97 \text{ kg/m} \quad r_y = 1.57 \text{ in} = 3.99 \text{ cm}$$

$$Z_x = 82.3 \text{ in}^3 = 1348.66 \text{ cm}^3 \quad d = 16.13 \text{ in} = 40.97 \text{ cm}$$

$$I_x = 586 \text{ in}^4 = 24391.16 \text{ cm}^4 \quad t_w = 0.345 \text{ in} = 0.88 \text{ cm}$$

Pembebatan :

- Beban mati
 - Berat profil = 66.97 kg/m
 - Berat pelat lantai = 4 x 484 = 1936 kg/m
- $q_D = 2002.97 \text{ kg/m}$

- Beban hidup (Tabel 16-A UBC 1997)

$$q_L = 4 \text{ m} \times 191.6 \text{ kg/m}^2 = 766.4 \text{ kg/m}$$

Beban berfaktor :

$$\begin{aligned} q_U &= (1.2 \times q_D) + (1.6 \times q_L) = 1.2 \times 2002.97 + 1.6 \times 766.4 \\ &= 3629.804 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 = \frac{1}{8} \times 3629.804 \times 8^2 = 29038.43 \text{ kg m}$$

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_U \times L = \frac{1}{2} \times 3629.804 \times 8 = 14519.22 \text{ kg}$$

Kontrol Tekuk Lokal

$$\text{Pelat sayap : } \lambda = \frac{b_t}{2t_i} = 6.2 \quad \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{290}} = 9.98$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow 6.2 < 9.98$, maka penampang kompak

$$\text{Pelat badan : } \lambda = \frac{h}{t_w} = 41.2 \quad \lambda_p = \frac{1682}{\sqrt{f_y}} = \frac{1682}{\sqrt{290}} = 98.77$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow 41.2 < 98.77$, maka penampang kompak

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

Kontrol Tekuk Lateral

$L_b = 20 \text{ cm}$ (asumsi jarak pengikat pelat bondex ke balok anak)

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 3.99 \times \sqrt{\frac{200000}{290}} = 184.3156 \text{ m}$$

$L_b < L_p \rightarrow 20 < 184.3156$, maka bentang pendek

Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$M_p = F_y \times Z_x = 2900 \text{ kg/cm}^2 \times 1348.66 \text{ cm}^3 = 3911114 \text{ kg cm}$$

$$= 39111.14 \text{ kg m}$$

$M_u < \emptyset M_n \rightarrow 29038.43 \text{ kg m} < 0.9 \times 39111.14 \text{ kg m}$

29038.43 kg m < 35200.026 kg m (OK)

Kontrol Kuat Geser

$$\frac{h}{t_w} = 41.2 \quad 2.45 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2.45 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 64.34$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2.45 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow 41.2 < 64.34$$

maka $V_n = 0.6 f_y A_w$

$$= 0.6 \times 42 \times (16.13 \times 0.345)$$

$$= 140.23422 \text{ kips} = 63608 \text{ kg}$$

$V_u < \emptyset V_n \rightarrow 14519.22 \text{ kg} < 0.9 \times 63608 \text{ kg}$

14519.22 kg < 57247.3 kg (OK)

Kontrol Lendutan

$$f_{lin} = \frac{L}{240} = \frac{800}{240} = 3.33 \text{ cm}$$

$$q = q_0 + q_L = 2002.97 + 766.4 = 2769.3699 \text{ kg/m}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \times \frac{qxL^4}{ExI}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{5}{384} \times \frac{27.69 \times 800^4}{2000000 \times 24391.16} \\
 &= 3.03 \text{ cm} \\
 f'' < f_{\text{lin}} \rightarrow 3.03 \text{ cm} &< 3.33 \text{ cm} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

6.2. Kontrol Dimensi Pengaku

Diambil gaya-gaya maksimum yang terjadi pada pengaku pada story 2, elemen D3, COMBO6

$$P_u = -56657.19 \text{ Kg (tekan)}$$

$$P_u = -56375.8 \text{ Kg (tekan)}$$

Pengaku menggunakan profil **HSS 8 x 6 x 0,5**:

$$r_x = 2.31 \text{ in} = 5.8674 \text{ cm}$$

$$F_y = 42 \text{ ksi} = 290 \text{ Mpa}$$

$$F_u = 50 \text{ ksi} = 345 \text{ Mpa}$$

$$A_g = 12.4 \text{ in}^2 = 80 \text{ cm}^2$$

$$L = 500 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kelangsungan} \quad \frac{k_c \times L}{r} \leq \frac{1000}{\sqrt{F_y}} \rightarrow \frac{500}{5.8674} &\leq \frac{1000}{\sqrt{42}} \\
 &\leq 154.3033
 \end{aligned}$$

Kontrol penampang profil untuk penumpang baja persegi berongga

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{8}{0.5} = 16 < \lambda_p = \frac{110}{\sqrt{42}} = 16.97337$$

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{6}{0.5} = 12 < \lambda_p = \frac{110}{\sqrt{42}} = 16.97337$$

Jadi penampang kompak

Kekuatan pengaku

$$\text{Kuat tarik rencana: } \Phi P_n = \Phi \times F_y \times A_g = 0.9 \times 2900 \times 80 = 208800.0029 \text{ kg}$$

$$\Phi P_n = \Phi \times F_u \times A_e$$

$$\text{dimana } A_e = U \times A_n$$

$$\text{jadi } A_e = 0.75 \times 80 \leq 60 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0.9 \times 3452 \times 60 = 186428.574 \text{ kg}$$

$$P_u \leq \Phi P_n \rightarrow 56375.8 \leq 186428.574 \quad \text{Ok}$$

Kuat tekan rencana

$$\lambda_c = \frac{k_c}{\pi} \times \frac{L}{r} \times \sqrt{\frac{F_y}{E}} = \frac{1}{3.14} \times \frac{500}{6} \times \sqrt{\frac{2900}{2000000}} = 1.03342 \leq 1.5$$

$$f_{cry} = (0.658^{\lambda_c^2}) f_y$$

$$f_{cry} = (0.658^{1.02}) 2900 \\ = 1854.68 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_n = A_g \times f_{cry} \\ = 0.9 \times 80.00 \times 1854.68 = 133537.1119 \text{ kg} \\ 56657.19 < 133537.112 \text{ OK}$$

6.3. Perhitungan Kontrol Dimensi Balok Eksterior

Dari hasil output ETABS Story 19 element B18 akibat kombinasi COMBO6, diperoleh :

$$M_u = -31201.3 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 16528.24 \text{ kg}$$

Direncanakan profil W 18 x 46 :

$$F_y = 42 \text{ ksi} = 290 \text{ Mpa} \quad r_y = 1.29 \text{ in} = 3.27 \text{ cm}$$

$$Z_x = 90.7 \text{ in}^3 = 1486.30 \text{ cm}^3 \quad S_x = 78.8 \text{ in}^3 = 1291.302 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 712 \text{ in}^4 = 29635.68 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 22.5 \text{ in}^4 = 936.52 \text{ cm}^4$$

Kontrol Tekuk Lokal

$$\text{Pelat sayap : } \lambda = \frac{b_t}{2t_r} = 5.0 \quad \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{290}} = 9.98$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow 5.0 < 9.98$, maka penampang kompak

$$\text{Pelat badan : } \lambda = \frac{h}{t_w} = 44.6 \quad \lambda_p = \frac{1682}{\sqrt{f_y}} = \frac{1682}{\sqrt{290}} = 98.77$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow 44.6 < 98.77$, maka penampang kompak

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Zx \times F_y = 1486.304 \times 2900 = 4310281 \text{ kg.cm}$$

$$= 43102.81 \text{ kg.m}$$

$$M_u < \emptyset M_n \rightarrow 31201.3 \text{ kg/m} < 0.9 \times 43102.81 \text{ kg.cm}$$

$$31201.3 \text{ kg/m} < 38792.5268 \text{ kg.m} \quad (\text{OK})$$

Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 800 \text{ cm}$$

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 3.28 \text{ cm} \times \sqrt{\frac{200000}{290}} = 151.444 \text{ cm}$$

$$L_r = \frac{r_y X_1}{(f_y - f_r)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2(f_y - f_r)^2}} ; f_r = 70 \text{ MPa} = 9.96 \text{ ksi}$$

$$= \frac{1.29 \times 2060}{(42 - 9.96)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 1.01E - 2(42 - 9.96)^2}}$$

$$= 173.416 \text{ in}$$

$$= 440.5 \text{ cm}$$

$$L_r < L_b \rightarrow 440.5 < 800 \text{ (bentang panjang)}$$

$$M_A = -17055.72 \text{ kg.m}$$

$$M_B = 3180.54 \text{ kg.m}$$

$$M_C = 10906.9 \text{ kg.m}$$

$$M_{max} = -31201.3 \text{ kg.m}$$

$$C_b = \frac{12.5 M_{max}}{2.5 M_{max} + 3 M_A - 4 M_B + 3 M_C}$$

$$C_b = \frac{12.5 \times 31201.3}{2.5 \times 31201.3 + 3 \times 17055.72 + 4 \times 3180.54 + 3 \times 10906.9}$$

$$C_b = 2.23 < 2.3 \rightarrow \text{dipakai } C_b = 2.23$$

$$G = 8.10^5 \text{ kg/cm}^2$$

$$f = \Sigma (1/3) b \cdot t^3 = (1/3) b \cdot t^3 = (1/3) \times 44.44 \times 0.91^3 + (1/3) \times 2 \times 15.4 \times 1.54^3$$

$$= 48.5 \text{ cm}^4$$

$$I_w = I_y \times \frac{h^4}{4} = 936.52 \times \frac{(45.97 - 1.54)^2}{4} = 462330.736 \text{ cm}^6$$

$$M_n = Mcr \leq M_p$$

$$\begin{aligned} M_n &= Mcr = C_b \cdot \frac{\pi}{L} \cdot \sqrt{EI_y \cdot GJ + \left(\frac{\pi E}{L}\right)^2 I_y I_w} \\ &= 2.23 \frac{\pi}{800} \sqrt{(2E6) \cdot (936.52) \cdot (8E5) \cdot (48.5) + \left(\frac{\pi(2E6)^2}{800}\right) (936.52) \cdot (462330.73)} \\ &= 2765184.32 \text{ kg.cm} = 27651.84 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \times F_y = 1486.303 \times 2900 = 4310280.764 \text{ kg/cm} \\ &= 43102.81 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$$\text{Jadi dipakai } M_n = 43102.811 \text{ kg/m}$$

$$Mu < \emptyset M_n \rightarrow 31201.3 \text{ kg.m} < 0.9 \times 43102.81 \text{ kg.m}$$

$$31201.3 \text{ kg.m} < 38792.529 \text{ kg.m} (\text{OK})$$

Kontrol Kuat Geser

$$\frac{h}{t_w} = 44.6 \quad 2.45 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2.45 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 64.34$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2.45 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow 44.6 < 64.34$$

$$\begin{aligned} \text{maka } V_n &= 0.6 f_y A_w = 0.6 \times 42 \times (18.1 \times 0.360) \\ &= 164.2032 \text{ kips} = 74480 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u < \emptyset V_n \rightarrow 16528.24 \text{ kg} < 0.9 \times 74480 \text{ kg}$$

$$16528.24 \text{ kg} < 67032.07 \text{ kg} (\text{OK})$$

Kontrol Lendutan

Untuk kontrol lendutan dipakai COMBO8 dengan story & elemen yang sama

$$M_A = -12415.19 \text{ kgm}$$

$$M_B = -23460.21 \text{ kgm}$$



$$M_s = 13432 \text{ kgm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{800}{360} = 2.22 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^e &= \frac{5}{48} \times \frac{L^2}{ExI} (M_s - 0.1 (M_A + M_B)) \\ &= \frac{5}{48} \times \frac{800^2}{2000000 \times 29635.68} (13432 - 0.1 (12415.19 + 23460.2)) \\ &= 0.011 \text{ cm} \\ f^e < f_{ijin} \rightarrow 0.011 \text{ cm} &< 2.22 \text{ cm} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

6.4. Perhitungan Kontrol Dimensi Balok Interior

Dari hasil output ETABS Story 15 element B21 akibat kombinasi COMBO6, diperoleh :

$$M_u = -38735.9 \text{ kg.m}$$

$$V_u = -25047 \text{ kg}$$

Direncanakan profil W 18 x 50 :

$$F_y = 42 \text{ ksi} = 290 \text{ Mpa} \quad r_y = 1.65 \text{ in} = 4.191 \text{ cm}$$

$$Z_x = 101 \text{ in}^3 = 1655.09 \text{ cm} \quad S_x = 88.9 \text{ in}^3 = 1456.811 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 800 \text{ in}^4 = 33298.517 \text{ cm}^4$$

Kontrol Tekuk Lokal

$$\text{Pelat sayap : } \lambda = \frac{b_t}{2t_f} = 6.6 \quad \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{290}} = 9.98$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow 6.6 < 9.98$, maka penampang kompak

$$\text{Pelat badan : } \lambda = \frac{h}{t_w} = 45.2 \quad \lambda_p = \frac{1682}{\sqrt{f_y}} = \frac{1682}{\sqrt{290}} = 98.77$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow 45.2 < 98.77$, maka penampang kompak

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_n = Z_x \times F_y &= 1655.09 \times 2900 = 4799761 \text{ kg.cm} \\ &= 47997.61 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Mu} < \text{Mn} \rightarrow 38735.90 \text{ kg/m} < 0.9 \times 47997.61 \text{ kg.cm}$$

$$38735.90 \text{ kg/m} < 43197.85 \text{ kg.m} \quad (\text{OK})$$

Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 400 \text{ cm}$$

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 4.19 \text{ cm} \times \sqrt{\frac{200000}{290}} = 193.70 \text{ cm}$$

$$L_r = \frac{r_y X_1}{(f_y - f_r)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2(f_y - f_r)^2}} ; f_r = 70 \text{ Mpa} = 9.96 \text{ ksi}$$

$$= \frac{1.65 \times 1920}{(42 - 9.96)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 1.2E - 2(42 - 9.96)^2}}$$

$$= 214.48 \text{ in}$$

$$= 544.8 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow 193.70 < 400 < 544.8 \text{ (bentang menengah)}$$

$$M_A = -20539.08 \text{ kg.m}$$

$$M_B = 4190.74 \text{ kg.m}$$

$$M_C = 16975.1 \text{ kg.m}$$

$$M_{\max} = 38735.90 \text{ kg.m}$$

$$C_b = \frac{12.5 M_{\max}}{2.5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

$$C_b = \frac{12.5 \times 38735.9}{2.5 \times 38735.9 + 3 \times 20539.08 + 4 \times 4190.74 + 3 \times 16975.1}$$

$$C_b = 2.14 < 2.3 \rightarrow \text{dipakai } C_b = 2.14$$

$$M_r = S_x \times (f_y - f_r) = 1456.81 \times (2900 - 700) = 3204984.911 \text{ kg.cm}$$

$$M_p = Z_x \times f_y = 1655.09 \times 2900 = 4799761.38 \text{ kg.cm}$$

$$M_y = S_x \times f_y = 1456.81 \times 2900 = 424752.837 \text{ kg.cm}$$

$$M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_o} \right] \leq M_p$$

$$M_n = 2.14 \left[3204985 + (4799761.4 - 3204985) \frac{544.78 - 400}{544.78 - 193.70} \right] \leq M_p$$

$$= 8270324.997 \text{ kg.cm}$$

Jadi dipakai $M_n = 4799761.38 \text{ kg.cm} = 47997.61 \text{ kg.cm}$

$M_u < \phi M_n \rightarrow 38735.90 \text{ kg m} < 0.9 \times 47997.61 \text{ kg m}$

$38735.90 \text{ kg m} < 43197.85 \text{ kg m}$ (OK)

Kontrol Kuat Geser

$$\frac{h}{t_w} = 45.2 \quad 2.45 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2.45 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 64.34$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2.45 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow 45.2 \leq 64.34$$

$$\begin{aligned} \text{maka } V_n &= 0.6 f_y A_w = 0.6 \times 2900 \times (45.72 \times 0.9) \\ &= 73040 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u < \phi V_n \rightarrow 25047 \text{ kg} < 0.9 \times 73040 \text{ kg}$$

$$25047 \text{ kg} < 65735.86 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

Kontrol Lendutan

Untuk kontrol lendutan dipakai COMBO8 dengan story & elemen yang sama

$$M_A = -31189.3 \text{ kgm}$$

$$M_B = -25062.99 \text{ kgm}$$

$$M_S = 23581.56 \text{ kgm}$$

$$f_{lin} = \frac{L}{360} = \frac{800}{360} = 2.2 \text{ cm}$$

$$f^e = \frac{5}{48} \times \frac{L^2}{ExI} (M_S - 0.1(M_A + M_B))$$

$$\begin{aligned} f^e &= \frac{5}{48} \times \frac{800^2}{2000000 \times 33298.5176} (23581.56 - 0.1(31189.3 + 25062.99)) \\ &= 0.018 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f^e < f_{lin} \rightarrow 0.018 \text{ cm} < 2.22 \text{ cm} \text{ (OK)}$$

6.5. Perhitungan Kontrol Dimensi Kolom Eksterior Bawah

Direncanakan profil W 14 x 311

$$\begin{array}{ll} A = 91.4 \text{ in}^2 = 589.67 \text{ cm}^2 & r_x = 6.88 \text{ in} = 17.48 \text{ cm} \\ I_x = 4330 \text{ in}^4 = 180228.20 \text{ cm}^4 & r_y = 4.20 \text{ in} = 10.67 \text{ cm} \\ I_y = 1610 \text{ in}^4 = 67013.26 \text{ cm}^4 & Z_x = 603 \text{ in}^3 = 9881.40 \text{ cm}^3 \\ S_x = 506 \text{ in}^3 = 8291.86 \text{ cm}^3 & Z_y = 304 \text{ in}^3 = 4981.67 \text{ cm}^3 \\ S_y = 199 \text{ in}^3 = 3261.03 \text{ cm}^3 & F_y = 50 \text{ ksi} = 345 \text{ Mpa} \end{array}$$

Dari hasil analisa ETABS Story 1 elemen C26 COMBO 6, diperoleh :

$$P_u = -1232239 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = -1161.602 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = -9056.212 \text{ kgm}$$

Kontrol Penampang

$$\lambda_c = \frac{b_f}{2t_f} = 3.6 \quad \lambda_r = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{345}} = 13.45$$

$\lambda_c < \lambda_r$ Penampang Kompak

$$\lambda_c = \frac{h}{t_w} = 5.2 \quad \lambda_r = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{345}} = 35.80$$

$\lambda_c < \lambda_r$ Penampang Kompak

Kontrol Kekakuan Pelat

Terhadap sumbu y :

Kontrol kekuatan portal

$$G = \frac{\sum \left[\frac{I_c}{L_c} \right]}{\sum \left[\frac{I_b}{L_b} \right]}$$

$$\begin{aligned} G_A &= \frac{(67013.26/400) + (67013.26/400)}{(29635.68/800) + (29635.68/600)} \\ &= 3.88 \end{aligned}$$

$$G_B = 1$$

Diperoleh :

$$k_c = 1.6 \text{ (bergoyang)}$$

$$\text{maka : } \lambda_y = \frac{k_c L}{r_y} = \frac{1.6 \times 400}{10.67} = 59.9925$$

Perbandingan momen kolom dengan momen balok

$$\frac{\sum M_{p_e}}{\sum M_{p_b}} > 1$$

$$\sum M_{pc} = \sum Z_c (F_{yc} - P_{uc} / A_g)$$

$$= 4891.67(3450 - 1232239/589.67) + 4891.67(3450 - 947876.15/589.67)$$

$$= 10856738.55 \text{ kg. Cm}$$

$$\sum M_{pb} = \sum (1.1 \times R_y \times M_p \times M_y) = \sum (1.1 \times 1.5 \times M_p + M_y)$$

$$= 1 (1.1 \times 1.5 \times 4310281 + 3744775.293) = 10856738.55 \text{ kg. Cm}$$

$$\text{maka } \frac{\sum M_{p_e}}{\sum M_{p_b}} = 1.47 > 1 \text{ (OK)}$$

Terhadap sumbu X :

Kontrol kekakuan portal :

$$G = \frac{\sum \left(\frac{I_c}{L_c} \right)}{\sum \left(\frac{I_b}{L_b} \right)}$$

$$G_A = \frac{(180228.20 / 400) + (180228.20 / 400)}{(33298.5176 / 800)}$$

$$= 21.65$$

$$G_A = 1$$

Diperoleh :

$$k_c = 2.10 \text{ (bergoyang)}$$

$$\text{Maka : } \lambda_x = \frac{k_c L}{l_s} = \frac{2.10 \times 400}{17.48} = 48.07$$

Perbandingan momen kolom dengan momen balok :

$$\frac{\Sigma M_{pc}}{\Sigma M_{pb}} > 1$$

$$\begin{aligned}\Sigma M_{pc} &= \Sigma Zc (Fyc - Puc / Ag) \\&= 9881.40 (3450 - 1232239/589.67) + 9881.40 (3450 - 947876.15/589.67) \\&= 31648366.68 \text{ kg. Cm} \\ \Sigma M_{pb} &= \Sigma (1.1 \times Ry \times Mp \times My) \\&= 2 (1.1 \times 1.5 \times 43102819 + 3744775.293) = 21713477.11 \text{ kg. Cm}\end{aligned}$$

$$\frac{\Sigma M_{pc}}{\Sigma M_{pb}} = 1.46 > 1 (\text{OK})$$

$$\lambda_{\text{terbesar}} = \lambda_y = 59.99$$

$$\lambda_{cy} = \frac{k_y L}{r_y \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

$$\lambda_{cy} = \frac{1.60}{10.67} \times \frac{400}{3.14} \times \sqrt{\frac{3450}{2000000}} = 0.794 \leq 1.5$$

$$\begin{aligned}f_{cr} &= \left(0.658^{\lambda_{cy}^2}\right) f_y \quad \left(\frac{0.877}{0.793527^2}\right) 3450 \\&= \left(0.658^{0.8^2}\right) 3450 \\&= 2650.69 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$P_n = Ag \times f_{cr} = 589.67 \times 2650.69 = 1563031.281 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{1232239}{1406728.153} = 0.88 > 0.2$$

Kontrol Tekuk Lokal

$$\text{Pelat sayap : } \lambda = \frac{b_t}{2t_t} = 3.6 \quad \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{345}} = 9.158$$

$\lambda < \lambda_p$, maka penampang kompak

$$\text{Pelat badan : } \lambda = \frac{h}{t_w} = 8.1 \quad \lambda_p = \frac{1682}{\sqrt{f_y}} = \frac{1682}{\sqrt{345}} = 90.56$$

$\lambda < \lambda_p$ maka penampang kompak

Karena penampang kompak, maka :

$$\begin{aligned}
 M_{nx} &= M_{px} \leq 1.5 M_y \\
 &= (Z_x \times F_y) \leq 1.5 (S_x \times F_y) \\
 &= (9881.40 \times 3450) \leq 1.5 (8291.86 \times 3450) \\
 &= 34090828.59 \text{ kg.cm} \leq 42910351.67 \text{ kg.cm} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ny} &= M_{px} \leq 1.5 M_y \\
 &= (Z_y \times F_y) \leq 1.5 (S_y \times F_y) \\
 &= (4981.67 \times 3450) \leq 1.5 (3261.03 \times 3450) \\
 &= 17186752.72 \text{ kg.cm} \leq 16875810.24 \text{ kg.cm} \quad (\text{NOK})
 \end{aligned}$$

Jadi dipakai $M_{ny} = 16875810.24 \text{ kg.cm}$

Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 400 \text{ cm}$$

$$L_o = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 10.67 \text{ cm} \times \sqrt{\frac{200000}{345}} = 452.0653 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p \rightarrow 400 < 452.0653 \text{ (bentang pendek)}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nx} &= M_{px} = Zx \times f_y = 9881.40 \times 3450 = 34090828.59 \text{ kg.cm} \\
 &= 340908.2859 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Kontrol Tekan Lentur

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = 0.88 \geq 0.2$$

$$0.88 + \frac{8}{9} \left[\frac{1161.602}{306817.4573} - \frac{9056.212}{151882.2922} \right] \leq 1.0$$

$$0.93 \leq 1 \quad (\text{OK})$$

6.6. Perhitungan Kontrol Dimensi Kolom Eksterior Atas

Direncanakan profil W 14 x 283

$$\begin{aligned}
 A &= 83.3 \text{ in}^2 = 537.41 \text{ cm}^2 & r_x &= 6.79 \text{ in} = 17.25 \text{ cm} \\
 I_x &= 3840 \text{ in}^4 = 159832.87 \text{ cm}^4 & r_y &= 4.17 \text{ in} = 10.59 \text{ cm} \\
 I_y &= 1440 \text{ in}^4 = 59937.32 \text{ cm}^4 & Z_x &= 542 \text{ in}^3 = 8881.79 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$S_x = 459 \text{ in}^3 = 7521.66 \text{ cm}^3 \quad Z_y = 274 \text{ in}^3 = 4490.06 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 179 \text{ in}^3 = 2933.28 \text{ cm}^3 \quad F_y = 50 \text{ ksi} = 345 \text{ Mpa}$$

Dari hasil analisa ETABS Story 30 elemen C5 COMBO 6, diperoleh :

$$P_u = -46410.1 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = -468.98 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = -19620.6 \text{ kgm}$$

Kontrol Penampang

$$\lambda_c = \frac{b_i}{2t_i} = 3.9 \quad \lambda_r = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{345}} = 13.45$$

$\lambda_c < \lambda_r$ Penampang Kompak

$$\lambda_c = \frac{h}{t_{eq}} = 5.2 \quad \lambda_r = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{345}} = 35.80$$

$\lambda_c = \lambda_r$ Penampang Kompak

Kontrol Kekakuan Pelat

Terhadap sumbu y :

Kontrol kekuatan portal

$$G = \frac{\sum \left[\begin{array}{c} I_c \\ L_c \end{array} \right]}{\sum \left[\begin{array}{c} I_b \\ L_b \end{array} \right]}$$

$$G_A = \frac{(59937.32/400) + (59937.32/400)}{(33298.5176/800)}$$

$$= 7.2$$

$$G_B = \frac{(59937.32/400) + (67013.26/400)}{(33298.5176/800)}$$

$$G_B = 7.625$$

Diperoleh :

$$k_c = 2.7 \text{ (bergoyang)}$$

$$\text{maka } \lambda_y = \frac{K_c L}{r_y} = \frac{2.7 \times 400}{10.59} = 101.9657$$

Perbandingan momen kolom dengan momen balok

$$\frac{\Sigma M_p_c}{\Sigma M_p_b} > 1$$

$$\begin{aligned}\Sigma M_p c &= \Sigma Z_c (F_y c - P_u c / A_g) \\ &= 4490.06(3450 - 46410.1/537.41) + 4490.06(3450 - 35700.08/537.41) \\ &= 30295356.86 \text{ kg. Cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma M_p b &= \Sigma (1.1 \times R_y \times M_p \times M_y) = \Sigma (1.1 \times 1.5 \times M_p + M_y) \\ &= 1 (1.1 \times 1.5 \times 4310280.764 + 3744775.293) = 10856738.55 \text{ kg. Cm}\end{aligned}$$

maka $\frac{\Sigma M_p c}{\Sigma M_p b} = 2.79 > 1$ (OK)

Terhadap sumbu x :

Kontrol kekakuan portal :

$$G = \frac{\sum \left(\frac{I_c}{L_c} \right)}{\sum \left(\frac{I_b}{L_b} \right)}$$

$$\begin{aligned}G_A &= \frac{(159832.87 / 400) + (159832.87 / 400)}{(29635.68 / 800) + (29635.68 / 800)} \\ &= 10.79\end{aligned}$$

$$G_B = \frac{(159832.87 / 400) + (180228.20 / 400)}{(29635.68 / 800) + (29635.68 / 800)}$$

$$G_B = 11.47$$

Diperoleh :

$$k_c = 3.10 \text{ (bergoyang)}$$

$$\text{Maka } \lambda_x = \frac{k_c L}{i_x} = \frac{3.10 \times 400}{17.25} = 71.90$$

Perbandingan momen kolom dengan momen balok :

$$\frac{\Sigma M_p z}{\Sigma M_p b} > 1$$

$$\begin{aligned}\Sigma M_p c &= \Sigma Z_c (F_y c - P_u c / A_g) \\ &= 8881.79 (3450 - 46410.1/537.41) + 8881.79(3450 - 35700.08/537.41) \\ &= 59927311.75 \text{ kg. Cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma M_{pb} &= \Sigma (1.1 \times R_y \times M_p \times M_y) \\ &= 2 (1.1 \times 1.5 \times 43102810.764 + 3744775.293) = 21713477.11 \text{ kg. Cm}\end{aligned}$$

$$\frac{\Sigma M_{p_c}}{\Sigma M_{p_u}} = 2.76 > 1 \text{ (OK)}$$

$$\lambda_{\text{terbesar}} = \lambda_y = 101.97$$

$$\lambda_{cy} = \frac{k_y L}{r_y \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

$$\lambda_{cy} = \frac{2.7}{10.59} \times \frac{400}{3.14} \sqrt{\frac{3450}{2000000}} = 1.349 \leq 1.5$$

$$\begin{aligned}f_{cr} &= (0.658^{\lambda_{cy}^2}) f_y \\ &= (0.658^{1.3^2}) 3450 \\ &= 1611.27 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$P_n = A_g \times f_{cr} = 589.67 \times 2650.69 = 865916.5595 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{46410.1}{779324.9035} = 0.06 < 0.2$$

Kontrol Tekuk Lokal

$$\text{Pelat sayap : } \lambda = \frac{b_t}{2t_w} = 3.9 \quad \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{345}} = 9.152492$$

$\lambda < \lambda_p$, maka penampang kompak

$$\text{Pelat badan : } \lambda = \frac{h}{t_w} = 8.8 \quad \lambda_p = \frac{1682}{\sqrt{f_y}} = \frac{1682}{\sqrt{345}} = 90.55584$$

$\lambda < \lambda_p$, maka penampang kompak

Karena penampang kompak, maka :

$$\begin{aligned}M_{nx} &= M_{px} \leq 1.5 M_y \\ &= (Z_x \times F_y) \leq 1.5 (S_x \times F_y) \\ &= (8881.40 \times 3450) \leq 1.5 (7521.66 \times 3450) \\ &= 30642170.97 \text{ kg.cm} \leq 38924607.55 \text{ kg.cm} \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

$$M_{ny} = M_{px} \leq 1.5 M_y$$

$$\begin{aligned}
 &= (Z_y \times F_y) \leq 1.5 (S_y \times F_y) \\
 &= (4490.06 \times 3450) \leq 1.5 (2933.28 \times 3450) \\
 &= 15490691.60 \text{ kg.cm} \leq 15179748.91 \text{ kg.cm} \quad (\text{NOK})
 \end{aligned}$$

Jadi dipakai $M_{ny} = 15179748.91 \text{ kg.cm}$

Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 400 \text{ cm}$$

$$L_o = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 10.59 \text{ cm} \times \sqrt{\frac{200000}{345}} = 448.8362 \text{ cm}$$

$$L_b < L_o \rightarrow 400 < 448.8362 \text{ (bentang pendek)}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nx} &= M_{px} = Zx \times f_y = 8881.40 \times 3450 = 30642170.97 \text{ kg.cm} \\
 &\quad = 306421.7097 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Kontrol Tekan Lentur

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = 0.06 \leq 0.2$$

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left[\frac{M_{muy}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{muy}}{\phi_o M_{ny}} \right] \leq 1.0$$

$$0.06 + \left[\frac{468.98}{275779.5388} + \frac{19620.6}{136617.7402} \right] \leq 1.0$$

$$0.18 \leq 1 \text{ (OK)}$$

6.7. Perhitungan Kontrol Dimensi Kolom Interior Bawah

Direncanakan profil W 14 x 500

$$\begin{aligned}
 A &= 147.0 \text{ in}^2 = 948.38 \text{ cm}^2 & r_x &= 7.48 \text{ in} = 19 \text{ cm} \\
 I_x &= 8210 \text{ in}^4 = 341726 \text{ cm}^4 & r_y &= 4.43 \text{ in} = 11.25 \text{ cm} \\
 I_y &= 2880 \text{ in}^4 = 119874.65 \text{ cm}^4 & Z_x &= 1050 \text{ in}^3 = 17206.42 \text{ cm}^3 \\
 S_x &= 838 \text{ in}^3 = 13732.36 \text{ cm}^3 & Z_y &= 522 \text{ in}^3 = 8554.05 \text{ cm}^3 \\
 S_y &= 339 \text{ in}^3 = 5555.22 \text{ cm}^3 & F_y &= 50 \text{ ksi} = 345 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisa ETABS Story 1 elemen C16 COMBO 6, diperoleh :

$$P_u = -2090400 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = -17392.9 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = -5372.11 \text{ kgm}$$

Kontrol Penampang

$$\lambda_c = \frac{b_c}{2t_c} = 2.4 \quad \lambda_r = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{345}} = 13.45955$$

$\lambda_c < \lambda_r$ Penampang Kompak

$$\lambda_c = \frac{h}{t_w} = 5.2 \quad \lambda_r = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{345}} = 35.8024$$

$\lambda_c < \lambda_r$ Penampang Kompak

Kontrol Kekakuan Pelat

Terhadap sumbu y :

Kontrol kekuatan portal

$$G = \frac{\sum \left[\begin{matrix} I_c \\ L_{c,s} \end{matrix} \right]}{\sum \left[\begin{matrix} I_b \\ L_b \end{matrix} \right]}$$

$$G_A = \frac{(119874.65/400) + (119874.65/400)}{(33298.5176/800) + (33298.52/600)} \\ = 6.17$$

$$G_B = 1$$

Diperoleh :

$$k_c = 1.75 \text{ (bergoyang)}$$

$$\text{maka : } \lambda_y = \frac{K_c L}{r_y} = \frac{1.75 \times 400}{11.25} = 62.21006$$

Perbandingan momen kolom dengan momen balok

$$\frac{\Sigma M_{p_c}}{\Sigma M_{p_b}} > 1$$

$$\Sigma M_{p_c} = \Sigma Z_c (F_{yc} - P_{uc} / A_g) \\ = 8554.05(3450 - 2090400/948.38) + 8554.05(3450 - 1608000/948.38) \\ = 25664521.1 \text{ kg. Cm}$$

$$\Sigma M_{p_b} = \Sigma (1.1 \times R_y \times M_p \times M_y) = \Sigma (1.1 \times 1.5 \times M_p + M_y) \\ = 2 (1.1 \times 1.5 \times 4799761.38 + 4224752.837) = 24288718.23 \text{ kgcm}$$

$$\text{maka } \frac{\Sigma M_{p_c}}{\Sigma M_{p_b}} = 1.06 > 1 \text{ (OK)}$$

Terhadap sumbu x :

Kontrol kekakuan portal :

$$G = \frac{\sum \left(\frac{l_c}{L_c} \right)}{\sum \left(\frac{l_b}{L_b} \right)}$$

$$G_A = \frac{(341726 / 400) + (341726 / 400)}{(33298.52 / 800) + (33298.52 / 800)}$$

$$= 20.52$$

$$G_B = 1$$

Diperoleh :

$$k_c = 2.10 \text{ (bergoyang)}$$

$$\text{Maka : } \lambda_x = \frac{k_c L}{l_y} = \frac{2.10 \times 400}{19.00} = 44.21$$

Perbandingan momen kolom dengan momen balok :

$$\frac{\Sigma M_{p_u}}{\Sigma M_{p_d}} > 1$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_{p_c} &= \Sigma Z_c (F_{yc} - P_{uc} / A_g) \\ &= 17206.42(3450 - 2090400/948.38) + 17206.42(3450 - 1608000/948.38) \\ &= 51624036.91 \text{ kg. Cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_{p_b} &= \Sigma (1.1 \times R_y \times M_p \times M_y) \\ &= 2 (1.1 \times 1.5 \times 4799761.38 + 4224752.837) = 24288718.23 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\frac{\Sigma M_{p_c}}{\Sigma M_{p_b}} = 2.13 > 1 \text{ (OK)}$$

$$\lambda_{\text{terbesar}} = \lambda_y = 62.21$$

$$\lambda_{cy} = \frac{k_y L}{r_y \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

$$\lambda_{cy} = \frac{1.75 \times 400}{11.25 \times 3.14} \sqrt{\frac{3450}{2000000}} = 0.823 \leq 1.5$$

$$\begin{aligned} f_{cr} &= (0.658)^2 f_y \\ &= (0.658)^2 3450 \\ &= 2598.61 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$P_n = A_g \times f_{cr} = 948.38 \times 2598.61 = 2464453.378 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{2090400}{2218008.04} = 0.94 > 0.2$$

Kontrol Tekuk Lokal

$$\text{Pelat sayap : } \lambda = \frac{b_t}{2t_f} = 2.4 \quad \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{345}} = 9.152492$$

$\lambda < \lambda_p$, maka penampang kompak

$$\text{Pelat badan : } \lambda = \frac{h}{t_w} = 5.2 \quad \lambda_p = \frac{1682}{\sqrt{f_y}} = \frac{1682}{\sqrt{345}} = 90.55584$$

$\lambda < \lambda_p$ maka penampang kompak

Karena penampang kompak, maka :

$$\begin{aligned} M_{nx} &= M_{px} \leq 1.5 M_y \\ &= (Z_x \times F_y) \leq 1.5 (S_x \times F_y) \\ &= (17206.42 \times 3450) \leq 1.5 (13732.36 \times 3450) \\ &= 59362139.34 \text{ kg.cm} \leq 71064969.77 \text{ kg.cm} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= M_{py} \leq 1.5 M_y \\ &= (Z_y \times F_y) \leq 1.5 (S_y \times F_y) \\ &= (8554.05 \times 3450) \leq 1.5 (5555.2 \times 3450) \\ &= 29511463.56 \text{ kg.cm} \leq 28748239.56 \text{ kg.cm} \quad (\text{NOK}) \end{aligned}$$

Jadi dipakai $M_{ny} = 28748239.56 \text{ kg.cm}$

Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 400 \text{ cm}$$

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 11.25 \times \sqrt{\frac{200000}{345}} = 476.82 \text{ cm}$$

$L_b < L_p \rightarrow 400 < 476.82$ (bentang pendek)

$$M_{nx} = M_{px} = Zx \times f_y = 17206.42 \times 3450 = 59362139.34 \text{ kg.cm}$$

$$= 593621.3934 \text{ kg.m}$$

Kontrol Tekan Lentur

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = 0.94 \geq 0.2$$

$$0.94 + \frac{8}{9} \left[\frac{17392.9}{534259.2541} + \frac{5372.11}{258734.156} \right] \leq 1.0$$

$0.98 \leq 1$ (OK)

6.8. Perhitungan Kontrol Dimensi Kolom Interior Atas

Direncanakan profil W 14 x 426

$$A = 125 \text{ in}^2 = 806.44 \text{ cm}^2 \quad r_x = 7.26 \text{ in} = 18.44 \text{ cm}$$

$$I_x = 6600 \text{ in}^4 = 274712.74 \text{ cm}^4 \quad r_y = 4.34 \text{ in} = 11.02 \text{ cm}$$

$$I_y = 2360 \text{ in}^4 = 98230.62 \text{ cm}^4 \quad Z_x = 869 \text{ in}^3 = 14240.36 \text{ cm}^3$$

$$S_x = 707 \text{ in}^3 = 11585.66 \text{ cm}^3 \quad Z_y = 434 \text{ in}^3 = 7111.99 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 283 \text{ in}^3 = 4637.54 \text{ cm}^3 \quad F_y = 50 \text{ ksi} = 345 \text{ Mpa}$$

Dari hasil analisa ETABS Story 29 elemen C21 COMBO 6, diperoleh :

$$P_u = -135989 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = -700.847 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = -7037.42 \text{ kgm}$$

Kontrol Penampang

$$\lambda = \frac{b_t}{2t_f} = 2.8 \quad \lambda_r = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{345}} = 13.45$$

$\lambda < \lambda_r$ Penampang Kompak

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = 6.1 \quad \lambda_r = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{345}} = 35.80$$



$\lambda = \lambda_r$ Penampang Kompak

Kontrol Kekakuan Pelat

Terhadap sumbu y :

Kontrol kekuatan portal

$$G = \frac{\sum \left[\frac{I_c}{L_c} \right]}{\sum \left[\frac{I_b}{L_b} \right]}$$

$$G_A = \frac{(98230.62/400) + (98230.62/400)}{(33298.52/800) + (33298.52/600)}$$

$$= 5.06$$

$$G_B = \frac{(98230.62/400) + (119874.65/400)}{(33298.52/800) + (33298.52/600)}$$

$$G_B = 5.61$$

Diperoleh :

$$k_c = 2.3 \text{ (bergoyang)}$$

$$\text{maka : } \lambda_y = \frac{K_c L}{r_y} = \frac{2.3 \times 400}{11.02} = 83.45$$

Perbandingan momen kolom dengan momen balok

$$\frac{\sum M_p c}{\sum M_p b} > 1$$

$$\sum M_p c = \sum Z_c (F_{yc} - P_{uc} / A_g)$$

$$= 7111.99(3450 - 135989/806.44) + 7111.99(3450 - 104606.92/806.44)$$

$$= 46950893.18 \text{ kg. Cm}$$

$$\sum M_p b = \sum (1.1 \times R_y \times M_p \times M_y) = \sum (1.1 \times 1.5 \times M_p + M_y)$$

$$= 2 (1.1 \times 1.5 \times 4799761.38 + 4224752.837) = 24288718.23 \text{ kg.cm}$$

$$\text{maka } \frac{\sum M_p c}{\sum M_p b} = 1.93 > 1 \text{ (OK)}$$

Terhadap sumbu x :

Kontrol kekakuan portal :

$$G = \frac{\sum \left(\frac{I_c}{L_c} \right)}{\sum \left(\frac{I_b}{L_b} \right)}$$

$$G_A = \frac{(274712.74 / 400) + (274712.74 / 400)}{(33298.52 / 800) + (33298.52 / 800)} \\ = 16.5$$

$$G_B = \frac{(274712.74 / 400) + (341726 / 400)}{(33298.52 / 800) + (33298.52 / 800)}$$

$$G_B = 18.51$$

Diperoleh :

$$k_c = 1.5 \text{ (bergoyang)}$$

$$\text{Maka : } \lambda_x = \frac{k_c L}{i_x} = \frac{1.5 \times 400}{118.44} = 32.54$$

Perbandingan momen kolom dengan momen balok :

$$\frac{\sum M_{p_c}}{\sum M_{p_b}} > 1$$

$$\sum M_{p_c} = \sum Z_c (F_{yc} - P_{uc} / A_g) \\ = 14240.36(3450-135989/806.44) + 14240.36(3450-104606.92/806.44) \\ = 94009968.14 \text{ kg. Cm}$$

$$\sum M_{p_b} = \sum (1.1 \times R_y \times M_p \times M_y) \\ = 2 (1.1 \times 1.5 \times 4799761.38 + 4224752.837) = 24288718.23 \text{ kgcm}$$

$$\frac{\sum M_{p_c}}{\sum M_{p_b}} = 3.87 > 1 \text{ (OK)}$$

$$\lambda \text{ terbesar} = \lambda_y = 83.46$$

$$\lambda_{cy} = \frac{k_y L}{r_y \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

$$\lambda_{cy} = \frac{2.7}{10.59} \times \frac{400}{3.14} \sqrt{\frac{3450}{2000000}} = 1.349 \leq 1.5$$

$$\begin{aligned} f_{cy} &= (0.658^{1.3^2}) f_y \\ &= (0.658^{1.3^2}) 3450 \\ &= 2071.62 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$P_n = A_g \times f_{cr} = 806.44 \times 2071.62 = 1670642.102 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{135989}{1503577.892} = 0.09 < 0.2$$

Kontrol Tekuk Lokal

$$\text{Pelat sayap : } \lambda = \frac{b_t}{2t_t} = 2.8 \quad \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{345}} = 9.152492$$

$\lambda < \lambda_p$, maka penampang kompak

$$\text{Pelat badan : } \lambda = \frac{h}{t_w} = 6.1 \quad \lambda_p = \frac{1682}{\sqrt{f_y}} = \frac{1682}{\sqrt{345}} = 90.55584$$

$\lambda < \lambda_p$, maka penampang kompak

Karena penampang kompak, maka :

$$\begin{aligned} M_{nx} &= M_{px} \leq 1.5 M_y \\ &= (Z_x \times F_y) \leq 1.5 (S_x \times F_y) \\ &= (14240.36 \times 3450) \leq 1.5 (11585.66 \times 3450) \\ &= 49129237.23 \text{ kg.cm} \leq 59955768.05 \text{ kg.cm} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= M_{py} \leq 1.5 M_y \\ &= (Z_y \times F_y) \leq 1.5 (S_y \times F_y) \\ &= (7111.99 \times 3450) \leq 1.5 (4637.54 \times 3450) \\ &= 24536350.93 \text{ kg.cm} \leq 23999237.83 \text{ kg.cm} \quad (\text{NOK}) \end{aligned}$$

Jadi dipakai $M_{ny} = 23999237.83 \text{ kg.cm}$

Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 400 \text{ cm}$$

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 11.02 \times \sqrt{\frac{200000}{345}} = 467.13 \text{ cm}$$

$L_b < L_p \rightarrow 400 < 467.13$ (bentang pendek)

$$M_{nx} = M_{px} = Zx \times f_y = 14240.36 \times 3450 = 49129237.23 \text{ kg.cm}$$

$$= 491292.37 \text{ kg.m}$$

Kontrol Tekan Lentur

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = 0.09 \leq 0.2$$

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left[\frac{M_{mxu}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{myu}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1.0$$

$$0.09 + \left[\frac{700.847}{442163.135} + \frac{7037.42}{215993.41} \right] \leq 1.0$$

0.08 ≤ 1 (OK)

BAB VII

PERENCANAAN SAMBUNGAN

BAB VII

PERENCANAAN SAMBUNGAN

7.1. Perencanaan sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

7.1.1. Balok Anak dan Balok induk Interior

$$V_u = -25047 \text{ kg}$$

$$M_u = -38735.9 \text{ Kg}$$

Balok Anak : W 16 X 45

Balok anak terletak pada dua tumpuan sederhana sehingga sambungan yang dipakai adalah sambungan baut.

Sambungan pada badan balok anak

- ❖ Direncanakan baut dengan diameter 18 mm (M – 16 A325 M bolts) dengan ulir pada bidang geser $\rightarrow F_v = 3300 \text{ kg/cm}^2$
- ❖ Baut dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- ❖ Pelat siku dari profil $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$

Dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$

$$A_b = \frac{1}{4}\pi d^2 = \frac{1}{4}\pi \times 3.14 \times 1.6^2 = 2.01 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) &= \Phi F_v A_b m \\ &= 0.75 \times 3300 \times 2.01 \times 2 = 9947.52 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tumpu } (\Phi R_{nt}) &= \Phi 1.8 F_y d b t_p \\ &= 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 1.6 \times 0.88 \\ &= 5489.1432 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai } (\Phi R_{nt}) = 5489.1432 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = \frac{V_u}{\phi R_{nt}} = \frac{25047}{5489.1432} = 4.563007 \approx 6 \text{ buah baut}$$

Kontrol Kekuatan pelar siku

Diameter pelemahan (dengan bor) = $16 + 1.5 = 17.5 \text{ mm} = 1.75 \text{ cm}$

$$A_{nv} = (16 - 3 \times 1.75) \times 1.27 = 13.6525 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \Phi P_n &= 0.75 \times 0.6 \times F_u \times A_{nv} = 0.75 \times 0.6 \times 4150 \times 13.6525 \\ &= 25496.04375 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$Vu \leq \Phi P_n \rightarrow 25047 < 25466.04375 \text{ OK}$$

Kontrol Jarak Baut

Jarak tepi minimum = 1.5 db = 2.4 cm

Jarak tepi maksimum = (4 tp + 100 mm) atau 200 mm = 13.5 atau 20 cm

Dipasang = 3 cm

Jarak antar baut Minimum = 3 db = 4.8

Jarak antar baut Maksimum = 15 tp atau 200 mm = 13.1 cm

Dipasang = 5 cm

Sambungan pada badan balok induk interior

- ❖ Direncanakan baut dengan diameter 16 mm (M – 16 A325 M bolts) dengan ulir pada bidang geser $\rightarrow F_v = 3300 \text{ Kg/cm}^2$
- ❖ Baut dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- ❖ Pelat siku dari profil $2 \frac{1}{2} \times 2 \frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$

Dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$

$$A_b = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 1.8^2 = 2.54 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) &= \Phi F_v A_b m \\ &= 0.75 \times 3300 \times 2.54 \times 2 = 12589.83 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tumpu } (\Phi R_{nt}) &= \Phi 1.8 F_y d b t_p \\ &= 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 1.8 \times 0.90 \\ &= 6354.2799 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai } (\Phi R_{nt}) = 6354.2799 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = \frac{2 Vu}{\phi R_{nt}} = \frac{50094}{6354.2799} = 7.883505 \approx 8 \text{ buah}$$

Kontrol Kekuatan pelat siku

Diameter pelemahan (dengan bor) = $18 + 1.5 = 19.5 \text{ mm} = 1.95 \text{ cm}$

$A_{nv} = (24 - 4 \times 1.95) \times 1.27 = 20.574 \text{ cm}^2$

$\Phi P_n = 0.75 \times 0.6 \times F_u \times A_{nv} = 0.75 \times 0.6 \times 4150 \times 20.574 = 38421.945 \text{ kg}$

$$V_u \leq \Phi P_n \rightarrow 20.574 < 38421.945 \text{ OK}$$

Kontrol Jarak Baut

- Jarak tepi = 1.5 db s/d (4tp + 100 mm) atau 200 mm
 = 2.4 cm s/d 13.6 cm atau 20 cm dipakai 3 cm
- Jarak antar baut = 4 db s/d 16tp atau 200 mm
 = 4.8 cm s/d 13.5 cm atau 20 cm dipakai 5 cm

7.1.2. Balok Anak dan Balok Induk Eksterior

$$V_u = 16528.24 \text{ kg}$$

$$M_u = -31201.3 \text{ kg}$$

Balok Anak : W = 16 x 45

Balok anak terletak pada dua tumpuan sederhana, sehingga sambungan yang dipakai adalah sambungan baut.

Sambungan pada badan balok anak

- ❖ Direncanakan baut dengan diameter 16 mm (M – 16 A325 M bolts) dengan ulir pada bidang geser $\rightarrow F_v = 3300 \text{ Kg/cm}^2$
- ❖ Baut dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- ❖ Pelat siku dari profil $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$

Dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$

$$A_b = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 1.6^2 = 2.01 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) &= \Phi F_v A_b m \\ &= 0.75 \times 3300 \times 2.01 \times 2 = 9947.52 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tumpu } (\Phi R_{nt}) &= \Phi 1.8 F_y d b t_p \\ &= 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 1.6 \times 0.88 \\ &= 5489.1432 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai } (\Phi R_{nt}) = 5489.1432 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = \frac{V_u}{\Phi R_{nt}} = \frac{16528.24}{5489.1432} = 43.011078 \approx 4 \text{ buah}$$

Kontrol Kekuatan pelar siku

Diameter pelemahan (dengan bor) = $16 + 1.5 = 17.5 \text{ mm} = 1.75 \text{ cm}$

$$A_{nv} = (11 - 4 \times 1.75) \times 0.64 = 2.54 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}\Phi P_n &= 0.75 \times 0.6 \times F_u \times A_{nv} = 0.75 \times 0.6 \times 4150 \times 2.54 \\ &= 4743.45 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$V_u \leq \Phi P_n \rightarrow 16528.24 < 4743.45 \text{ OK}$$

Kontrol Jarak Baut

Jarak tepi minimum = 1.5 db = 2.4 cm

Jarak tepi maksimum = (4 tp + 100 mm) atau 200 mm = 13.5 atau 20 cm

Dipasang = 3 cm

Jarak antar baut Minimum = 4 db = 5.4 cm

Jarak antar baut Maksimum = 16 tp atau 200 mm = 13.1 atau 20 cm

Dipasang = 5 cm

Sambungan pada badan balok induk eksterior

- ❖ Direncanakan baut dengan diameter 16 mm (M - 16 A325 M bolts) dengan ulir pada bidang geser $\rightarrow F_v = 3300 \text{ Kg/cm}^2$
- ❖ Baut dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- ❖ Pelat siku dari profil $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$

Dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$

$$A_b = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 1.6^2 = 2.01 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) &= \Phi F_v A_b m \\ &= 0.75 \times 3300 \times 2.01 \times 1 = 4973.76 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kuat Tumpu } (\Phi R_{nt}) &= \Phi 1.8 F_y d_b t_p \\ &= 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 1.6 \times 0.914 \\ &= 5727.8016 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Dipakai } (\Phi R_{nt}) = 5727.8016 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = \frac{2V_u}{\phi R_{nt}} = \frac{16528.24}{4973.76} = 3.323088 \approx 4 \text{ buah baut}$$

Kontrol Kekuatan pelar siku

$$\text{Diameter pelemahan (dengan bor)} = 16 + 1.5 = 17.5 \text{ mm} = 1.75 \text{ cm}$$

$$A_{nv} = (24 - 4 \times 1.75) \times 0.635 = 8.89 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}\Phi P_n &= 0.75 \times 0.6 \times F_u \times A_{nv} = 0.75 \times 0.6 \times 4150 \times 8.89 \\ &= 16602.075 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$V_u \leq \Phi P_n \rightarrow 8264.12 < 16602.075 \text{ OK}$$

Kontrol Jarak Baut

$$\text{Jarak tepi minimum} = 1.5 \text{ db} = 2.4 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak tepi maksimum} = (4 \text{ tp} + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} = 13.7 \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$\text{Dipasang} = 3 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak antar baut Minimum} = 5 \text{ db} = 4.8 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak antar baut Maksimum} = 17 \text{ tp} \text{ atau } 200 \text{ mm} = 13.7 \text{ cm}$$

$$\text{Dipasang} = 5 \text{ cm}$$

7.2. PERENCANAAN SAMBUNGAN BALOK EKSTERIOR DENGAN KOLOM EKSTERIOR

7.2.1. Lantai Atas

Pada sayap Kolom

Balok Eksterior W 18 x 46 :

$$bf = 6.05 \text{ in} = 15.37 \text{ cm}$$

$$d = 18.1 \text{ in} = 45.97 \text{ cm}$$

$$tw = 0.36 \text{ in} = 0.91 \text{ cm}$$

$$tf = 0.605 \text{ in} = 1.54 \text{ cm}$$

Dari hasil analisa ETABS Story 30 elemen B1 COMBO 6 diperoleh :

$$Mu = -26290 \text{ kgm}$$

$$V_u = -14462.59 \text{ kg}$$

- Direncanakan baut dengan diameter 22 mm (M-22 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_v = 3300 \text{ kg/cm}^2$

$$A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi \cdot 2.2^2 = 3.8 \text{ cm}^2$$

- Baut dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Tebal pelat = 11 mm dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi} &= 1.5db \text{ s/d } (4tp + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 3.3 \text{ s/d } 13.5 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 3.5 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 6.6 \text{ s/d } 13.1 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 7 \text{ cm}\end{aligned}$$

Sambungan tipe tumpu yang memikul kombinasi geser dan tarik

Kontrol Geser

Kuat rencana dari satu baut :

$$V_{u \text{ tiap baut}} = \frac{V_u}{n} = \frac{14462.59}{8} = 1807.82 \text{ kg}$$

$$f_v = \frac{V_{u \text{ tiap baut}}}{A_b} = \frac{1807.82}{3.8} = 475.81 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}f_v &< \phi F_v \rightarrow 475.81 < 0.75 \times 330 \\ 475.81 &< 2475 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}\end{aligned}$$

Kontrol Tarik

Kuat tarik rencana satu baut

$$\begin{aligned}F_t &= 807 - 2.5f_v \leq 621 \text{ Mpa} \\ &= 807 - 2.5 \times 47.58 \leq 621 \text{ Mpa} \\ &= 688 \text{ Mpas} \leq 621 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

dipakai $F_t = 621 \text{ Mpa}$

$$T_d = \phi F_t A_b = 0.75 \times 6210 \times 3.8 = 17695.71 \text{ kg}$$

$$\text{Garis netral(a)} = \frac{\sum T}{bF_y} = \frac{8 \times 17695.71}{15.37 \times 2900} = 3.17 \text{ cm}$$

Kontrol momen

$$\begin{aligned}
 M_R = \phi M_n &= \frac{0.9 \times F_y \times a^2 \times b}{2} + \sum T_d \\
 &= \frac{0.9 \times 2900 \times 3.17^2 \times 15.37b}{2} + 2 \times 17695.71 \times 81.48 \\
 &= 3086059.853 \text{ kgcm} = 30860.59 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$M_u = 26290 \text{ kgm} \leq \phi M_n = 30860.59 \text{ kgm} \text{ OK}$$

Kontrol kekuatan las

$$\Phi f_n = 0.75 \times 0.6 \times 70 \times 70.3 = 2214.45 \text{ kg/cm}^2$$

$$a_{\text{eff max las badan}} = 0.707 \times \frac{4150}{70 \times 70.3} \times 0.91 = 0.55 \text{ cm}$$

$$\rightarrow t_{lw} = 0.707 \times 0.55 = 0.39 \text{ cm}$$

$$a_{\text{eff max las sayap}} = 0.707 \times \frac{4150}{70 \times 70.3} \times 1.54 = 0.92 \text{ cm}$$

$$\rightarrow t_{lf} = 0.707 \times 0.92 = 0.65 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{las}} &= 2(d - 2t_f)t_{lw} + 2(bf - t_w)t_{lf} + 2(bf \times t_{lf}) \\
 &= 2(45.97 - 2 \times 1.54) \times 0.39 + 2 \times (15.37 - 0.91) \times 0.65 + 2(15.37 \times 0.65) \\
 &= 71.70 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$Y_n = \frac{1}{2}d = \frac{1}{2}(45.97) = 22.987 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 I_x &= \frac{2}{12} t_{lw} (d - 2t_f)^3 + 2(bf - t_w)t_{lf}(\frac{1}{2}d - t_f)^2 + 2((bf \times t_{lf})(\frac{1}{2}d)^2) \\
 &= \frac{2}{12} \times 0.39 \times (45.97 - 2 \times 1.54)^3 + 2 \times (15.37 - 0.91) \times 0.65 \times (\frac{1}{2} \times 45.97 \times 1.54)^2 + \\
 &\quad 2((15.37 \times 0.65)(\frac{1}{2} \times 45.97)^2) \\
 &= 38955.80 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_x &= \frac{I_x}{Y_n} \\
 &= \frac{38955.80}{22.987} = 1694.688 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Akibat } P_u : f_{vp} = \frac{V_u}{A} = \frac{14462.59}{71.70} = 201.7 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Akibat } M_u : f_{hm} = \frac{M}{S} = \frac{2629000}{1694.68} = 1551.32 \text{ kg/cm}^2$$



$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_v^2 + f_h^2} = \sqrt{201.7^2 + 1551.32^2} = 1564.37 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} < \Phi f_n \rightarrow 1564.37 < 2214.45 \text{ (OK)}$$

Sambungan balok eksterior pada badan kolom

Badan kolom tidak memiliki kekuatan yang cukup besar dalam menerima gaya-gaya pada sambungan sehingga balok induk dipasang sejarak 50cm dari as badan kolom dengan pelat sebagai penghubung antara kolom dan balok induk tersebut. Pelat penyambung ini menggunakan sambungan las dan pelat penyambung dengan balok induk menggunakan sambungan baut.

Direncanakan :

Pelat sayap $t = 1.2 \text{ cm} = 12 \text{ mm}$

Pelat badan $t = 1.0 \text{ cm} = 10 \text{ mm}$

Kontrol kekuatan las

$$\Phi f_n = 0.75 \times 0.6 \times 70 \times 70.3 = 2214.45 \text{ kg/cm}^2$$

$$a_{\text{eff max las badan}} = 0.707 \times \frac{4150}{70 \times 70.3} \times 1.0 = 0.6 \text{ cm}$$

$$\rightarrow t_{lw} = 0.707 \times 0.6 = 0.42 \text{ cm}$$

$$a_{\text{eff max las sayap}} = 0.707 \times \frac{4150}{70 \times 70.3} \times 1.2 = 1.43 \text{ cm}$$

$$\rightarrow t_{lf} = 0.707 \times 1.43 = 1.01 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{las}} &= 2(d - 2t_f)t_{lw} + 2(b_f - t_w)t_{lf} \\ &= 2 \times (45.97 - 2 \times 1.2) \times 0.42 + 2 \times (39 - 1.0) \times 1.01 \\ &= 113.62 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_n &= \frac{1}{2}d \\ &= \frac{1}{2} \times 45.97 \\ &= 22.987 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_x &= \frac{2}{12} t_{lw} (d - 2t_f)^3 + 2(b_f - t_w)t_{lf}(\frac{1}{2}d - t_f)^2 \\ &= \frac{2}{12} \times 0.42 \times (45.97 - 2 \times 1.2)^3 + 2 \times (39 - 1.0) \times 1.01 \times (\frac{1}{2} \times 45.97 - 1.2)^2 \\ &= 42309.19 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$S_x = \frac{Ix}{Yn}$$

$$= \frac{42309.19}{22.99} = 1840.57 \text{ cm}^3$$

$$\text{Akibat Pu : } f_{vp} = \frac{V_u}{A} = \frac{14462.59}{113.62} = 127.28 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Akibat Mu : } f_{hm} = \frac{M}{S} = \frac{26290}{1840.57} = 14.82 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_{vp}^2 + f_{hm}^2} = \sqrt{127.28^2 + 14.82^2} = 128.08 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} < \Phi f_n \rightarrow 128.08 < 2214.45 \text{ (OK)}$$

Sambungan pada balok sejarak 50 cm dari muka kolom

$$Mu = 8325.59 \text{ kgm}$$

$$Vu = 10036.75 \text{ kg}$$

Pembagian beban momen :

$$Mu \text{ badan} = \frac{I_{\text{badan}}}{I_{\text{pintu}}} \times Mu = \frac{\frac{1}{2} \times 0.91 \times 45.97^3}{29635.68} \times 8325.59 = 2080.13 \text{ kgm}$$

$$Mu \text{ sayap} = Mu - Mu \text{ badan} = 8325.59 - 2080.13 = 6245.45 \text{ kgm}$$

Sambungan pada sayap balok

Direncanakan baut diameter 16 mm (M-16 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_v = 330 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{Dimana : } Ab = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 1.6^2 = 2.01 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) = \Phi F_v Ab = 0.75 \times 330 \times 2.01 \times 1 = 4973.75 \text{ kg}$$

$$\text{Kuat tumpu } (\Phi R_{nt}) = \Phi 1.8 F_y db tp = 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 1.6 \times 1.2 = 7516.8 \text{ kg}$$

Dipakai $\Phi R_{nv} = 4973.75 \text{ kg}$ (menentukan)

$$\text{Gaya kopel pada sayap} = Tu = \frac{Mu_{\text{sayap}}}{d} = \frac{624545.29}{45.97} = 13584.74 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut perlu} = n = \frac{Tu}{\phi R_{nv}} = \frac{13584.74}{4973.76} = 2.75 \approx 4 \text{ buah baut}$$

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi} &= 1.5db \text{ s/d } (4tp + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 2.4 \text{ s/d } 13.5 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 3 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 4.8 \text{ s/d } 13.1 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sambungan pada badan balok

Direncanakan baut diameter 24 mm (M-24 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser. $F_v = 3300 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{Dimana } Ab = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 2.4^2 = 4.52 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) = \Phi F_v Ab m = 0.75 \times 3300 \times 4.52 \times 2 = 22381.92 \text{ kg}$$

$$\text{Kuat tumpu } (\Phi R_{nt}) = \Phi 1.8 F_y db tp = 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 2.4 \times 1 = 9396 \text{ kg}$$

Dipakai $\Phi R_{nt} = 9396 \text{ kg}$ (menentukan)

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi} &= 1.5db \text{ s/d } (4tp + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 3.6 \text{ s/d } 13.5 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 7.2 \text{ s/d } 13.1 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 7.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan badan :

$$\begin{aligned} Mu_{\text{total}} &= Mu_{\text{badan}} + Vu \times e \\ &= 2080.14 + 10036.8 \times 0.075 = 2382.89 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\text{Perkiraan jumlah baut : } n = \sqrt{\frac{6 \times Mu_{\text{total}}}{\mu Ru}} = \sqrt{\frac{6 \times 2382.89}{8(0.7 \times 1.2 \times 9396)}} = 5.35 \approx 6 \text{ buah}$$

$$\text{Akibat } Vu \rightarrow Kuvi = \frac{Vu}{n} = \frac{10036.8}{6} = 1004 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Mu_{\text{total}} \rightarrow \sum(x^2 + y^2) = 6 \times 3.8^2 + 4 \times (7.5^2 + 15^2) = 1209.375 \text{ cm}^2$$

$$Kuvi = \frac{Mu_{\text{total}} X}{\sum(x^2 + y^2)} = \frac{283289 \times 7.5}{1209.375} = 1753 \text{ kg}$$

$$KuH = \frac{Mu_{total} X}{\sum(x^2 + y^2)} = \frac{283289 \times 15}{1209.375} = 3513.67 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} K_{total} &= \sqrt{(\Sigma Ku_v)^2 + (\Sigma Ku_h)^2} = \sqrt{(3429.62)^2 + (3513.67)^2} \\ &= 4910.01 \text{ kg} \end{aligned}$$

$K_{total} < \phi R_n \rightarrow 4910.01 \text{ kg} < 9396 \text{ kg OK}$

7.2.2. Lantai Bawah

Pada sayap Kolom

Balok Eksterior W 18 x 46 :

$$bf = 6.05 \text{ in} = 15.37 \text{ cm}$$

$$d = 18.1 \text{ in} = 45.97 \text{ cm}$$

$$tw = 0.36 \text{ in} = 0.91 \text{ cm}$$

$$tf = 0.605 \text{ in} = 1.54 \text{ cm}$$

Dari hasil analisa ETABS Story 30 elemen B1 COMBO 6 diperoleh :

$$Mu = -28879.3 \text{ kgm}$$

$$Vu = -15022.83 \text{ kg}$$

- Direncanakan baut dengan diameter 22 mm (M-22 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_v = 3300 \text{ kg/cm}^2$
 $A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2.2^2 = 3.8 \text{ cm}^2$
- Baut dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Tebal pelat = 11 mm dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi} &= 1.5db \text{ s/d } (4tp + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 3.3 \text{ s/d } 13.5 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 12.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 6.6 \text{ s/d } 13.1 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 7 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sambungan tipe tumpu yang memikul kombinasi geser dan tarik

Kontrol Geser

Kuat rencana dari satu baut :

$$V_u \text{ tiap baut} = \frac{V_u}{n} = \frac{1502.83}{8} = 1877.85 \text{ kg}$$

$$f_v = \frac{V_u \text{ tiap baut}}{A_b} = \frac{1877.85}{3.8} = 494.25 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v < \phi F_v \rightarrow 494.25 < 0.75 \times 330 \\ 494.25 < 2475 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

Kontrol Tarik

Kuat tarik rencana satu baut

$$F_t = 807 - 2.5 f_v \leq 621 \text{ Mpa} \\ = 807 - 2.5 \times 49.25 \leq 621 \text{ Mpa} \\ = 683.4 \text{ Mpa} \leq 621 \text{ Mpa}$$

dipakai $F_t = 621 \text{ Mpa}$

$$T_d = \phi F_t A_b = 0.75 \times 6210 \times 3.8 = 17695.71 \text{ kg}$$

$$\text{Garis netral(a)} = \frac{\sum T}{b F_y} = \frac{8 \times 17695.71}{15.37 \times 2900} = 3.17 \text{ cm}$$

Kontrol momen

$$M_R = \phi M_n = \frac{0.9 \times F_y \times a^2 \times b}{2} + \sum T_d \\ = \frac{0.9 \times 2900 \times 3.17^2 \times 15.37b}{2} + 2 \times 17695.71 \times 81.48 \\ = 3086059.853 \text{ kgcm} = 30860.59 \text{ kgm}$$

$$M_u = 28879.3 \text{ kgm} \leq \phi M_n = 30860.59 \text{ kgm OK}$$

Kontrol kekuatan las

$$\Phi f_n = 0.75 \times 0.6 \times 70 \times 70.3 = 2214.45 \text{ kg/cm}^2$$

$$a_{\text{eff max las badan}} = 0.707 \times \frac{4150}{70 \times 70.3} \times 0.91 = 0.55 \text{ cm}$$

$$\rightarrow t_{lw} = 0.707 \times 0.55 = 0.39 \text{ cm}$$

$$a_{eff\ max\ las\ sayap} = 0.707 \times \frac{4150}{70 \times 70.3} \times 1.54 = 0.92\ cm$$

$$\rightarrow tlf = 0.707 \times 0.92 = 0.65\ cm$$

$$\begin{aligned} A_{las} &= 2(d - 2tf)tlw + 2(bf - tw)tlf + 2(bf \times tlf) \\ &= 2(45.97 - 2 \times 1.54) \times 0.39 + 2 \times (15.37 - 0.91) \times 0.65 + 2(15.37 \times 0.65) \\ &= 71.70\ cm^2 \end{aligned}$$

$$Y_n = \frac{1}{2}d = \frac{1}{2}(45.97) = 22.987\ cm$$

$$\begin{aligned} I_x &= \frac{2}{12} tlw (d - 2tf)^3 + 2(bf - tw)tlf (\frac{1}{2}d - tf)^2 + 2((bf \times tlf)(1/2d)^2) \\ &= \frac{2}{12} \times 0.39 \times (45.97 - 2 \times 1.54)^3 + 2 \times (15.37 - 0.91) \times 0.65 \times (\frac{1}{2} \times 45.97 \times 1.54)^2 + \\ &\quad 2((15.37 \times 0.65) (\frac{1}{2} \times 45.97)^2) \\ &= 38955.80\ cm^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_x &= \frac{Ix}{Y_n} \\ &= \frac{38955.80}{22.987} = 1694.688\ cm^3 \end{aligned}$$

$$\text{Akibat Pu : } f_{vp} = \frac{Vu}{A} = \frac{15022.83}{71.70} = 209.5\ kg/cm^2$$

$$\text{Akibat Mu : } f_{hm} = \frac{M}{S} = \frac{2887930}{1694.68} = 1704.11\ kg/cm^2$$

$$f_{total} = \sqrt{f_{vp}^2 + f_{hm}^2} = \sqrt{209.5^2 + 1704.11^2} = 1709.44\ kg/cm^2$$

$$f_{total} < \Phi f_n \rightarrow 1709.44 < 2214.45 \text{ (OK)}$$

Sambungan balok eksterior pada badan kolom

Badan kolom tidak memiliki kekuatan yang cukup besar dalam menerima gaya-gaya pada sambungan sehingga balok induk dipasang sejarak 50cm dari as badan kolom dengan pelat sebagai penghubung antara kolom dan balok induk tersebut. Pelat penyambung ini menggunakan sambungan las dan pelat penyambung dengan balok induk menggunakan sambungan baut.

Direncanakan :

Pelat sayap $t = 1.2\ cm = 12\ mm$

Pelat badan $t = 0.8 \text{ cm} = 8 \text{ mm}$

Kontrol kekuatan las

$$\Phi_{fn} = 0.75 \times 0.6 \times 70 \times 70.3 = 2214.45 \text{ kg/cm}^2$$

$$a_{\text{eff max las badan}} = 0.707 \times \frac{4150}{70 \times 70.3} \times 0.8 = 0.48 \text{ cm}$$

$$\rightarrow tlw = 0.707 \times 0.48 = 0.34 \text{ cm}$$

$$a_{\text{eff max las sayap}} = 0.707 \times \frac{4150}{70 \times 70.3} \times 1.2 = 1.43 \text{ cm}$$

$$\rightarrow tlf = 0.707 \times 1.43 = 1.01 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{las}} &= 2(d - 2tf)tlw + 2(bf - tw)tlf \\ &= 2 \times (45.97 - 2 \times 1.2) \times 0.34 + 2 \times (39 - 0.8) \times 1.01 \\ &= 106.68 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_n &= \frac{1}{2}d \\ &= \frac{1}{2} \times 45.97 \\ &= 22.987 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_x &= \frac{2}{12} tlw (d - 2tf)^3 + 2(bf - tw)tlf (\frac{1}{2}d - tf)^2 \\ &= \frac{2}{12} \times 0.34 \times (45.97 - 2 \times 1.2)^3 + 2 \times (39 - 0.8) \times 1.01 \times (\frac{1}{2} \times 45.97 - 1.2)^2 \\ &= 41338.78 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_x &= \frac{I_x}{Y_n} \\ &= \frac{41338.78}{22.99} = 1798.35 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Akibat Pu : } f_{vp} = \frac{Vu}{A} = \frac{15022.83}{106.68} = 140.82 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Akibat Mu : } f_{hm} = \frac{M}{S} = \frac{28879.3}{1798.35} = 16.06 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_{vp}^2 + f_{hm}^2} = \sqrt{140.82^2 + 16.06^2} = 141.73 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} < \Phi_{fn} \rightarrow 141.73 < 2214.45 \text{ (OK)}$$

Sambungan pada balok sejauh 50 cm dari muka kolom

$$Mu = -9419.68 \text{ kgm}$$

$$Vu = 10189.95 \text{ kg}$$

Pembagian beban momen :

$$Mu \text{ badan} = \frac{I_{\text{badan}}}{I_{\text{profile}}} \times Mu = \frac{\frac{1}{2} \times 0.91 \times 45.97^3}{29635.68} \times 9419.68 = 2353.5 \text{ kgm}$$

$$Mu \text{ sayap} = Mu - Mu \text{ badan} = 9419.68 - 2353.5 = 7066.18 \text{ kgm}$$

Sambungan pada sayap balok

Direncanakan baut diameter 16 mm (M-16 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_v = 330 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{Dimana : } Ab = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 1.6^2 = 2.01 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) = \Phi F_v Ab = 0.75 \times 3300 \times 2.01 \times 1 = 4973.75 \text{ kg}$$

$$\text{Kuat tumpu } (\Phi R_{nt}) = \Phi 1.8 F_y db tp = 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 1.6 \times 1.2 = 7516.8 \text{ kg}$$

Dipakai $\Phi R_{nv} = 4973.75 \text{ kg}$ (menentukan)

$$\text{Gaya kopel pada sayap} = Tu = \frac{Mu_{\text{sayap}}}{d} = \frac{706618.6}{45.97} = 15369.96 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut perlu} = n = \frac{Tu}{\Phi R_{nv}} = \frac{15369.96}{4973.75} = 3.09 \approx 4 \text{ buah baut}$$

Kontrol jarak baut

$$\text{Jarak tepi} = 1.5db \text{ s/d } (4tp + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 2.4 \text{ s/d } 13.5 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 3 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak antar baut} = 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 4.8 \text{ s/d } 13.1 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 5 \text{ cm}$$

Sambungan pada badan balok

Direncanakan baut diameter 24 mm (M-24 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_v = 3300 \text{ kg/cm}^3$

$$\text{Dimana : } Ab = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 2.4^2 = 4.52 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) = \Phi F_v Ab = 0.75 \times 3300 \times 4.52 \times 2 = 22381.92 \text{ kg}$$

Kuat tumpu (ϕR_n) = $\phi 1.8 F_y db tp = 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 2.4 \times 0.8 = 7516.8 \text{ kg}$
 Dipakai $\phi R_n = 7516.8 \text{ kg}$ (menentukan)

Kontrol jarak baut

- Jarak tepi = 1.5db s/d (4tp + 100 mm) atau 200 mm
- = 3.6 s/d 13.5 atau 20 cm dipakai 4 cm
- Jarak antar baut = 3db s/d 15tp atau 200 mm
- = 7.2 s/d 13.1 atau 20 cm dipakai 8 cm

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan badan :

$$\begin{aligned} Mu_{\text{total}} &= Mu_{\text{badan}} + Vu \times e \\ &= 2353.49 + 10189.95 \times 0.075 = 3117.74 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\text{Perkiraan jumlah baut : } n = \sqrt{\frac{6 \times Mu_{\text{total}}}{\mu Ru}} = \sqrt{\frac{6 \times 311774.02}{8(0.7 \times 1.2 \times 7516.8)}} = 4.9 \approx 8$$

buah

$$\text{Akibat } Vu \rightarrow Kuvi = \frac{Vu}{n} = \frac{205}{8} = 25.625 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Mu_{\text{total}} \rightarrow \sum(x^2 + y^2) = 8 \times 6^2 + 4 \times (12^2 + 24^2) = 3168 \text{ cm}^2$$

$$Kuvi = \frac{Mu_{\text{total}} X}{\sum(x^2 + y^2)} = \frac{311774.02 \times 12}{3168} = 1180.96 \text{ kg}$$

$$KuH = \frac{Mu_{\text{total}} X}{\sum(x^2 + y^2)} = \frac{311774.02 \times 24}{3168} = 2361.924 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} Ku_{\text{total}} &= \sqrt{(\sum Ku_v)^2 + (\sum Ku_H)^2} = \sqrt{(1206.58)^2 + (2361.92)^2} \\ &= 2652.27 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$Ku_{\text{total}} < \phi R_n \rightarrow 2652.27 \text{ kg} < 7516.8 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

7.3. PERENCANAAN SAMBUNGAN BALOK INTERIOR DENGAN KOLOM INTERIOR

7.3.1. Lantai Atas

Pada sayap Kolom

Balok Eksterior W 18 x 50 :



$$bf = 7.524 \text{ in} = 15.37 \text{ cm}$$

$$d = 18 \text{ in} = 45.97 \text{ cm}$$

$$tw = 0.355 \text{ in} = 0.91 \text{ cm}$$

$$tf = 0.57 \text{ in} = 1.54 \text{ cm}$$

Dari hasil analisa ETABS Story 30 elemen B38 COMBO 6 diperoleh :

$$Mu = -27358.26 \text{ kgm}$$

$$Vu = -12472.58 \text{ kg}$$

- Direncanakan baut dengan diameter 20 mm (M-20 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_v = 3300 \text{ kg/cm}^2$
 $A_b = \frac{1}{4}\pi d^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2^2 = 3.14 \text{ cm}^2$
- Baut dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Tebal pelat = 15 mm dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi} &= 1.5db \text{ s/d (4tp + 100 mm)} \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 3 \text{ s/d } 13.5 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 7.8 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3db \text{ s/d } 15\text{tp} \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 6 \text{ s/d } 13.1 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sambungan tipe tumpu yang memikul kombinasi geser dan tarik

Kontrol Geser

Kuat rencana dari satu baut :

$$V_{u \text{ tiap baut}} = \frac{V_u}{n} = \frac{12472.58}{14} = 890.89 \text{ kg}$$

$$f_v = \frac{V_{u \text{ tiap baut}}}{A_b} = \frac{890.89}{3.14} = 238.72 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v < \phi F_v \rightarrow 238.72 < 0.75 \times 330$$

$$238.72 < 2475 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

Kontrol Tarik

Kuat tarik rencana satu baut

$$\begin{aligned}
 F_t &= 807 - 2.5f_v \leq 621 \text{ MPa} \\
 &= 807 - 2.5 \times 28.37 \leq 621 \text{ MPa} \\
 &= 736.1 \text{ MPa} \leq 621 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

dipakai $F_t = 621 \text{ MPa}$

$$T_d = \phi F_t A_b = 0.75 \times 6210 \times 3.14 = 14624.55 \text{ kg}$$

$$\text{Garis netral(a)} = \frac{\sum T}{bF_y} = \frac{14 \times 14624.55}{19.11 \times 2900} = 3.69 \text{ cm}$$

Kontrol momen

$$\begin{aligned}
 M_R &= \phi M_n = \frac{0.9 \times F_y \times a^2 \times b}{2} + \sum T_d \\
 &= \frac{0.9 \times 2900 \times 3.694^2 \times 19.11}{2} + 2 \times 14624.55 \times 91.86 \\
 &= 3027193.762 \text{ kgcm} = 30271.93 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$M_u = 27358.26 \text{ kgm} \leq \phi M_n = 30271.93 \text{ kgm OK}$$

Kontrol kekuatan las

$$\phi f_n = 0.75 \times 0.6 \times 70 \times 70.3 = 2214.45 \text{ kg/cm}^2$$

$$a_{\text{eff max las badan}} = 0.707 \times \frac{4150}{70 \times 70.3} \times 0.9 = 0.54 \text{ cm}$$

$$\rightarrow t_{lw} = 0.707 \times 0.54 = 0.38 \text{ cm}$$

$$a_{\text{eff max las sayap}} = 0.707 \times \frac{4150}{70 \times 70.3} \times 1.45 = 0.86 \text{ cm}$$

$$\rightarrow t_{lf} = 0.707 \times 0.86 = 0.61 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{las}} &= 2(d - 2t_f)t_{lw} + 2(b_f - t_w)t_{lf} + 2(b_f \times t_{lf}) \\
 &= 2(45.72 - 2 \times 1.45) \times 0.38 + 2 \times (19.11 - 0.9) \times 0.61 + 2(19.11 \times 0.61) \\
 &= 115.54 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_{na} &= ((b_f - t_w)t_{lf}[t_f + (d - t_f) + d + (d + d_1)] + b_f t_{lf}(d + d_1 + t_f) + 2(d - 2t_f) \\
 &\quad t_{lw}(1/2 d) + 2d_1 t_{lw}(d + 1/2 d_1)) / A_{\text{las}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \{(19.11 - 0.9) 0.61 [1.45 + (45.72 - 1.45) + 45.72 + (45.72 + 20)] + \\
 &\quad 19.11 \times 0.61 (45.72 + 20 + 1.45) + 2(45.72 - 2 \times 1.45) 0.38(1/2 \times \\
 &\quad 45.72) + 2 \times 20 \times 0.38(45.72 + 1/2 \times 20)\} / 115.54 \\
 &= 35.67 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_x &= \frac{2}{12} tlw (d - 2tf)3 + 2tlw (d - 2tf) \left[Y_{us} - \left(\frac{d - 2t_f}{2} + t_f \right) \right]^2 + \frac{2}{12} tlw d13 \\
 &\quad + 2tlw d1 \left(d + \frac{d_1}{2} - Y_{us} \right)^2 + (bf + tw)tlf [(Y_{na} - tf)2 + (d - tf - Y_{na})2 + (d \\
 &\quad - Y_{na})2 + (d + d1 - Y_{na})2] + bf tlf [Y_{na}2 + (d + d1 + tf - Y_{na})2] \\
 &= \frac{2}{12} \times 0.38(45.72 - 2 \times 1.45)^3 + 2 \times 0.38(45.72 - 2 \times 1.45) \\
 &\quad \left[35.67 - \left(\frac{45.72 - 2 \times 1.45}{2} + 1.45 \right) \right]^2 + \frac{2}{12} \times 0.38 \times 20^3 + 2 \times 0.38 \times 20 \\
 &\quad \left(45.72 + \frac{20}{2} - 35.67 \right)^2 + (19.11 \times 0.9)0.61 [(35.67 - 1.45)^2 + (45.72 - \\
 &\quad 1.45 - 35.67)^2 + (45.72 - 35.67)^2 + (45.72 + 20 - 35.67)^2] + 19.11 \times \\
 &\quad 0.61 [35.67 + (45.72 + 20 + 1.45 - 35.67)^2] \\
 &= 68342.62 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_x &= \frac{Ix}{Y_n} \\
 &= \frac{68342.63}{35.67} = 1915.939 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Akibat Pu : } f_{vp} = \frac{V_u}{A} = \frac{12472.58}{115.54} = 107.95 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Akibat Mu : } f_{hm} = \frac{M}{S} = \frac{2735826}{1915.93} = 1427.93 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_{vp}^2 + f_{hm}^2} = \sqrt{107.95^2 + 1427.93^2} = 1432 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} < \Phi f_n \rightarrow 1432 < 2214.45 \quad (\text{OK})$$

Sambungan balok eksterior pada badan kolom

Badan kolom tidak memiliki kekuatan yang cukup besar dalam menerima gaya-gaya pada sambungan sehingga balok induk dipasang sejauh 50cm dari as badan kolom dengan pelat sebagai penghubung antara kolom dan balok induk tersebut. Pelat penyambung ini menggunakan sambungan las dan pelat penyambung dengan balok induk menggunakan sambungan baut.

Direncanakan :

$$\text{Pelat sayap } t = 1.5 \text{ cm} = 15 \text{ mm}$$

$$\text{Pelat badan } t = 0.9 \text{ cm} = 9 \text{ mm}$$

Kontrol kekuatan las

$$\Phi f_n = 0.75 \times 0.6 \times 70 \times 70.3 = 2214.45 \text{ kg/cm}^2$$

$$a_{\text{eff max las badan}} = 0.707 \times \frac{4150}{70 \times 70.3} \times 0.9 = 0.54 \text{ cm}$$

$$\rightarrow tl_w = 0.707 \times 0.54 = 0.38 \text{ cm} \text{ dipakai } 0.5 \text{ cm}$$

$$a_{\text{eff max las sayap}} = 0.707 \times \frac{4150}{70 \times 70.3} \times 1.5 = 1.79 \text{ cm}$$

$$\rightarrow tl_f = 0.707 \times 1.79 = 1.26 \text{ cm} \text{ dipakai } 1.5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{las}} &= 2(d - 2tf)tl_w + 2(bf - tw)tl_f \\ &= 2 \times (45.72 - 2 \times 1.5) \times 0.5 + 2 \times (45 - 0.9) \times 1.5 \\ &= 143.95 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_n &= \frac{1}{2}d \\ &= \frac{1}{2} \times 45.72 \\ &= 22.86 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_x &= \frac{2}{12} tl_w (d - 2tf)^3 + 2(bf - tw) tl_f (\frac{1}{2}d - tf)^2 \\ &= \frac{2}{12} \times 0.5 \times (45.72 - 2 \times 1.5)^3 + 2 \times (45 - 0.9) \times 1.5 \times (\frac{1}{2} \times 45.72 - 1.5)^2 \\ &= 55818.91 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_x &= \frac{I_x}{Y_n} \\ &= \frac{55818.91}{22.86} = 2441.77 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Akibat } P_u : f_{vp} = \frac{V_u}{A} = \frac{12472.58}{143.95} = 86.64 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Akibat } M_u : f_{hm} = \frac{M}{S} = \frac{27358.26}{2441.77} = 11.20 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_{vp}^2 + f_{hm}^2} = \sqrt{86.64^2 + 11.20^2} = 87.37 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} < \Phi f_n \rightarrow 87.37 < 2214.45 \quad (\text{OK})$$

Sambungan pada balok sejauh 50 cm dari muka kolom

$$M_u = -12664.4 \text{ kgm}$$

$$V_u = 14842.82 \text{ kg}$$

Pembagian beban momen :

$$M_u \text{ badan} = \frac{l_{\text{badan}}}{l_{\text{profil}}} \times M_u = \frac{\frac{1}{2} \times 0.9 \times 45.72^3}{33298.52} \times 12664.4 = 2731.23 \text{ kgm}$$

$$M_u \text{ sayap} = M_u - M_u \text{ badan} = 12664.4 - 2731.23 = 9933.16 \text{ kgm}$$

Sambungan pada sayap balok

Direncanakan baut diameter 16 mm (M-16 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_v = 330 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{Dimana : } A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 1.6^2 = 2.01 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) = \Phi F_v A_b = 0.75 \times 3300 \times 2.01 \times 1 = 4973.75 \text{ kg}$$

$$\text{Kuat tumpu } (\Phi R_{nt}) = \Phi 1.8 F_y A_b = 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 1.6 \times 1.5 = 9396 \text{ kg}$$

Dipakai $\Phi R_{nv} = 4973.75 \text{ kg}$ (menentukan)

$$\text{Gaya kopel pada sayap} = T_u = \frac{M_u \text{ sayap}}{d} = \frac{993316.41}{45.72} = 21726.08 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut perlu} = n = \frac{T_u}{\Phi R_{nv}} = \frac{21726.08}{4973.76} = 4.37 \approx 5 \text{ buah baut}$$

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi} &= 1.5db \text{ s/d } (4tp + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 2.4 \text{ s/d } 13.5 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 3 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 4.8 \text{ s/d } 13.1 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sambungan pada badan balok

Direncanakan baut diameter 24 mm (M-24 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser. $F_v = 3300 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{Dimana : } Ab = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 2.4^2 = 4.52 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) = \Phi F_v Ab m = 0.75 \times 3300 \times 4.52 \times 2 = 22381.92 \text{ kg}$$

$$\text{Kuat tumpu } (\Phi R_{nt}) = \Phi 1.8 F_y db tp = 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 2.4 \times 0.9 = 8456.4 \text{ kg}$$

Dipakai $\Phi R_{nt} = 8456.4 \text{ kg}$ (menentukan)

Kontrol jarak baut

$$\text{Jarak tepi} = 1.5db \text{ s/d } (4tp + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 3.6 \text{ s/d } 13.5 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 4 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak antar baut} = 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 7.2 \text{ s/d } 13.1 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 8 \text{ cm}$$

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan badan :

$$\begin{aligned} Mu_{\text{total}} &= Mu_{\text{badan}} + Vu \times e \\ &= 2731.23 + 14842.82 \times 0.08 = 3918.66 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perkiraan jumlah baut : } n &= \sqrt{\frac{6 \times Mu_{\text{total}}}{\mu Ru}} = \sqrt{\frac{6 \times 391866.14}{8(0.7 \times 1.2 \times 8456.4)}} \\ &= 6.43 \approx 8 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\text{Akibat } Vu \rightarrow Ku_V = \frac{Vu}{n} = \frac{14842.82}{8} = 1855.353 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Mu_{\text{total}} \rightarrow \sum(x^2 + y^2) = 8 \times 4^2 + 4 \times (8^2 + 16^2) = 1408 \text{ cm}^2$$

$$Ku_H = \frac{Mu_{\text{total}} X}{\sum(x^2 + y^2)} = \frac{391866.14 \times 8}{1408} = 2226.51 \text{ kg}$$

$$Ku_H = \frac{Mu_{\text{total}} X}{\sum(x^2 + y^2)} = \frac{391866.14 \times 16}{1408} = 4453.024 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} Ku_{\text{total}} &= \sqrt{(\sum Ku_V)^2 + (\sum Ku_H)^2} = \sqrt{(4081.86)^2 + (4453.024)^2} \\ &= 6040.78 \text{ kg} \end{aligned}$$

$Ku_{\text{total}} < \phi R_n \rightarrow 6040.78 \text{ kg} < 8456.4 \text{ kg OK}$

7.3.2. Lantai Bawah

Pada sayap Kolom

Balok Eksterior W 18 x 50 :

$$bf = 7.524 \text{ in} = 19.11 \text{ cm}$$

$$d = 18 \text{ in} = 45.72 \text{ cm}$$

$$tw = 0.355 \text{ in} = 0.90 \text{ cm}$$

$$tf = 0.57 \text{ in} = 1.45 \text{ cm}$$

Dari hasil analisa ETABS Story 30 elemen B38 COMBO 6 diperoleh :

$$Mu = -29659.24 \text{ kgm}$$

$$Vu = 11772.67 \text{ kg}$$

- Direncanakan baut dengan diameter 20 mm (M-20 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_v = 3300 \text{ kg/cm}^2$
 $Ab = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2^2 = 3.14 \text{ cm}^2$
- Baut dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Tebal pelat = 15 mm dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi} &= 1.5db \text{ s/d } (4tp + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 3 \text{ s/d } 13.5 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 6 \text{ s/d } 13.1 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sambungan tipe tumpu yang memikul kombinasi geser dan tarik

Kontrol Geser

Kuat rencana dari satu baut :

$$Vu \text{ tiap baut} = \frac{Vu}{n} = \frac{11772.67}{14} = 840.905 \text{ kg}$$

$$f_v = \frac{Vu \text{ tiap baut}}{Ab} = \frac{840.905}{3.14} = 267.8041 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v < \phi F_v \rightarrow 267.8041 < 0.75 \times 3300$$

$$267.8041 < 2475 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

Kontrol Tarik

Kuat tarik rencana satu baut

$$\begin{aligned} F_t &= 807 - 2.5F_y \leq 621 \text{ Mpa} \\ &= 807 - 2.5 \times 26.78041 \leq 621 \text{ Mpa} \\ &= 740.0 \text{ Mpa} \leq 621 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

dipakai $F_t = 621 \text{ Mpa}$

$$T_d = \phi F_t A_b = 0.75 \times 6210 \times 3.14 = 14624.55 \text{ kg}$$

$$\text{Garis netral(a)} = \frac{\sum T}{bF_y} = \frac{14 \times 14624.55}{19.11 \times 2900} = 3.694 \text{ cm}$$

Kontrol momen

$$\begin{aligned} M_R &= \phi M_n = \frac{0.9 \times F_y \times a^2 \times b}{2} + \sum T_d \\ &= \frac{0.9 \times 2900 \times 3.694^2 \times 19.11}{2} + 2 \times 14624.55 \times 91.86 \\ &= 3027193.762 \text{ kgcm} = 30271.93 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_u = 29656.24 \text{ kgm} \leq \phi M_n = 30271.93 \text{ kgm OK}$$

Kontrol kekuatan las

$$\Phi f_n = 0.75 \times 0.6 \times 70 \times 70.3 = 2214.45 \text{ kg/cm}^2$$

$$a_{eff\ max\ las\ badan} = 0.707 \times \frac{4150}{70 \times 70.3} \times 0.9 = 0.54 \text{ cm}$$

$$\rightarrow t_{lw} = 0.707 \times 0.71 = 0.50 \text{ cm}$$

$$a_{eff\ max\ las\ sayap} = 0.707 \times \frac{4150}{70 \times 70.3} \times 1.45 = 0.86 \text{ cm}$$

$$\rightarrow t_{lf} = 0.707 \times 0.86 = 0.61 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A_{las} &= 2((d - 2t_f) + d_1)t_{lw} + 4(b_f - t_{lw})t_{lf} + 2(b_f \times t_{lf}) \\ &= 2((45.72 - 2 \times 1.45) + 20) \times 0.5 + 4 \times (19.11 - 0.9) \times 0.61 + 2(19.11 \times 0.61) \end{aligned}$$

$$= 130.58 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} Y_{na} &= \{(bf - tw) tlf [tf + (d - tf) + d + (d + d1)] + bf tlf (d + d1 + tf) + 2(d - 2tf) \\ &\quad tlw (1/2 d) + 2 d1 tlw (d + 1/2 d1)\} / A_{bas} \\ &= \{(19.11 - 0.9) 0.61 [1.45 + (45.72 - 1.45) + 45.72 + (45.72 + 20)] + \\ &\quad 19.11 \times 0.61 (45.72 + 20 + 1.45) + 2(45.72 - 2 \times 1.45) 0.5(1/2 \times 45.72) \\ &\quad + 2 \times 20 \times 0.5(45.72 + 1/2 \times 20)\} / 115.54 \\ &= 35.40 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_x &= \frac{2}{12} tlw (d - 2tf)^3 + 2 tlw (d - 2tf) \left[Y_{na} - \left(\frac{d - 2t_f}{2} + t_f \right) \right]^2 + \frac{2}{12} tlw d1^3 + \\ &\quad 2 tlw d1 \left(d + \frac{d_1}{2} - Y_{na} \right)^2 + (bf - tw) tlf [(Y_{na} - tf)2 + (d - tf - Y_{na})2 + (d \\ &\quad - Y_{na})2 + (d + d1 - Y_{na})2] + bf tlf [Y_{na}2 + (d + d1 + tf - Y_{na})2] \\ &= \frac{2}{12} \times 0.5(45.72 - 2 \times 1.45)^3 + 2 \times 0.5(45.72 - 2 \times 1.45) \\ &\quad \left[35.40 - \left(\frac{45.72 - 2 \times 1.45}{2} + 1.45 \right) \right]^2 + \frac{2}{12} \times 0.5 \times 20^3 + 2 \times 0.5 \times 20 \\ &\quad \left(45.72 + \frac{20}{2} - 35.40 \right)^2 + (19.11 \times 0.9) 0.61 [(35.40 - 1.45)^2 + (45.72 - \\ &\quad 1.45 - 35.40)^2 + (45.72 - 35.40)^2 + (45.72 + 20 - 35.40)^2] + 19.11 \times \\ &\quad 0.61 [35.40 + (45.72 + 20 + 1.45 - 35.40)^2] \\ &= 73668.90515 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_x &= \frac{I_x}{Y_n} \\ &= \frac{73668.91}{35.40} = 2081.053 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Akibat Pu : } f_{vp} = \frac{V_u}{A} = \frac{11772.67}{130.58} = 90.15 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Akibat Mu : } f_{hm} = \frac{M}{S} = \frac{2965924}{2081.052764} = 1425.20 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_{vp}^2 + f_{hm}^2} = \sqrt{90.15364^2 + 1425.20^2} = 1428.05 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} < \Phi f_n \rightarrow 1428.05 < 2214.45 \text{ (OK)}$$

Sambungan balok eksterior pada badan kolom

Badan kolom tidak memiliki kekuatan yang cukup besar dalam menerima gaya-gaya pada sambungan sehingga balok induk dipasang sejarak 50cm dari as badan kolom dengan pelat sebagai penghubung antara kolom dan balok induk tersebut. Pelat penyambung ini menggunakan sambungan las dan pelat penyambung dengan balok induk menggunakan sambungan baut.

Direncanakan :

$$\text{Pelat sayap } t = 1.5 \text{ cm} = 15 \text{ mm}$$

$$\text{Pelat badan } t = 0.9 \text{ cm} = 9 \text{ mm}$$

Kontrol kekuatan las

$$\Phi f_n = 0.75 \times 0.6 \times 70 \times 70.3 = 2214.45 \text{ kg/cm}^2$$

$$a_{\text{eff max las badan}} = 0.707 \times \frac{4150}{70 \times 70.3} \times 0.9 = 0.54 \text{ cm}$$

$$\rightarrow t_{lw} = 0.707 \times 0.54 = 0.38 \text{ cm}$$

$$a_{\text{eff max las sayap}} = 1.414 \times \frac{4150}{70 \times 70.3} \times 1.5 = 1.79 \text{ cm}$$

$$\rightarrow t_{lf} = 0.707 \times 1.79 = 1.26 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{las}} &= 2(d - 2t_f)t_{lw} + 2(bf - t_w)t_{lf} \\ &= 2 \times (45.72 - 2 \times 1.5) \times 0.38 + 2 \times (45 - 0.9) \times 1.26 \\ &= 143.95 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_n &= \frac{1}{2}d \\ &= \frac{1}{2} \times 45.72 \\ &= 22.86 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_x &= \frac{2}{12} t_{lw} (d - 2t_f)^3 + 2(bf - t_w)t_{lf} (\frac{1}{2}d - t_f)^2 \\ &= \frac{2}{12} \times 0.38 \times (45.72 - 2 \times 1.5)^3 + 2 \times (45 - 0.9) \times 1.26 \times (\frac{1}{2} \times 45.72 - 1.5)^2 \\ &= 55818.91 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$S_x = \frac{Ix}{Yn}$$

$$= \frac{55818.91}{22.86} = 2441.77 \text{ cm}^3$$

$$\text{Akibat Pu : } f_{vp} = \frac{Vu}{A} = \frac{1172.67}{143.95} = 81.78164 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Akibat Mu : } f_{hm} = \frac{M}{S} = \frac{29659.24}{2441.77} = 12.15 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_{vp}^2 + f_{hm}^2} = \sqrt{81.78164^2 + 12.15^2} = 82.68 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} < \Phi f_n \rightarrow 82.68 < 2214.45 \quad (\text{OK})$$

Sambungan pada balok sejauh 50 cm dari muka kolom

$$Mu = -12664.4 \text{ kgm}$$

$$Vu = 14842.82 \text{ kg}$$

Pembagian beban momen :

$$Mu \text{ badan} = \frac{I_{\text{badan}}}{I_{\text{profil}}} \times Mu = \frac{\frac{1}{2} \times 0.9 \times 45.72^3}{33298.52} \times 12664.4 = 2731.23 \text{ kgm}$$

$$Mu \text{ sayap} = Mu - Mu \text{ badan} = 12664.4 - 2731.23 = 9933.16 \text{ kgm}$$

Sambungan pada sayap balok

Direncanakan baut diameter 16 mm (M-16 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_v = 3300 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{Dimana : } Ab = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 1.6^2 = 2.01 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) = \Phi F_v Ab = 0.75 \times 3300 \times 2.01 \times 1 = 4973.76 \text{ kg}$$

$$\text{Kuat tumpu } (\Phi R_{nt}) = \Phi 1.8 F_y db tp = 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 1.6 \times 1.5 = 9396 \text{ kg}$$

Dipakai $\Phi R_{nv} = 4973.76 \text{ kg}$ (menentukan)

$$\text{Gaya kopel pada sayap} = Tu = \frac{Mu_{\text{sayap}}}{d} = \frac{993316.41}{45.72} = 21726.08 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut perlu} = n = \frac{Tu}{\Phi R_{nv}} = \frac{21726.08}{4973.76} = 4.37 \approx 5 \text{ buah baut}$$

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi} &= 1.5db \text{ s/d } (4tp + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 2.4 \text{ s/d } 13.7 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 3 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 4.8 \text{ s/d } 13.7 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sambungan pada badan balok

Direncanakan baut diameter 24 mm (M-24 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser. $F_v = 3300 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{Dimana } Ab = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 2.4^2 = 4.52 \text{ cm}^2$$

$$\text{Baut dengan } F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2 \text{ dan } F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) = \Phi F_v Ab = 0.75 \times 3300 \times 4.52 \times 2 = 22381.92 \text{ kg}$$

$$\text{Kuat tumpu } (\Phi R_{nt}) = \Phi 1.8 F_y db tp = 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 2.4 \times 0.9 = 8456.4 \text{ kg}$$

$$\text{Dipakai } \Phi R_{nt} = 8456.4 \text{ kg (menentukan)}$$

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi} &= 1.5db \text{ s/d } (4tp + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 3.6 \text{ s/d } 13.5 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 7.2 \text{ s/d } 13.1 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 8 \text{ cm} \end{aligned}$$

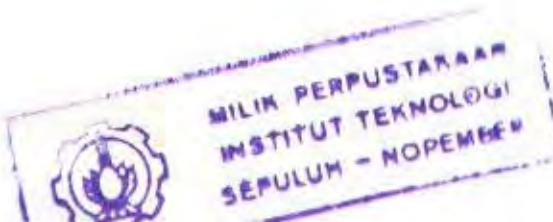
Momen yang bekerja pada titik berat sambungan badan :

$$\begin{aligned} Mu \text{ total} &= Mu \text{ badan} + Vu \times e \\ &= 2731.235874 + 14842.82 \times 0.08 = 3918.661474 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\text{Perkiraan jumlah baut : } n = \sqrt{\frac{6 \times Mu_{\text{total}}}{\mu Ru}} = \sqrt{\frac{6 \times 391866.1474}{8(0.7 \times 1.2 \times 8456.4)}} = 6.432312 \approx 8 \text{ buah}$$

$$\text{Akibat } Vu \rightarrow Kuvi = \frac{Vu}{n} = \frac{14842.82}{8} = 1855.353 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Mu \text{ total } \rightarrow \Sigma (x^2 + y^2) = 8 \times 4^2 + 4 \times (8^2 + 16^2) = 1408 \text{ cm}^2$$



$$Kuvi = \frac{Mu_{total}X}{\sum(x^2 + y^2)} = \frac{391866.1474 \times 8}{1408} = 2226.512 \text{ kg}$$

$$KuH = \frac{Mu_{total}X}{\sum(x^2 + y^2)} = \frac{391866.1474 \times 16}{1408} = 4453.024 \text{ kg}$$

$$Ku_{total} = \sqrt{(\Sigma Ku_v)^2 + (\Sigma Ku_H)^2} = \sqrt{(4081.86470)^2 + (4453.024402)^2} \\ = 6040.781883 \text{ kg}$$

$$Ku_{total} < \phi Rn \rightarrow 6040.781883 < 8456.4 \text{ kg OK}$$

7.4. PERENCANAAN SAMBUNGAN PENGAKU UNTUK BATANG TEKAN

Dari hasil analisa ETABS pada story 2 elemen D3 COMBO 6, diperoleh :

$$Pu = -56657.19 \text{ kg}$$

Sambungan pada pengaku HSS 8 x 6 x 0,5 :

- Direncanakan baut dengan diameter 20 mm (M-20 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $Fv = 3300 \text{ kg/cm}^2$
 $Ab = \frac{1}{4}\pi d^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2^2 = 3.14 \text{ cm}^2$
- Baut dengan $Fy = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $Fu = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Tebal pelat = 15 mm dengan $Fy = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $Fu = 4150 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{Kuat geser } (\Phi Rnv) = \Phi Fv Ab m = 0.75 \times 3300 \times 3.14 \times 1 = 7771.5 \text{ kg}$$

$$\text{Kuat tumpu } (\Phi Rnt) = \Phi 1.8 Fy db tp = 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 2 \times 1.5 = 11745 \text{ kg}$$

Dipakai $\Phi Rnt = 7771.5 \text{ kg}$ (menentukan)

Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{1.2 Pu}{\Phi Rnt} = \frac{28328.595}{7771.5} = 3.65 \approx 4 \text{ buah baut}$$

Kontrol kekuatan pelat

$$\text{Diameter pelemahan (dengan bor) : } 20 + 1.5 = 21.5 \text{ mm} = 2.15 \text{ cm}$$

$$Anv = (24 - 4 \times 2.15) \times 1.5 = 23.1 \text{ cm}^2$$

$$\Phi Pn = 0.75 \times 0.6 \times Fu \times Anv = 0.75 \times 0.6 \times 4150 \times 23.1 = 43139.25 \text{ kg}$$

$$P_u < \Phi P_n \rightarrow 28328.595 \text{ kg} < 43139.25 \text{ kg} (\text{OK})$$

Kontrol jarak baut

- Jarak tepi = 1.5db s/d (4tp + 100 mm) atau 200 mm
 = 3 s/d 16 atau 20 cm dipakai 3 cm
- Jarak antar baut = 3db s/d 15tp atau 200 mm
 = 6 s/d 20 cm dipakai 6 cm

Sambungan pada pelat pengaku dengan balok induk eksterior

Sambungan pada pelat pengaku

- Direncanakan baut dengan diameter 20 mm (M-20 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_v = 3300 \text{ kg/cm}^2$
 $A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2^2 = 3.14 \text{ cm}^2$
- Pelat siku dari profil L 3 x 3 x 1/2 dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Baut dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Beban yang dipikul untuk satu sisi = $\frac{1}{2}(3/5 P_u)$
 $= \frac{1}{2}(3/5 \times 56657.19) = 16997.2 \text{ kg}$

$$\text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) = \Phi F_v A_b m = 0.75 \times 3300 \times 3.14 \times 1 = 7771.5 \text{ kg}$$

$$\text{Kuat tumpu } (\Phi R_{nt}) = \Phi 1.8 F_y db tp = 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 2 \times 1.5 = 11745 \text{ kg}$$

Dipakai $\Phi R_{nt} = 7771.5 \text{ kg}$ (menentukan)

Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{P_u}{\Phi R_{nt}} = \frac{16997.2}{7771.5} = 2.19 \approx 4 \text{ buah baut}$$

Kontrol kekuatan pelat

$$\text{Diameter pelemanan (dengan bor)} : 20 + 1.5 = 21.5 \text{ mm} = 2.15 \text{ cm}$$

$$A_{nv} = (24 - 4 \times 2.15) \times 1.5 = 23.1 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0.75 \times 0.6 \times F_u \times A_{nv} = 0.75 \times 0.6 \times 4150 \times 2.31 = 43139.25 \text{ kg}$$

$$P_u < \Phi P_n \rightarrow 16997.2 \text{ kg} < 86278.5 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Kontrol jarak baut

- Jarak tepi = 1.5db s/d (4tp + 100 mm) atau 200 mm
 = 3 s/d 16 atau 20 cm dipakai 3 cm
- Jarak antar baut = 3db s/d 15tp atau 200 mm
 = 6 s/d 20 cm dipakai 6 cm

Sambungan pada sayap balok eksterior

- Direncanakan baut dengan diameter 20 mm (M-20 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_y = 3300 \text{ kg/cm}^2$
 $A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2^2 = 3.14 \text{ cm}^2$
- Pelat siku dari profil L 3 x 3 x 1/2 dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Baut dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Beban yang dipikul untuk satu sisi = $\frac{1}{2}(3/5 P_u)$
 $= \frac{1}{2}(3/5 \times 56657.19) = 16997.2 \text{ kg}$

$$\text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) = \Phi F_y A_b m = 0.75 \times 3300 \times 3.14 \times 1 = 7771.5 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\text{Kuat tumpu } (\Phi R_{nt}) &= \Phi 1.8 F_y d b t p \\ &= 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 2 \times 1.54 = 12032.361 \text{ kg}\end{aligned}$$

Dipakai $\Phi R_{nt} = 7771.5 \text{ kg}$ (menentukan)

Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{P_u}{\Phi R_{nt}} = \frac{16997.2}{7771.5} = 2.19 \approx 4 \text{ buah baut}$$

Kontrol kekuatan pelat

$$\text{Diameter pelemahan (dengan bor)} : 20 + 1.5 = 21.5 \text{ mm} = 2.15 \text{ cm}$$

$$A_{nv} = (24 - 4 \times 2.15) \times 1.27 = 19.558 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0.75 \times 0.6 \times F_u \times A_{nv} = 0.75 \times 0.6 \times 4150 \times 19.558 = 36524.565 \text{ kg}$$

$$P_u < \Phi P_n \rightarrow 16997.2 \text{ kg} < 73049.13 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Kontrol jarak baut

- Jarak tepi = 1.5db s/d (4tp + 100 mm) atau 200 mm
 = 3 s/d 16 atau 20 cm dipakai 3 cm
- Jarak antar baut = 3db s/d 15tp atau 200 mm
 = 6 s/d 20 cm dipakai 6 cm

Sambungan pada pelat pengaku dengan kolom eksterior bawah

Sambungan pada pelat pengaku

- Direncanakan baut dengan diameter 20 mm (M-20 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_v = 3300 \text{ kg/cm}^2$
 $A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2^2 = 3.14 \text{ cm}^2$
- Pelat siku dari profil L 3 x 3 x 1/2 dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Baut dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Beban yang dipikul untuk satu sisi = $\frac{1}{2}(4/5 P_u)$
 $= \frac{1}{2}(4/5 \times 56657.19) = 22662.9 \text{ kg}$

$$\text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) = \Phi F_v A_b m = 0.75 \times 3300 \times 3.14 \times 1 = 7771.5 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tumpu } (\Phi R_{nt}) &= \Phi 1.8 F_y d b t p \\ &= 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 2 \times 1.54 = 12032.361 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dipakai $\Phi R_{nt} = 7771.5 \text{ kg}$ (menentukan)

Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{P_u}{\Phi R_{nt}} = \frac{22662.9}{7771.5} = 2.92 \approx 4 \text{ buah baut}$$

Kontrol kekuatan pelat

$$\text{Diameter pelemahan (dengan bor)} : 20 + 1.5 = 21.5 \text{ mm} = 2.15 \text{ cm}$$

$$A_{nv} = (24 - 4 \times 2.15) \times 1.27 = 19.558 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0.75 \times 0.6 \times F_u \times A_{nv} = 0.75 \times 0.6 \times 4150 \times 19.558 = 36524.565 \text{ kg}$$

$P_u < \Phi P_n \rightarrow 22662.9 \text{ kg} < 36524.565 \text{ kg}$ (OK)

Kontrol jarak baut

Jarak tepi = 1.5db s/d (4tp + 100 mm) atau 200 mm

= 3 s/d 16 atau 20 cm dipakai 3 cm

Jarak antar baut = 3db s/d 15tp atau 200 mm

= 6 s/d 20 cm dipakai 6 cm

Sambungan pada sayap kolom eksterior bawah

- Direncanakan baut dengan diameter 20 mm (M-20 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_v = 3300 \text{ kg/cm}^2$
 $A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2^2 = 3.14 \text{ cm}^2$
- Pelat siku dari profil L 3 x 3 x 1/2
dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Baut dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Beban yang dipikul untuk satu sisi = $\frac{1}{2}(4/5P_u)$
 $= \frac{1}{2}(4/5 \times 56657.19) = 22662.9 \text{ kg}$

Kuat geser (ΦR_{nv}) = $\Phi F_v A_b m = 0.75 \times 3300 \times 3.14 \times 1 = 7771.5 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tumpu } (\Phi R_{nt}) &= \Phi 1.8 F_y d_b t_p \\ &= 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 2 \times 1.27 = 9944.1 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dipakai $\Phi R_{nt} = 7771.5 \text{ kg}$ (menentukan)

Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{P_u}{\Phi R_{nt}} = \frac{22662.9}{7771.5} = 2.92 \approx 4 \text{ buah baut}$$

Kontrol kekuatan pelat

Diameter pelemahan (dengan bor) : $20 + 1.5 = 21.5 \text{ mm} = 2.15 \text{ cm}$

$$A_{nv} = (24 - 4 \times 2.15) \times 1.27 = 19.558 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0.75 \times 0.6 \times F_u \times A_{nv} = 0.75 \times 0.6 \times 4150 \times 19.558 = 36524.565 \text{ kg}$$

$$P_u < \Phi P_n \rightarrow 22662.9 \text{ kg} < 36524.565 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Kontrol jarak baut

$$\text{Jarak tepi} = 1.5db \text{ s/d } (4tp + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 3 \text{ s/d } 16 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 3 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak antar baut} = 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 6 \text{ s/d } 20 \text{ cm dipakai } 6 \text{ cm}$$

7.5. PERENCANAAN SAMBUNGAN PENGAKU UNTUK BATANG TARIK

Dari hasil analisa ETABS pada story 2 elemen D3 COMBO 6, diperoleh :

$$P_u = -56375.8 \text{ kg}$$

Sambungan pada pengaku HSS 8 x 6 x 0.5 :

- Direncanakan baut dengan diameter 20 mm (M-20 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_v = 3300 \text{ kg/cm}^2$
 $A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2^2 = 3.14 \text{ cm}^2$
- Baut dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Tebal pelat = 13 mm dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) = \Phi F_v A_b m = 0.75 \times 3300 \times 3.14 \times 1 = 7771.5 \text{ kg}$$

$$\text{Kuat tumpu } (\Phi R_{nt}) = \Phi 1.8 F_y db tp = 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 2 \times 1.3 = 10179 \text{ kg}$$

$$\text{Dipakai } \Phi R_{nt} = 7771.5 \text{ kg (menentukan)}$$

Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{1/2 P_u}{\Phi R_{nt}} = \frac{28187.9}{7771.5} = 3.63 \approx 4 \text{ buah baut}$$

Kontrol kekuatan pelat

$$\text{Diameter pelemahan (dengan bor)} : 20 + 1.5 = 21.5 \text{ mm} = 2.15 \text{ cm}$$

$$A_{nv} = (24 - 4 \times 2.15) \times 1.3 = 20.02 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0.75 \times 0.6 \times F_u \times A_{nv} = 0.75 \times 0.6 \times 4150 \times 20.02 = 37387.35 \text{ kg}$$

$P_u < \Phi P_n \rightarrow 28187.9 \text{ kg} < 112162.05 \text{ kg (OK)}$

Kontrol jarak baut

Jarak tepi = 1.5db s/d (4tp + 100 mm) atau 200 mm

= 3 s/d 16 atau 20 cm dipakai 3 cm

Jarak antar baut = 3db s/d 15tp atau 200 mm

= 6 s/d 20 cm dipakai 6 cm

Sambungan pada pelat pengaku dengan balok induk eksterior

Sambungan pada pelat pengaku

- Direncanakan baut dengan diameter 20 mm (M-20 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_v = 3300 \text{ kg/cm}^2$
 $A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2^2 = 3.14 \text{ cm}^2$
- Pelat siku dari profil L 3 x 3 x 1/2
dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Baut dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Beban yang dipikul untuk satu sisi = $\frac{1}{2}(3/5P_u)$
 $= \frac{1}{2}(3/5 \times 56375.8) = 16912.7 \text{ kg}$

$$\text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) = \Phi F_v A_b m = 0.75 \times 3300 \times 3.14 \times 1 = 7771.5 \text{ kg}$$

$$\text{Kuat tumpu } (\Phi R_{nt}) = \Phi 1.8 F_y db tp = 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 2 \times 1.3 = 10179 \text{ kg}$$

Dipakai $\Phi R_{nt} = 7771.5 \text{ kg}$ (menentukan)

Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{P_u}{\Phi R_{nt}} = \frac{16912.7}{7771.5} = 2.18 \approx 4 \text{ buah baut}$$

Kontrol kekuatan pelat

$$\text{Diameter pelemahan (dengan bor)} : 20 + 1.5 = 21.5 \text{ mm} = 2.15 \text{ cm}$$

$$A_{nv} = (24 - 4 \times 2.15) \times 1.3 = 20.02 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0.75 \times 0.6 \times F_u \times A_{nv} = 0.75 \times 0.6 \times 4150 \times 20.02 = 37387.35 \text{ kg}$$

$$P_u < \Phi P_n \rightarrow 16912.7 \text{ kg} < 37387.35 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Kontrol jarak baut

Jarak tepi = 1.5db s/d (4tp + 100 mm) atau 200 mm
 = 3 s/d 16 atau 20 cm dipakai 3 cm

Jarak antar baut = 3db s/d 15tp atau 200 mm
 = 6 s/d 20 cm dipakai 6 cm

Sambungan pada sayap balok eksterior

- Direncanakan baut dengan diameter 20 mm (M-20 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_v = 3300 \text{ kg/cm}^2$
 $A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2^2 = 3.14 \text{ cm}^2$
- Pelat siku dari profil L 3 x 3 x 1/2 dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Baut dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Beban yang dipikul untuk satu sisi = $\frac{1}{2}(3/5 P_u)$
 $= \frac{1}{2}(3/5 \times 56375.8) = 16912.7 \text{ kg}$

$$\text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) = \Phi F_v A_b m = 0.75 \times 3300 \times 3.14 \times 1 = 7771.5 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\text{Kuat tumpu } (\Phi R_{nt}) &= \Phi 1.8 F_y d b t p \\ &= 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 2 \times 1.54 = 12032.361 \text{ kg}\end{aligned}$$

Dipakai $\Phi R_{nt} = 7771.5 \text{ kg}$ (menentukan)

Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{P_u}{\Phi R_{nt}} = \frac{16912.7}{7771.5} = 2.18 \approx 4 \text{ buah baut}$$

Kontrol kekuatan pelat

$$\text{Diameter pelemahan (dengan bor)} : 20 + 1.5 = 21.5 \text{ mm} = 2.15 \text{ cm}$$

$$A_{nv} = (24 - 4 \times 2.15) \times 1.27 = 19.558 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0.75 \times 0.6 \times F_u \times A_{nv} = 0.75 \times 0.6 \times 4150 \times 19.558 = 36524.565 \text{ kg}$$

$P_u < \Phi P_n \rightarrow 16912.7 \text{ kg} < 36524.565 \text{ kg}$ (OK)

Kontrol jarak baut

- Jarak tepi = 1.5db s/d (4tp + 100 mm) atau 200 mm
- = 3 s/d 16 atau 20 cm dipakai 3 cm
- Jarak antar baut = 3db s/d 15tp atau 200 mm
- = 6 s/d 20 cm dipakai 6 cm

Sambungan pada pelat pengaku dengan kolom eksterior bawah

Sambungan pada pelat pengaku

- Direncanakan baut dengan diameter 20 mm (M-20 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_v = 3300 \text{ kg/cm}^2$
 $Ab = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2^2 = 3.14 \text{ cm}^2$
- Pelat siku dari profil L 3 x 3 x 1/2
dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Baut dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Beban yang dipikul untuk satu sisi = $\frac{1}{2}(4/5P_u)$
 $= \frac{1}{2}(4/5 \times 56375.8) = 22550.3 \text{ kg}$

$$\text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) = \Phi F_v Ab m = 0.75 \times 3300 \times 3.14 \times 1 = 7771.5 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\text{Kuat tumpu } (\Phi R_{nt}) &= \Phi 1.8 F_y db tp \\ &= 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 2 \times 1.54 = 12032.361 \text{ kg}\end{aligned}$$

Dipakai $\Phi R_{nt} = 7771.5 \text{ kg}$ (menentukan)

Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{P_u}{\Phi R_{nt}} = \frac{22550.3}{7771.5} = 2.9 \approx 4 \text{ buah baut}$$

Kontrol kekuatan pelat

Diameter pelemahan (dengan bor) : $20 + 1.5 = 21.5 \text{ mm} = 2.15 \text{ cm}$

$$Anv = (24 - 4 \times 2.15) \times 1.27 = 19.558 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0.75 \times 0.6 \times F_u \times Anv = 0.75 \times 0.6 \times 4150 \times 19.558 = 36524.565 \text{ kg}$$

$$P_u < \Phi P_n \rightarrow 22550.3 \text{ kg} < 73049.13 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi} &= 1.5db \text{ s/d } (4tp + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 3 \text{ s/d } 16 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 3 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 6 \text{ s/d } 20 \text{ cm dipakai } 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sambungan pada sayap kolom eksterior bawah

- Direncanakan baut dengan diameter 20 mm (M-20 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_v = 3300 \text{ kg/cm}^2$
 $Ab = \frac{1}{4}\pi d^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2^2 = 3.14 \text{ cm}^2$
- Pelat siku dari profil L 3 x 3 x $\frac{1}{2}$
dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Baut dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Beban yang dipikul untuk satu sisi = $\frac{1}{2}(4/5P_u)$
 $= \frac{1}{2}(4/5 \times 56375.8) = 22550.3 \text{ kg}$

$$\text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) = \Phi F_v Ab m = 0.75 \times 3300 \times 3.14 \times 1 = 7771.5 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tumpu } (\Phi R_{nt}) &= \Phi 1.8 F_y db tp \\ &= 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 2 \times 1.27 = 9944.1 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dipakai $\Phi R_{nt} = 7771.5 \text{ kg}$ (menentukan)

Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{P_u}{\Phi R_{nt}} = \frac{22550.3}{7771.5} = 2.9 \approx 4 \text{ buah baut}$$

Kontrol kekuatan pelat

Diameter pelemahan (dengan bor) : $20 + 1.5 = 21.5 \text{ mm} = 2.15 \text{ cm}$

$$Anv = (24 - 4 \times 2.15) \times 1.27 = 19.558 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0.75 \times 0.6 \times F_u \times Anv = 0.75 \times 0.6 \times 4150 \times 19.558 = 36524.565 \text{ kg}$$

$$P_u < \Phi P_n \rightarrow 22550.3 \text{ kg} < 36524.565 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi} &= 1.5 \text{ db s/d } (4\text{tp} + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 3 \text{ s/d } 16 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 3 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3 \text{ db s/d } 15\text{tp} \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 6 \text{ s/d } 20 \text{ cm dipakai } 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

7.6. PERENCANAAN SAMBUNGAN PENGAKU PADA BALOK EKSTERIOR

Dari hasil analisa ETABS pada story 2 elemen D3 COMBO 6, diperoleh :

$$P_u = -56657.19 \text{ kg}$$

$$P_u = -56375.8 \text{ kg}$$

Sambungan pada pengaku HSS 8 x 6 x 0.5 :

- Direncanakan baut dengan diameter 20 mm (M-20 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_v = 3300 \text{ kg/cm}^2$
 $Ab = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2^2 = 3.14 \text{ cm}^2$
- Baut dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Tebal pelat = 13 mm dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) = \Phi F_v Ab m = 0.75 \times 3300 \times 3.14 \times 1 = 7771.5 \text{ kg}$$

$$\text{Kuat tumpu } (\Phi R_{nt}) = \Phi 1.8 F_y db tp = 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 2 \times 1.3 = 10179 \text{ kg}$$

Dipakai $\Phi R_{nt} = 7771.5 \text{ kg}$ (menentukan)

Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{1.2 P_u}{\Phi R_{nt}} = \frac{28328.595}{7771.5} = 3.65 \approx 6 \text{ buah baut}$$

Kontrol kekuatan pelat

Diameter pelemahan (dengan bor) : $20 + 1.5 = 21.5 \text{ mm} = 2.15 \text{ cm}$

$$Anv = (24 - 4 \times 2.15) \times 1.3 = 20.02 \text{ cm}^2$$

$$\Phi Pn = 0.75 \times 0.6 \times Fu \times Anv = 0.75 \times 0.6 \times 4150 \times 20.02 = 37387.35 \text{ kg}$$

$$Pu < \Phi Pn \rightarrow 28328.595 \text{ kg} < 37387.55 \text{ kg} (\text{OK})$$

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi} &= 1.5 \text{ db s/d } (4\text{tp} + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 3 \text{ s/d } 16 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 3 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3 \text{ db s/d } 15\text{tp} \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 6 \text{ s/d } 20 \text{ cm dipakai } 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sambungan pada pelat pengaku dengan balok induk eksterior

Sambungan pada pelat pengaku

- Direncanakan baut dengan diameter 20 mm (M-20 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_v = 3300 \text{ kg/cm}^2$
 $Ab = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2^2 = 3.14 \text{ cm}^2$
- Pelat siku dari profil $\angle 3 \times 3 \times \frac{1}{2}$
dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Baut dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Beban yang dipikul untuk satu sisi = $(3/5Pu)$
 $= (3/5 \times 56657.19) = 33994.3 \text{ kg}$

$$\text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) = \Phi F_v Ab m = 0.75 \times 3300 \times 3.14 \times 1 = 7771.5 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tumpu } (\Phi R_{nt}) &= \Phi 1.8 F_y db tp \\ &= 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 2 \times 1.27 = 9944.1 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dipakai $\Phi R_{nt} = 7771.5 \text{ kg}$ (menentukan)

Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{Pu}{\Phi R_{nt}} = \frac{33994.3}{7771.5} = 4.37 \approx 6 \text{ buah baut}$$

Kontrol kekuatan pelat

Diameter pelemanan (dengan bor) : $20 + 1.5 = 21.5 \text{ mm} = 2.15 \text{ cm}$

$$\text{Anv} = (30 - 6 \times 2.15) \times 1.27 = 21.72 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0.75 \times 0.6 \times F_u \times \text{Anv} = 0.75 \times 0.6 \times 4150 \times 21.72 = 40556.49 \text{ kg}$$

$$P_u < \Phi P_n \rightarrow 33994.3 \text{ kg} < 40556.49 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi} &= 1.5 \text{ db s/d } (4\text{tp} + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 3 \text{ s/d } 16 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 3 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3 \text{ db s/d } 15\text{tp} \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 6 \text{ s/d } 20 \text{ cm dipakai } 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sambungan pada sayap balok eksterior

- Direncanakan baut dengan diameter 20 mm (M-20 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_v = 3300 \text{ kg/cm}^2$

$$A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2^2 = 3.14 \text{ cm}^2$$

- Pelat siku dari profil L 3 x 3 x 1/2 dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$

- Baut dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Beban yang dipikul untuk satu sisi = $(3/5)P_u$

$$= (3/5 \times 56657.19) = 33994.3 \text{ kg}$$

$$\text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) = \Phi F_v A_b m = 0.75 \times 3300 \times 3.14 \times 1 = 7771.5 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tumpu } (\Phi R_{nt}) &= \Phi 1.8 F_y d_b t_p \\ &= 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 2 \times 1.09 = 8534.7 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dipakai $\Phi R_{nt} = 7771.5 \text{ kg}$ (menentukan)

Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{P_u}{\Phi R_{nt}} = \frac{33994.3}{7771.5} = 4.37 \approx 6 \text{ buah baut}$$

Kontrol kekuatan pelat



Diameter pelemahan (dengan bor) : $20 + 1.5 = 21.5 \text{ mm} = 2.15 \text{ cm}$

$$Anv = (30 - 6 \times 2.15) \times 1.27 = 21.72 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0.75 \times 0.6 \times F_u \times Anv = 0.75 \times 0.6 \times 4150 \times 21.72 = 40556.49 \text{ kg}$$

$$P_u < \Phi P_n \rightarrow 33994.3 \text{ kg} < 81112.995 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

Kontrol jarak baut

$$\text{Jarak tepi} = 1.5db \text{ s/d } (4tp + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 3 \text{ s/d } 16 \text{ atau } 20 \text{ cm dipakai } 3 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak antar baut} = 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 6 \text{ s/d } 20 \text{ cm dipakai } 6 \text{ cm}$$

7.7. PERENCANAAN SAMBUNGAN KOLOM INTERIOR

Dimensi kolom W 14 x 500 :

$$d = 19.6 \text{ in} = 49.78 \text{ cm}$$

$$tw = 2.19 \text{ in} = 5.56 \text{ cm}$$

$$bf = 17.0 \text{ in} = 43.18 \text{ cm}$$

$$tf = 3.50 \text{ in} = 8.9 \text{ cm}$$

Dari hasil analisa ETABS pada story 3 elemen C16 COMBO 6 :

$$Mu = -7342.597 \text{ kgm}$$

$$Vu = -2127.82 \text{ kg}$$

$$Pu = -1950911 \text{ kg}$$

Sambungan pada kolom ini terletak di tiap 3 story dengan asumsi profil baja fabrikasi sepanjang 10m

Pembagian beban momen :

$$Mu \text{ badan} = \frac{I_{\text{badan}}}{I_{\text{prof}}} \times Mu = \frac{\frac{1}{12} \times 5.56 \times 49.78^2}{341726} \times 7342.597 = 1228.95 \text{ kgm}$$

$$Mu \text{ sayap} = Mu - Mu \text{ badan} = 7342.597 - 1228.95 = 6113.63 \text{ kgm}$$

Pembagian beban aksial :

$$Pu \text{ badan} = \frac{A_{\text{badan}}}{A_{\text{prof}}} \times Pu = \frac{5.56 \times 49.78}{948.39} \times 1950911 = 569671.94 \text{ kg}$$

$$P_u \text{ sayap} = P_u - P_u \text{ badan} = 1950911 - 569671.94 = 1381239.054 \text{ kg}$$

Sambungan pada sayap kolom

- Direncanakan baut dengan diameter 36 mm (M-36 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_v = 3300 \text{ kg/cm}^2$
 $Ab = \frac{1}{4}\pi d^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 3.6^2 = 10.17 \text{ cm}^2$
- Baut dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Tebal pelat = 30 mm dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) = \Phi F_v Ab = 0.75 \times 3300 \times 10.17 \times 1 = 25179.66 \text{ kg}$$

$$\text{Kuat tumpu } (\Phi R_{nt}) = \Phi 1.8 F_y db tp = 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 3.6 \times 3 = 42282 \text{ kg}$$

Dipakai $\Phi R_{nt} = 25179.66 \text{ kg}$ (menentukan)

$$\text{Gaya kopel pada sayap} = Tu = \frac{Mu_{\text{sayap}}}{d} = \frac{611363.73}{49.78} = 12280.32 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah gaya total pada sayap} &= Tu = T + \frac{P_u_{\text{sayap}}}{4} \\ &= 12280.32 + \frac{1381239.054}{4} = 357590.09 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{Tu}{\Phi R_{nt}} = \frac{357590.09}{25179.66} = 14.20 \approx 18 \text{ buah baut}$$

Kontrol jarak baut

Jarak tepi = 1.5db s/d (4tp + 100 mm) atau 200 mm

= 5.4 s/d 20 cm dipakai 5.5 cm

Jarak antar baut = 3db s/d 15tp atau 200 mm

= 10.8 s/d 20 cm dipakai 11 cm

Sambungan pada badan kolom

- Direncanakan baut dengan diameter 36 mm (M-36 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_v = 3300 \text{ kg/cm}^2$

$$Ab = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi \cdot 3.6^2 = 10.17 \text{ cm}^2$$

- Baut dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Tebal pelat = 30 mm dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$

Kuat geser (ΦR_{nv}) = $\Phi F_v Ab m = 0.75 \times 3300 \times 10.17 \times 2 = 50359.32 \text{ kg}$

Kuat tumpu (ΦR_{nt}) = $\Phi 1.8 F_y db tp = 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 3.6 \times 2.5 = 35235 \text{ kg}$

Dipakai $\Phi R_{nt} = 35235 \text{ kg}$ (menentukan)

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi} &= 1.5db s/d (4tp + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 5.4 \text{ s/d } 20 \text{ cm dipakai } 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3db s/d 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 10.8 \text{ s/d } 20 \text{ cm dipakai } 12 \text{ cm} \end{aligned}$$

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan badan :

$$\begin{aligned} Mu_{\text{total}} &= Mu_{\text{badan}} + Vu \times e \\ &= 1228.95 + 2127.82 \times 0.1 = 1441.74 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\text{Perkiraan jumlah baut (n)} = \frac{Pu_{\text{badan}}}{(\phi R_{nt})} = \frac{569671.94}{35235} = 16.16 \approx 18 \text{ baut}$$

$$\text{Akibat } Vu ; Ku_{v1} = \frac{Vu}{n} = \frac{2127.82}{18} = 118.21 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Pu ; Ku_{H1} = \frac{Pu_{\text{badan}}}{n} = \frac{569671.94}{18} = 31648.44 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Mu_{\text{total}} = \sum(x^2 + y^2) = 18 \times 6^2 + 18 \times 6^2 = 1296 \text{ cm}^2$$

$$Ku_{v2} = \frac{Mu_{\text{total}} X}{\sum(x^2 + y^2)} = \frac{144174.165 \times 6}{1296} = 667.473 \text{ kg}$$

$$Ku_H = \frac{Mu_{\text{total}} Y}{\sum(x^2 + y^2)} = \frac{144174.165 \times 6}{1296} = 667.473 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} Ku_{\text{total}} &= \sqrt{(\sum Ku_v)^2 + (\sum Ku_H)^2} = \sqrt{(785.68)^2 + (32315.91)^2} \\ &= 32325.46 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$K_{u\text{total}} < \phi R_n \rightarrow 32325.46 < 35235 \text{ OK}$$

7.8. PERENCANAAN SAMBUNGAN KOLOM EKSTERIOR

Dimensi kolom W 14 x 311 :

$$d = 17.1 \text{ in} = 43.43 \text{ cm}$$

$$t_w = 1.41 \text{ in} = 3.58 \text{ cm}$$

$$b_f = 16.2 \text{ in} = 41.15 \text{ cm}$$

$$t_f = 2.26 \text{ in} = 5.74 \text{ cm}$$

Dari hasil analisa ETABS pada story 3 elemen C11 COMBO 6 :

$$M_u = -7797.758 \text{ kgm}$$

$$V_u = 4764.35 \text{ kg}$$

$$P_u = -1366309 \text{ kg}$$

Sambungan pada kolom ini terletak di tiap 3 story dengan asumsi profil baja fabrikasi sepanjang 10m

Pembagian beban momen :

$$M_u \text{ badan} = \frac{I_{\text{badan}}}{I_{\text{profil}}} \times M_u = \frac{\frac{1}{12} \times 3.58 \times 43.43^2}{180228.2} \times 7797.758 = 1058.05 \text{ kgm}$$

$$M_u \text{ sayap} = M_u - M_u \text{ badan} = 7797.758 - 1058.05 = 6739.70 \text{ kgm}$$

Pembagian beban aksial :

$$P_u \text{ badan} = \frac{A_{\text{badan}}}{A_{\text{profil}}} \times P_u = \frac{3.58 \times 43.43}{589.67} \times 1366309 = 360431.28 \text{ kg}$$

$$P_u \text{ sayap} = P_u - P_u \text{ badan} = 1366309 - 360431.28 = 1005877.715 \text{ kg}$$

Sambungan pada sayap kolom

- Direncanakan baut dengan diameter 36 mm (M-36 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_v = 3300 \text{ kg/cm}^2$
 $A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi \cdot 3.6^2 = 10.17 \text{ cm}^2$
- Baut dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Tebal pelat = 30 mm dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) = \Phi F_v A_b m = 0.75 \times 3300 \times 10.17 \times 1 = 25179.66 \text{ kg}$$

$$\text{Kuat tumpu } (\Phi R_{nt}) = \Phi 1.8 F_y d_b t_p = 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 3.6 \times 3 = 42282 \text{ kg}$$

Dipakai $\Phi R_{nt} = 25179.66 \text{ kg}$ (menentukan)

$$\text{Gaya kopel pada sayap} = T_u = \frac{M u_{sayap}}{d} = \frac{673970.34}{43.43} = 15517.11 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah gaya total pada sayap} &= T_u = T + \frac{P u_{sayap}}{4} \\ &= 15517.1 + \frac{1005877.715}{4} = 266986.54 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{T_u}{\Phi R_{nt}} = \frac{266986.5431}{25179.66} = 10.60 \approx 12 \text{ buah baut}$$

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi} &= 1.5 d_b \text{ s/d } (4t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 5.4 \text{ s/d } 20 \text{ cm dipakai } 5.5 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} &= 3 d_b \text{ s/d } 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 10.8 \text{ s/d } 20 \text{ cm dipakai } 11 \text{ cm}\end{aligned}$$

Sambungan pada badan kolom

- Direncanakan baut dengan diameter 36 mm (M-36 A325M Bolts) dengan ulir pada bidang geser $F_v = 3300 \text{ kg/cm}^2$
 $A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 3.6^2 = 10.17 \text{ cm}^2$
- Baut dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$
- Tebal pelat = 30 mm dengan $F_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ dan $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{Kuat geser } (\Phi R_{nv}) = \Phi F_v A_b m = 0.75 \times 3300 \times 10.17 \times 2 = 50359.32 \text{ kg}$$

$$\text{Kuat tumpu } (\Phi R_{nt}) = \Phi 1.8 F_y d_b t_p = 0.75 \times 1.8 \times 2900 \times 3.6 \times 3 = 42282 \text{ kg}$$

Dipakai $\Phi R_{nt} = 42282 \text{ kg}$ (menentukan)

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi} &= 1.5 \text{db s/d } (4\text{tp} + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 5.4 \text{ s/d } 20 \text{ cm dipakai } 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3\text{db s/d } 15\text{tp} \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 10.8 \text{ s/d } 20 \text{ cm dipakai } 12 \text{ cm} \end{aligned}$$

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan badan :

$$\begin{aligned} \text{Mu total} &= \text{Mu badan} + \text{Vu} \times e \\ &= 1058.05 + 4764.35 \times 0.1 = 1534.48 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\text{Perkiraan jumlah baut (n)} = \frac{\text{Pu}_{\text{badan}}}{(\phi R_{nt})} = \frac{360431.28}{50359.32} = 7.15 \approx 10 \text{ baut}$$

$$\text{Akibat Vu ; Ku}_{V1} = \frac{\text{Vu}}{n} = \frac{4764.35}{10} = 476.435 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat Pu ; Ku}_{H1} = \frac{\text{Pu}_{\text{badan}}}{n} = \frac{360431.28}{10} = 36043.13 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat Mu}_{\text{total}} = \sum(x^2 + y^2) = 10 \times 6^2 + 10 \times 6^2 = 720 \text{ cm}^2$$

$$\text{Ku}_{V2} = \frac{\text{Mu}_{\text{total}} X}{\sum(x^2 + y^2)} = \frac{153448.95 \times 6}{720} = 1278.741 \text{ kg}$$

$$\text{Ku}_H = \frac{\text{Mu}_{\text{total}} Y}{\sum(x^2 + y^2)} = \frac{153448.95 \times 6}{720} = 1278.741 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Ku}_{\text{total}} &= \sqrt{(\sum \text{Ku}_V)^2 + (\sum \text{Ku}_H)^2} = \sqrt{(1755.17)^2 + (37321.86)^2} \\ &= 37363.11 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Ku}_{\text{total}} < \phi R_n \rightarrow 37363.11 < 42282 \text{ OK}$$

7.9. PERENCANAAN SAMBUNGAN KOLOM INTERIOR DENGAN BASE PLATE

Profil kolom yang digunakan W 14 x 500

Dari hasil analisa ETABS, gaya yang bekerja pada dasar kolom elemen C21, DSTL 3 (1.2 D+0.5 L+1E) :

$$\text{Pu} = -2090400 \text{ kg} = -4608.529261 \text{ kips}$$

$$Mu = -17392.9 \text{ kg.m} = -1739290 \text{ kg.cm}$$

$$Vu = 209.1 \text{ kg}$$

$$\text{Direncanakan : } F_{c'} = 3 \text{ ksi} = 210.93 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_y = 50 \text{ ksi} = 3515.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Luas keseluruhan daerah beton} = A_2 = 10 \text{ ft} \times 10 \text{ ft}$$

$$= (10 \times 12) \times (10 \times 12)$$

$$= 14400 \text{ in}^2$$

6.7.1. Metode Perhitungan

Menentukan nilai A_1 (Luas pelat dasar kolom)

$$A_1 = \frac{Pu}{0.6(0.85 \times f_c)} \sqrt{\frac{A_1}{A_2}} ; \sqrt{\frac{A_1}{A_2}} \geq 2$$

$$= \frac{4608.529261}{0.6(0.85 \times 3) \times 2} = 1506.0553 \text{ in}^2$$

$$\text{Check} = \sqrt{\frac{14400}{1506.0553}} = 3.0922 \geq 2 \quad (\text{OK})$$

$$A_1 = \frac{Pu}{0.6(0.85 \times f_c)}$$

$$= \frac{4608.529261}{0.6(0.85 \times 3)} = 3012.1106 \text{ in}^2$$

$$\text{Check} = \sqrt{\frac{14400}{3012.1106}} = 2.1865 \geq 2 \quad (\text{OK})$$

$$A_1 = bf \times d$$

$$= 17 \times 19.6 = 333.2 \text{ in}^2$$

$$\text{Check} = \sqrt{\frac{14400}{333.2}} = 6.574 \geq 2 \quad (\text{OK})$$

$$\text{Dambil } A_1 = 3012.1106 \text{ in}^2$$

Menentukan besarnya N dan B

$$\Delta = 0.5 (0.95 \times d - 0.8 \times bf) = 0.5 (0.95 \times 19.6 - 0.8 \times 17)$$

$$= 2.51 \text{ in}$$

$$N \approx \sqrt{A_1} + \Delta = \sqrt{3012.1106} + 2.51 = 57.392699 \text{ in}$$

$N > d \rightarrow$ dipakai $N = 57 \text{ in}$

$$B = \frac{A_1}{N} = \frac{3012.1106}{57} = 52.844046 \text{ in} \rightarrow \text{dipakai } B = 53 \text{ in}$$

Menentukan besarnya m dan n

$$m = (N - 0.95 \times d) / 2 = (57 - 0.95 \times 19.6) / 2 = 19.9 \text{ in}$$

$$n = (B - 0.8 \times bf) / 2 = (53 - 0.8 \times 17) / 2 = 19.70 \text{ in}$$

Menentukan P_o

$$\begin{aligned} P_o &= \frac{P_u}{N \times B} \times bf \times d \\ &= \frac{4608.529261}{57 \times 53} \times 17 \times 19.6 = 508.2959119 \text{ kips} \end{aligned}$$

Menentukan A_H

$$A_H = \frac{P_o}{0.6 \times 0.85 \times \sqrt{\frac{A_2}{bf \times dfc}}} \rightarrow \frac{P_o}{0.6 \times 1.7 \times fc}$$

$$\frac{508.2959119}{0.6 \times 0.85 \times \sqrt{\frac{14400}{17 \times 19.6 \times 3}}} \rightarrow \frac{508.2959119}{0.6 \times 1.7 \times 3}$$

$$262.5900817 > 166.1097751 \quad \text{OK}$$

Menentukan nilai c

$$\begin{aligned} C &= \frac{1}{4} \left(d + bf - tf - \sqrt{(d + bf + tf)^2 - 4(A_H - tf \times bf)} \right) \\ &= \frac{1}{4} \left(19.6 + 17 - 3.5 - \sqrt{(19.6 + 17 + 3.5)^2 - 4(262.59008 - 3.5 \times 17)} \right) \\ &= 1.223184307 \text{ in} \end{aligned}$$

Menentukan tebal pelat

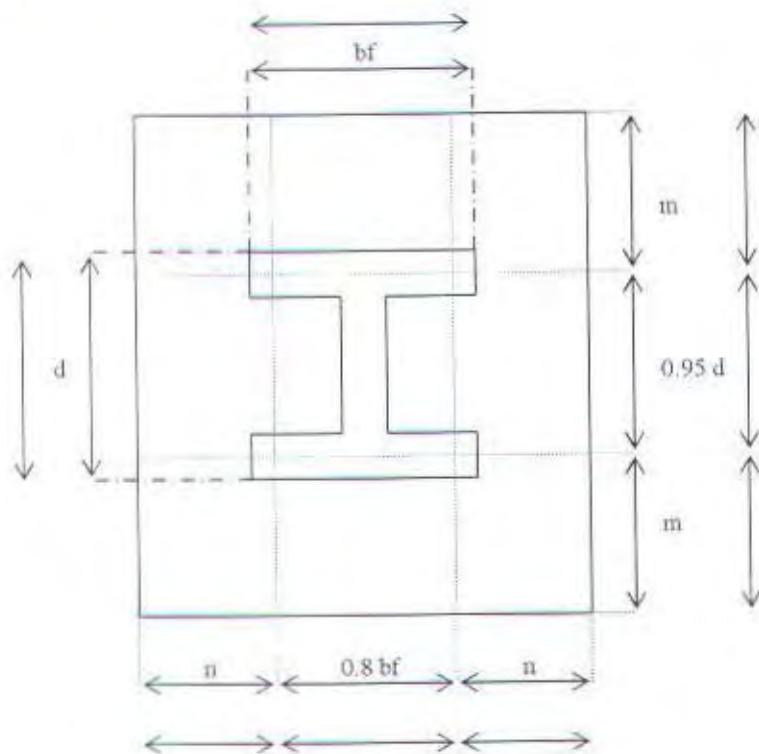
Max (m, n, λ_n)

Diambil m = 20.00

$$tp = m \sqrt{\frac{2Pu}{0.9 \times F_y \times B \times N}} = 20.00 \sqrt{\frac{2 \times 4608.5293}{0.9 \times 50 \times 53 \times 57}} = 5.2077 \text{ in}$$

Diambil tp = 6 in

Digunakan PL 6 x 53 x 57



7.9.2. Metode Perhitungan Angker

$$Pu = -2090400 \text{ kg} = -4608.529261 \text{ kips}$$

$$Mu = -17392.9 \text{ kg.m} = -1739290 \text{ kg.cm}$$

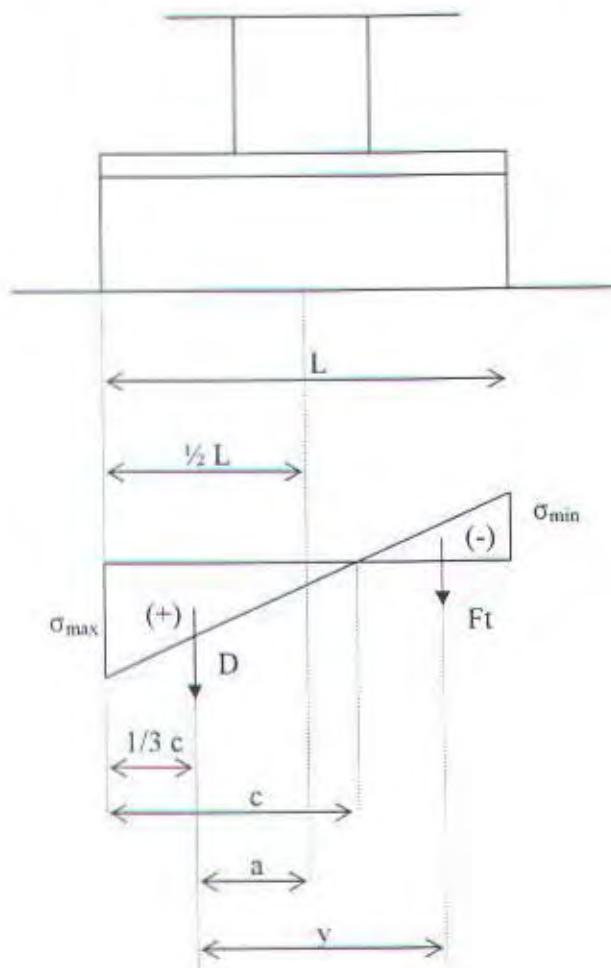
Dari perhitungan dasar kolom seperti diatas, diperoleh ukuran dasar kolom sebagai berikut :

$$B = 53 \text{ in} = 134.62 \text{ cm}$$

$$L = 57 \text{ in} = 144.78 \text{ cm}$$

$$A_{\text{dasar kolom}} = B \times L = 134.62 \times 144.78 = 19490.28 \text{ cm}^2$$

$$W_{\text{dasar kolom}} = 1/6 \times B \times L^2 = 1/6 \times 134.62 \times 144.78^2 = 470300.5433 \text{ cm}^3$$



$$L = 144.78$$

$$d = 19.6 \text{ in} = 49.784 \text{ cm}$$

Kontrol kuat Tekan Base Plate

$$P_{\text{total}} = \frac{M_u}{L - 2d'} + P_u$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1739290}{144.78 - 2 \times 23.749} + 4608.529261 = 22487.37632 \text{ kg} \\
 &= 0.6 + 0.85 + 210.9 + 22487.37632 = 2419063.767 \\
 &22487.37632 < 2419063.767 \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

Perencanaan diameter angker

Diameter angker direncanakan = 20 mm ($A_v = 3.14 \text{ cm}^2$)

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

$F_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$

$$T = C_c = \frac{M_u}{L - 2d'} = \frac{1739290}{144.78 - 2 \times 23.749} = 17878.847$$

Kekuatan Leleh

$$P_u = \phi \times F_y \times A_g$$

$$A_g \text{ perlu} = \frac{P_u}{\phi F_y} = \frac{17878.85}{0.9 \times 2400} = 8.2772 \text{ cm}^2$$

Kekuatan Putus

$$P_u = \phi \times F_u \times 0.75 \times A_g$$

$$A_g \text{ perlu} = \frac{P_u}{\phi \times F_u \times 0.75} = \frac{17878.85}{0.75 \times 3700 \times 0.75} = 8.5904 \text{ cm}^2$$

Diambil $A_g = 8.5904 \text{ cm}^2$

$$\text{Jumlah angker} = \frac{A_g}{A_v} = \frac{8.5904}{3.14} = 2.7358 \approx 3 \text{ untuk 1 sisi}$$

Jadi untuk 2 sisi, angker yang dibutuhkan sebanyak 6 buah

Panjang Angker

$$L = \frac{F_t}{n \times \pi \times d \times \sigma_{\text{lekat}}} \geq 40d$$

$$\sigma_{\text{lekat beton}} = \sqrt{f_c} = \sqrt{210.93} = 14.523429 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = \frac{17878.85}{3 \times \pi \times 2 \times 14.523429} \geq 40 \times 2.0 \text{ cm}$$

$$= 65.34 \geq 80 \text{ cm dipakai } 80 \text{ cm}$$

Kontrol Kekuatan Las

$$\phi f_n = 0.75 \times 0.6 \times 70 \times 70.3 = 2214.45 \text{ kg/cm}^2$$

$$a_{\text{eff max}} \text{ las badan} = 0.707 \times \frac{4150}{70 \times 70.3} \times 5.56 = 3.32 \text{ cm}$$

$$t_{l_w} = 0.707 \times 3.32 = 2.34 \text{ cm}$$

$$a_{\text{eff max}} \text{ las sayap} = 0.707 \times \frac{4150}{70 \times 70.3} \times 8.89 = 5.30 \text{ cm}$$

$$t_{l_s} = 0.707 \times 5.30 = 3.75 \text{ cm}$$

Digunakan $t_{l_s} = t_{l_w} = 2.34 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} A_{\text{tot}} &= 2(h - 2tf)t_{l_w} + 2(B - tw)t_{l_f} + 2(B \times t_{l_f}) \\ &= 2(49.78 - 2 \times 8.89) \times 2.34 + 2(43.18 - 5.56) \times 2.34 + 2(43.18 \times 2.34) \\ &= 529.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$Y_n = 1/2 d$$

$$= 1/2 (49.78) = 24.892 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_x &= \frac{2}{12} t_{l_w} (h - 2tf)^3 + 2(B - tw)t_{l_f} (1/2h - tf)^2 + 2(B \times t_{l_f})(1/2h)^2 \\ &= \frac{2}{12} (2.34)(49.78 - 2(8.89))^3 + 2(43.18 - 5.56)(2.34) \left(\frac{1}{2}(49.78) - 8.89\right)^2 + 2(43.18 \times 2.34) (1/2 \times 49.78) \\ &= 12810.7019 + 45172.97504 + 125471.07 \\ &= 183454.75 \end{aligned}$$

$$S_x = \frac{I_x}{Y_n} = \frac{183454.75}{24.89} = 7370.03 \text{ cm}^2$$

$$\text{Akibat } P_u = fV_p = \frac{Vu}{A} = \frac{209.1}{529.00} = 0.3952739 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Akibat } M_u = f h_m = \frac{M}{S} = \frac{1739290}{7370.03} = 236.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_{V_p}^2 + f_{h_m}^2} = \sqrt{0.3952739^2 + 236.00^2} = 236.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} < \phi f_n \rightarrow 236.00 < 2214.45 \quad \text{OK}$$

7.10 PERENCANAAN SAMBUNGAN KOLOM EKSTERIOR DENGAN BASE PLATE

Profil kolom yang digunakan W 14 x 311

Dari hasil analisa ETABS, gaya yang bekerja pada dasar kolom elemen C26, COMBO6 :

$$P_u = -1232239 \text{ kg} = -2716.6138 \text{ kips}$$

$$M_u = -1161.602 \text{ kg.m} = -116160.2 \text{ kg.cm}$$

$$V_u = 2323.98 \text{ kg}$$

Direncanakan : $f_c' = 3 \text{ ksi} = 210.93 \text{ kg/cm}^2$

$$f_y = 50 \text{ ksi} = 3515.5 \text{ kg/cm}^2$$

Luas keseluruhan daerah beton = $A_2 = 8 \text{ ft} \times 8 \text{ ft}$

$$= (8 \times 12) \times (10 \times 12)$$

$$= 9216 \text{ in}^2$$

7.10.1. Metode Perhitungan

Menentukan nilai A_1 (Luas pelat dasar kolom)

$$A_1 = \frac{P_u}{0.6(0.85 \times f_c)} \sqrt{\frac{A_1}{A_2}} ; \sqrt{\frac{A_1}{A_2}} \geq 2$$

$$= \frac{2716.6138}{0.6(0.85 \times 3) \times 2} = 887.78229 \text{ in}^2$$

$$\text{Check } = \sqrt{\frac{9216}{887.78229}} = 3.2219 \geq 2 \quad (\text{OK})$$

$$A_1 = \frac{P_u}{0.6(0.85 \times f_c)}$$

$$= \frac{2716.6138}{0.6(0.85 \times 3)} = 1775.5646 \text{ in}^2$$

$$\text{Check } = \sqrt{\frac{9216}{1775.5646}} = 2.2783 \geq 2 \quad (\text{OK})$$

$$A_1 = b \times d$$

$$= 16.2 \times 17.1 = 277.02 \text{ in}^2$$



$$\text{Check } = \sqrt{\frac{9216}{277.02}} = 5.7679 \geq 2 \text{ (OK)}$$

$$\text{Diambil } A_1 = 1775.5646 \text{ in}^2$$

Menentukan besarnya N dan B

$$\begin{aligned}\Delta &= 0.5 (0.95 \times d - 0.8 \times bf) = 0.5 (0.95 \times 17.1 - 0.8 \times 16.2) \\ &= 1.6425 \text{ in}\end{aligned}$$

$$N = \sqrt{A_1} + \Delta = \sqrt{1775.5646} + 1.6425 = 43.779949 \text{ in}$$

$$N > d \rightarrow \text{dipakai } N = 44 \text{ in}$$

$$B = \frac{A_1}{N} = \frac{1775.5646}{44} = 40.35374 \text{ in} \rightarrow \text{dipakai } B = 41 \text{ in}$$

Menentukan besarnya m dan n

$$m = (N - 0.95 \times d) / 2 = (44 - 0.95 \times 17.1) / 2 = 13.88 \text{ in}$$

$$n = (B - 0.8 \times bf) / 2 = (41 - 0.8 \times 16.2) / 2 = 14.02 \text{ in}$$

Menentukan P_o

$$\begin{aligned}P_o &= \frac{P_u}{N \times B} \times bf \times d \\ &= \frac{2716.6138}{44 \times 41} \times 16.2 \times 17.1 = 417.159842 \text{ kips}\end{aligned}$$

Menentukan A_n

$$A_n = \frac{P_o}{0.6 \times 0.85 \times \sqrt{\frac{A_2}{bf \times d \times fc}}} \rightarrow \frac{P_o}{0.6 \times 1.7 \times f_c}$$

$$\frac{417.159842}{0.6 \times 0.85 \times \sqrt{\frac{9216}{16.2 \times 17.1 \times 3}}} \rightarrow \frac{417.159842}{0.6 \times 1.7 \times 3}$$

$$245.6276623 > 136.3267458 \text{ OK}$$

Menentukan nilai c

$$\begin{aligned} C &= \frac{1}{4} \left(d + bf - tf - \sqrt{(d + bf + tf)^2 - 4(A_u - tf \times bf)} \right) \\ &= \frac{1}{4} \left(17.1 + 16.2 - 2.26 - \sqrt{(17.1 + 16.2 + 2.26)^2 - 4(245.62766 - 2.26 \times 16.2)} \right) \\ &= 2.58523581 \text{ in} \end{aligned}$$

Menentukan tebal pelat

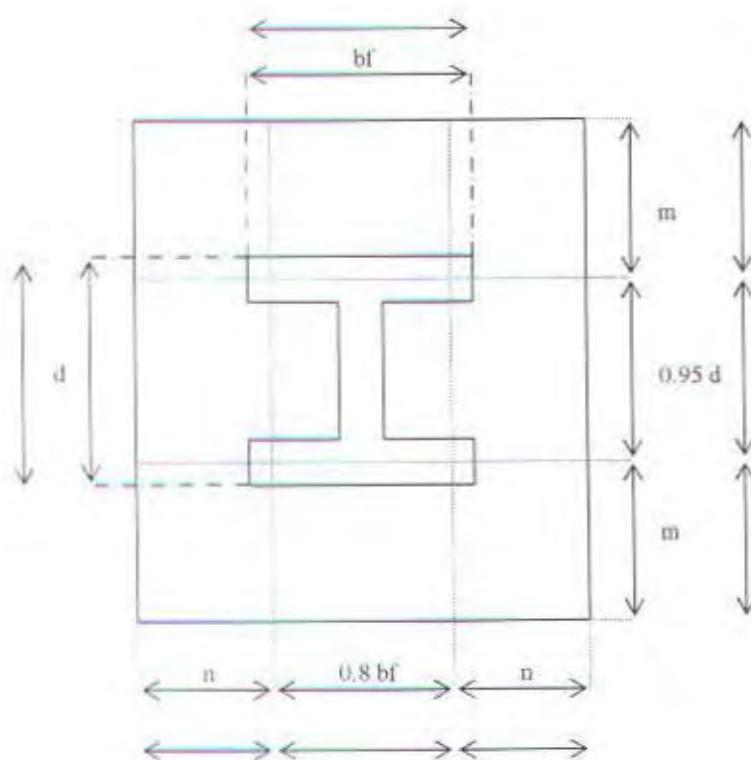
$\text{Max} (m, n, \lambda_n)$

Diambil $m = 13.88$

$$t_p = m \sqrt{\frac{2P_u}{0.9 \times F_y \times B \times N}} = 13.88 \sqrt{\frac{2 \times 2716.6138}{0.9 \times 50 \times 41 \times 44}} = 3.5902 \text{ in}$$

Diambil $t_p = 4 \text{ in}$

Digunakan PL 4 x 41 x 44



7.10.2. Metode Perhitungan Angker

$$P_u = -1232239 \text{ kg} = -2716.6138 \text{ kips}$$

$$M_u = -1161.602 \text{ kg.m} = -116160.2 \text{ kg.cm}$$

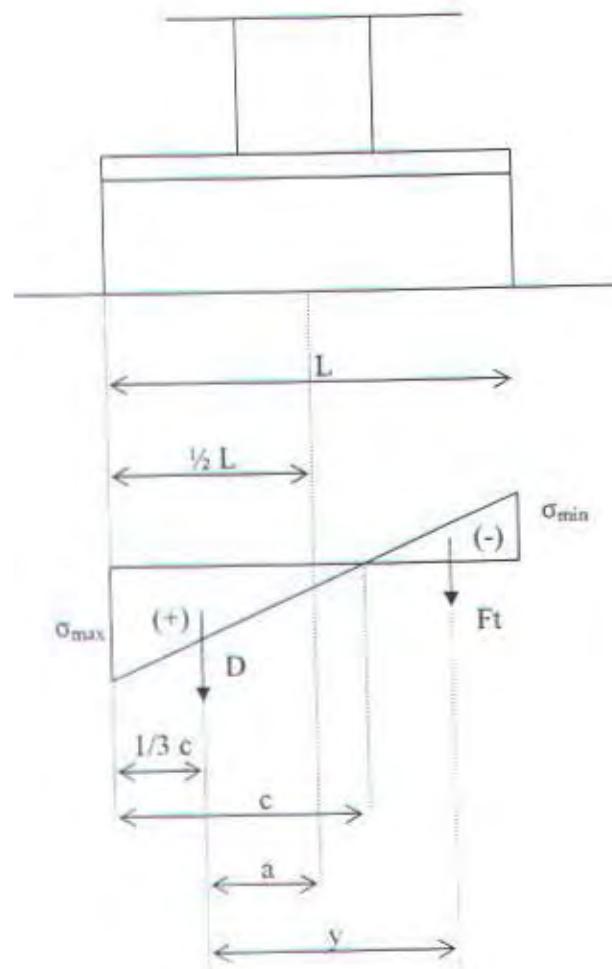
Dari perhitungan dasar kolom seperti diatas, diperoleh ukuran dasar kolom sebagai berikut :

$$B = 41 \text{ in} = -2716.6138 \text{ cm}$$

$$L = 44 \text{ in} = -1161.602 \text{ cm}$$

$$A_{\text{dasar kolom}} = B \times L = 104.14 \times 111.76 = 11638.69 \text{ cm}^2$$

$$W_{\text{dasar kolom}} = 1/6 \times B \times L^2 = 1/6 \times 104.14 \times 111.76 = 216789.932 \text{ cm}^3$$



$$L = 111.76$$

$$d = 17.1 \text{ in} = 43.434 \text{ cm}$$

Kontrol kuat Tekan Base Plate

$$P_{\text{total}} = \frac{Mu}{L - 2d'} + Pu$$

$$= \frac{116160.2}{111.76 - 2 \times 17.082} + 2716.6138 = 4213.581467 \text{ kg}$$

$$= 0.6 + 0.85 + 210.9 + 4213.581467 = 453273.0768$$

$$4213.581467 < 453273.0768 \quad \text{OK}$$

$$\sigma = \frac{P}{M} + \frac{M}{W}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{1232239}{11638.69} + \frac{116160.2}{216789.932} = 106.41022 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\max} \leq 0.85 f_c' \rightarrow 106.41022 \leq 0.85 \times 210.93$$

$$106.41022 \leq 179.2905 \quad \text{OK}$$

Perencanaan diameter angker

Diameter angker direncanakan = 20 mm ($A_v = 3.14 \text{ cm}^2$)

$F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

$F_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$

$$T = C_c = \frac{Mu}{L - 2d'} = \frac{116160.2}{111.76 - 2 \times 17.0815} = 1496.9677$$

Kekuatan Leleh

$$Pu = \phi \times F_y \times A_g$$

$$A_g \text{ perlu} = \frac{Pu}{\phi F_y} = \frac{1496.97}{0.9 \times 4100} = 0.4057 \text{ cm}^2$$

Kekuatan Putus

$$P_u = \phi \times F_u \times 0.75 \times A_g$$

$$A_g \text{ perlu} = \frac{P_u}{\phi \times F_u \times 0.75} = \frac{1496.97}{0.75 \times 5500 \times 0.75} = 0.4839 \text{ cm}^2$$

$$\text{Diambil } A_g = 0.4839 \text{ cm}^2$$

$$\text{Jumlah angker} = \frac{A_g}{A_v} = \frac{0.4839}{3.14} = 0.1541 \approx 2 \text{ untuk 1 sisi}$$

Jadi untuk 2 sisi, angker yang dibutuhkan sebanyak 4 buah

Panjang Angker

$$L = \frac{F_t}{\pi \times d \times \sigma_{\text{lekat}}} \geq 40d$$

$$\sigma_{\text{lekat beton}} = \sqrt{f_c} = \sqrt{210.93} = 14.523429 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = \frac{1496.97}{3 \times \pi \times 2 \times 14.523429} \geq 40 \times 2.0 \text{ cm}$$

$$= 8.206 \geq 80 \text{ cm dipakai } 80 \text{ cm}$$

Kontrol Kekuatan Las

$$\phi f_n = 0.75 \times 0.6 \times 70 \times 70.3 = 2214.45 \text{ kg/cm}^2$$

$$a_{\text{eff max}} \text{ las badan} = 0.707 \times \frac{4150}{70 \times 70.3} \times 3.58 = 2.14 \text{ cm}$$

$$t_{l_w} = 0.707 \times 2.14 = 1.51 \text{ cm}$$

$$a_{\text{eff max}} \text{ las sayap} = 0.707 \times \frac{4150}{70 \times 70.3} \times 5.7404 = 3.42 \text{ cm}$$

$$t_{l_f} = 0.707 \times 3.42 = 2.42 \text{ cm}$$

$$\text{Digunakan } t_{l_f} = t_{l_w} = 1.51 \text{ cm}$$

$$A_{\text{las}} = 2(h - 2t_f)t_{l_w} + 2(B - t_w)t_{l_f} + 2(B \times t_{l_f})$$

$$= 2(43.43 - 2 \times 5.7404) \times 1.51 + 2(41.15 - 3.58) \times 1.51 + 2(41.15 \times 1.51)$$

$$= 334.15 \text{ cm}^2$$

$$Yn = 1/2 d$$

$$= 1/2 (43.43) = 21.717 \text{ cm}$$

$$Ix = \frac{2}{12} tl_w (h - 2tf)^3 + 2 (B - tw) tl_r (1/2h - tf)^2 + 2 (B \times tl_r) (1/2 h)^2$$

$$= \frac{2}{12} (1.51)(43.43 - 2(5.7404))^3 + 2(41.15 - 3.58)(1.51)(\frac{1}{2}(43.43) - 5.74)^2$$

$$+ 2(41.15 \times 1.51) (1/2 \times 43.43)^2$$

$$= 8208.772342 + 28952.56191 + 58595.57$$

$$= 95756.90 \text{ cm}^4$$

$$Sx = \frac{Ix}{Yn} = \frac{95756.90}{21.72} = 4409.31 \text{ cm}^3$$

$$\text{Akibat Pu} = fV_p = \frac{Vu}{A} = \frac{2323.98}{334.15} = 6.9549614 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Akibat Mu} = f_{h_m} = \frac{M}{S} = \frac{116160.2}{4409.31} = 26.34 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_{h_p}^2 + f_{h_m}^2} = \sqrt{6.9549614^2 + 26.34^2} = 27.25 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} < \phi f_n \rightarrow 27.25 < 2214.45 \text{ OK}$$

7.1. TABEL DAFTAR MATERIAL

SECTION	TYPE	DIMENSI (mm)				BERAT (kg/m)
		d	tf	tw	bf	
Balok Anak	W 16 x 45	408.94	14.351	8.763	178.816	66.96
Balok Induk Eksterior	W 18 X 46	459.74	15.367	9.144	153.924	68.448
Balok Induk Interior	W 18 X 50	457.2	14.478	9.017	190.5	74.4
Kolom Eksterior 1-29	W 14 X 311	434.34	57.404	35.814	411.48	426.768
Kolom Eksterior 30	W 14 X 283	424.18	52.57	32.76	408.94	421.104
Kolom Interior 1-29	W 14 X 500	497.84	88.9	55.626	431.8	744
Kolom Interior 30	W 14 X 426	474.98	77.216	47.752	424.18	633.888
SECTION	TYPE	DIMENSI (mm)				BERAT (kg/m)
		t3	t2	tf	tw	
Pengaku	HSS 8 x 6 x 0.5	203.2	152.4	11.811	11.811	62.57
Pelat siku sambungan	2 $\frac{1}{2}$ x2 $\frac{1}{2}$ x $\frac{1}{4}$	76.2	76.2	12.7	12.7	12.20
Pelat siku sambungan	3 x 3 x $\frac{1}{2}$	63.5	63.5	6.35	6.35	27.97

BAB VIII

ANALISĀ PUŠHOVĒR

BAB VIII

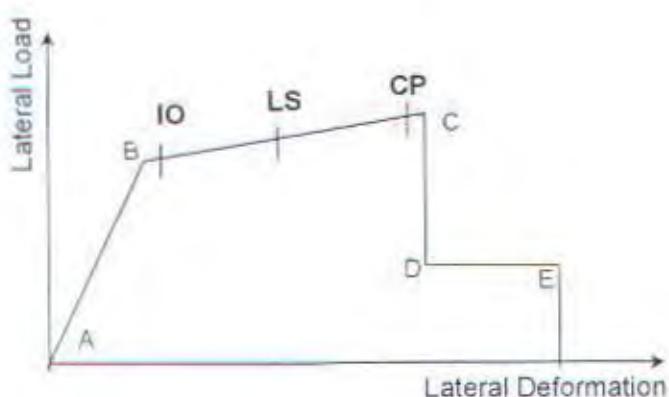
ANALISA PUSHOVER

8.1. UMUM

Secara umum, pushover analysis adalah suatu metode analisa nonlinear yang bertujuan mengetahui kinerja dari struktur dengan cara memberikan beban horizontal ekuivalen (gaya gempa) yang ditingkatkan secara bertahap, hingga pada akhirnya gedung mengalami failure dalam menerima beban akselerasi tersebut (runtuh).

Mekanisme keruntuhan struktur dapat dilihat pada gambar letak sendi-sendi plastis yang terjadi serta taraf kerusakan dari sendi plastis tersebut sesuai kriteria seperti IO, LS, atau CP. Penentuan jenis sendi plastis yang akan di-assign ke dalam frame struktur (*brace*, balok, dan kolom) pada analisa pushover adalah sebagai berikut :

Elemen Struktur	Jenis Sendi Plastis
Brace	P
Balok	M3
Kolom	PMM



Gambar 8.1. Kurva Pushover Case untuk Gempa

Keterangan :

IO = *Immediate Occupancy*

LS = *Life Safety*

CP = *Collapse Prevention*

Dimana :

- Titik A menunjukkan kondisi tanpa diberi beban. **Bila dilihat pada tabel hasil analisa pushover**, yang dimaksud dengan titik A adalah displacement yang terjadi pada step 1 yaitu pada saat beban yang bekerja masih beban gravitasi & berat struktur itu sendiri
- Garis A-B menunjukkan respons linier struktur, dengan turut memperhitungkan kekakuan retak masing-masing elemen struktur. Sedangkan untuk IO, LS dan CP, **bila dilihat pada tabel hasil analisa pushover**, yang dimaksud dengan:
 IO = displacement yang terjadi pada satu step setelah leleh pertama (B)
 LS = displacement yang terjadi pada setengah step antara IO dan CP
 CP = displacement yang terjadi pada satu step sebelum putus pertama
- Titik B adalah menyatakan kekuatan leleh efektif (*nominal yield strength*) elemen struktur. **Bila dilihat pada tabel hasil analisa pushover** yang dimaksud dengan titik B adalah displacement yang terjadi pada saat leleh pertama
- Garis B-C biasanya memiliki kemiringan 5% – 10% dari kemiringan garis A-B.
- Titik C menyatakan kekuatan nominal (*nominal strength*) dari elemen struktur. Dimana pada titik ini bisa dianggap bahwa kemampuan untuk menahan gaya lateral telah hilang. Oleh karena itu, komponen utama sistem penahan gaya lateral dari struktur tidak diperbolehkan berdeformasi melewati titik ini. **Bila dilihat pada tabel hasil analisa pushover** yang dimaksud dengan titik B adalah displacement yang terjadi pada saat putus pertama
- Penurunan secara drastis dari garis C-D menyatakan kegagalan inisial dari elemen. Biasanya kegagalan ini berkaitan dengan fenomena seperti retaknya elemen struktur.
- Ketahanan sisa (*residual resistance*) dari titik D-E mungkin bernilai nol dalam beberapa kasus atau tidak nol untuk kasus lainnya. Biasanya jika tidak terdapat

informasi tambahan, diasumsikan ketahanan sisa ini sama dengan 20% dari nilai kekuatan nominal. Tujuan utama dari adanya segmen ini adalah untuk memodelkan elemen struktur yang telah hilang kemampuan menahan gaya lateralnya, tapi masih mampu untuk menahan beban gravitasi.

- Titik E menyatakan kapasitas deformasi maksimum. Deformasi setelah melewati titik ini tidak diperbolehkan karena beban gravitasi tidak lagi mampu dipikul.

8.2. TARGET PERPINDAHAN RENCANA

Data Bangunan :

$$n = 30 \text{ lantai} \quad h_{\text{lantai}} = 4 \text{ m}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 210000 \text{ Mpa}$$

Asumsi Struktur = MDOF ke SDOF

Pembatasan Peraturan (rotasi drift ultimate)

$$\theta = 0.025$$

$$\theta_d = \theta_y + \theta_p \leq \theta_c$$

dimana :

θ_c = Rotasi elemen struktur sesuai batasan peraturan.

θ_d = Rotasi elemen struktur desain.

θ_p = Rotasi pada saat kondisi plastis.

θ_y = Rotasi pada saat leleh pertama.

8.2.1. Arah X

Diambil nilai $\theta_d = \theta_c = 0.025$

Dimana 0.025 diambil dengan asumsi struktur dalam ambang kehancuran

Perhitungan Profil Perpindahan Rencana (Δ_i) , dengan persamaan :

$$\Delta_i = \theta_d h_i (1 - 0.5h_i/h_n) \text{ untuk } n > 20 \text{ (Priestley)}$$

Tabel 8.1. Perhitungan Profil Perpindahan Rencana Frame Arah X

Lantai	h (m)	Δ_i (m)
1	4	0.098
2	8	0.193
3	12	0.285
4	16	0.373
5	20	0.458
6	24	0.540
7	28	0.618
8	32	0.693
9	36	0.765
10	40	0.833
11	44	0.898
12	48	0.960
13	52	1.018
14	56	1.073
15	60	1.125
16	64	1.173
17	68	1.218
18	72	1.260
19	76	1.298
20	80	1.333
21	84	1.365
22	88	0.393
23	92	1.418
24	96	1.440
25	100	1.458
26	104	1.473
27	108	1.485
28	112	1.493
29	116	1.498
30	120	1.500

Perhitungan Target Perpindahan Rencana (Δ_d) dengan persamaan :

$$\Delta_d = \sum (m_i \Delta_i^2) / \sum (m_i \Delta_i)$$

Tabel 8.2. Perhitungan Target Perpindahan Rencana Frame Arah X

Lantai	H	m_i	Δ_i	$m_i \Delta_i$	$m_i \Delta_i^2$
1	4	203209.3	0.098	19982.248	1964.921
2	8	203209.3	0.193	39287.131	7595.5121
3	12	203209.3	0.285	57914.651	16505.675
4	16	203209.3	0.373	75864.805	28322.861
5	20	203209.3	0.458	93137.596	42688.065
6	24	203209.3	0.540	109733.02	59255.832
7	28	203209.3	0.618	125651.08	77694.254

8	32	203209.3	0.693	140891.78	97684.968
9	36	203209.3	0.765	155455.11	118923.16
10	40	203209.3	0.833	169341.08	141117.57
11	44	203209.3	0.898	182549.69	163990.47
12	48	203209.3	0.960	195080.93	187277.69
13	52	203209.3	1.018	206934.8	210728.61
14	56	203209.3	1.073	218111.32	234106.15
15	60	203209.3	1.125	228610.46	257186.77
16	64	203209.3	1.173	238432.25	279760.5
17	68	203209.3	1.218	247576.66	301630.9
18	72	203209.3	1.260	256043.72	322615.08
19	76	203209.3	1.298	263833.41	342543.71
20	80	203209.3	1.333	270945.73	361260.98
21	84	203209.3	1.365	277380.69	378624.65
22	88	203209.3	1.393	283138.29	394506.02
23	92	203209.3	1.418	288218.52	408789.94
24	96	203209.3	1.440	292621.39	421374.8
25	100	203209.3	1.458	296346.9	432172.56
26	104	203209.3	1.473	299395.04	441108.69
27	108	203209.3	1.485	301765.81	448122.23
28	112	203209.3	1.493	303459.22	453165.77
29	116	203209.3	1.498	304475.27	456205344
30	120	200667.2	1.500	301000.8	451501.2
				Σ	6243179.4 7538425

$$\Delta_d = 1.2064 \text{ m}$$

8.2.2. Arah Y

Diambil nilai $\theta_d = \theta_c = 0.025$

Dimana 0.025 diambil dengan asumsi struktur dalam ambang kehancuran

Perhitungan Profil Perpindahan Rencana (Δ_i) , dengan persamaan :

$$\Delta_i = \theta_d h_i (1 - 0.5h_i/h_n) \text{ untuk } n > 20 \quad (\text{Priestley})$$

Tabel 8.3. Perhitungan Profil Perpindahan Rencana Frame Arah Y

Lantai	h (m)	Δ_i (m)	Lantai	h (m)	Δ_i (m)
1	4	0.098	16	64	1.173
2	8	0.193	17	68	1.218
3	12	0.285	18	72	1.260
4	16	0.373	19	76	1.298
5	20	0.458	20	80	1.333
6	24	0.540	21	84	1.365
7	28	0.618	22	88	0.393
8	32	0.693	23	92	1.418
9	36	0.765	24	96	1.440
10	40	0.833	25	100	1.458
11	44	0.898	26	104	1.473
12	48	0.960	27	108	1.485
13	52	1.018	28	112	1.493
14	56	1.073	29	116	1.498
15	60	1.125	30	120	1.500

Perhitungan Target Perpindahan Rencana (Δ_d) dengan persamaan :

$$\Delta_d = \sum (m_i \Delta_i^2) / \sum (m_i \Delta_i)$$

Tabel 8.4. Perhitungan Target Perpindahan Rencana Frame Arah Y

Lantai	H	m_i	Δ_i	$m_i \Delta_i$	$m_i \Delta_i^2$
1	4	72042.37	0.098	7084.1664	696.60969
2	8	72042.37	0.193	13928.192	2692.7837
3	12	72042.37	0.285	20532.075	5851.6415
4	16	72042.37	0.373	26892.818	10041.105
5	20	72042.37	0.458	33019.42	15133.901
6	24	72042.37	0.540	38902.88	21007.555

7	28	72042.37	0.618	44546.199	27544.4
8	32	72042.37	0.693	49949.377	34631.568
9	36	72042.37	0.765	55112.413	42160.996
10	40	72042.37	0.833	6005.308	50029.424
11	44	72042.37	0.898	64718.062	58138.393
12	48	72042.37	0.960	69160.675	66394.248
13	52	72042.37	1.018	73363.147	74708.138
14	56	72042.37	1.073	7732.477	82996.012
15	60	72042.37	1.125	81047.666	91178.625
16	64	72042.37	1.173	84529.714	99181.531
17	68	72042.37	1.218	87771.621	106935.09
18	72	72042.37	1.260	90773.386	114374.47
19	76	72042.37	1.298	93535.01	121439.62
20	80	72042.37	1.333	96056.493	128075.32
21	84	72042.37	1.365	98337.835	134231.14
22	88	72042.37	1.393	100379.04	139861.46
23	92	72042.37	1.418	102180.09	144925.43
24	96	72042.37	1.440	103741.01	149387.06
25	100	72042.37	1.458	105061.79	153215.11
26	104	72042.37	1.473	106142.43	156383.17
27	108	72042.37	1.485	106982.92	158869.64
28	112	72042.37	1.493	107583.27	160657.69
29	116	72042.37	1.498	107943.48	161735.32
30	120	70826.68	1.500	106240.02	159360.03
		Σ	2212879	2671837.5	

$$\Delta_a = 1.206 \text{ m}$$



8.3. PENENTUAN PERFORMANCE LEVELS

Pengertian dari tingkatan kinerja (*performance levels*) ini adalah kondisi batasan kerusakan yang masih dianggap layak bagi struktur tersebut, dimana kondisi batas tersebut ditentukan antara lain kerusakan fisik bangunan, keselamatan penghuni gedung akibat kerusakan tersebut serta tingkat perawatan dan perbaikan pasca gempa.

Performance level ini ditentukan untuk mengetahui tingkat kerusakan dari struktur akibat pengaruh dari gaya gempa

Berikut tingkatan performance level dari tabel 2-4 (*FEMA 273 chapter 5*) :

Tabel 8.5. Tingkatan Performance Level

Elemen	Tingkatan Kinerja (<i>Structural Performance Levels</i>)		
	<i>Immediate Occupancy (IO)</i>	<i>Life Safety (LS)</i>	<i>Collapse Prevention (CP)</i>
<i>Braced Steel Frames</i>	Kecilnya tingkat leleh dan <i>buckling</i> dari <i>brace</i> .	Banyak terjadi leleh dan <i>buckling</i> dari <i>brace</i> tetapi tidak seluruhnya mengalami kegagalan. Banyak sambungan (<i>connections</i>) telah terjadi kegagalan.	Tingginya tingkat leleh dan <i>buckling</i> dari <i>brace</i> . Banyak terjadi kegagalan dari <i>brace</i> beserta sambungannya.
<i>Steel Moment Frames</i>	Kecilnya tingkat leleh dan <i>buckling</i> di beberapa balok.	Terjadi leleh dan <i>buckling</i> dari beberapa balok dan kolom. Beberapa sambungan (<i>connections</i>) terjadi kegagalan.	Tingginya tingkat leleh dan <i>buckling</i> dari balok dan kolom. Banyak terjadi kegagalan dari balok dan kolom beserta sambungannya.

Tingkatan performance level ditentukan oleh perencana struktur, dimana pada tugas akhir ini penulis merencanakan target perpindahan struktur $\Delta d = 1.2064 \text{ m}$ untuk arah X dan $\Delta d = 1.206 \text{ m}$ untuk arah Y terjadi pada level LS (*Life Safety*)

BAB IX

EVALUASI DAKTILITAS

BAB IX

EVALUASI DAKTILITAS

9.1. DAKTILITAS GLOBAL

Dengan mengevaluasi struktur diatas dengan evaluasi daktaliats kita dapat mengetahui lokasi terjadinya sendi plastis dan evaluasi daktilitas tersebut digunakan untuk mencapai daktilitas global

$$\text{Daktilitas global} = \mu = \frac{\delta u}{\delta y}$$

Dimana : δy = simpangan pada saat terjadi leleh pertama

δu = simpangan pada saat terjadi putus terakhir

Tujuan standar desain daktil :

1. Mengurangi laju gelombang akibat gempa yang merambat melalui tanah yang dapat menyebabkan kerusakan pada struktur
2. Mengurangi gaya gempa langsung tanpa menimbulkan kehancuran

Berikut ini adalah hasil yang diperoleh dari analisa pushover :

9.1.1. Untuk gempa arah x

Struktur sumbu kuat (memakai bracing)

$$\text{Daktilitas global} = \mu = \frac{2.6431}{0.46} = 5.74$$

Gaya gempa dasar pada saat leleh = 218615.09 kg

Gaya gempa dasar pada saat putus = 197846.39 kg

Struktur sumbu lemah (tanpa bracing)

$$\text{Daktilitas global} = \mu = \frac{2.1945}{0.6737} = 3.257$$

Gaya gempa dasar pada saat leleh = 115323.11 kg

Gaya gempa dasar pada saat putus = 64215.35 kg

9.1.2. Untuk gempa arah y

Struktur sumbu kuat (memakai bracing)

$$\text{Daktilitas global} = \mu = \frac{2.6315}{0.6454} = 4.077$$

Gaya gempa dasar pada saat leleh = 182057.93 kg

Gaya gempa dasar pada saat putus = 27392.17 kg

Struktur sumbu lemah (tanpa bracing)

$$\text{Daktilitas global} = \mu = \frac{1.5546}{0.6919} = 2.2468$$

Gaya gempa dasar pada saat leleh = 48930 kg

Gaya gempa dasar pada saat putus = 21943.13 kg

Dari hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa tingkat daktalitas gedung ini cukup tinggi

9.2. DAKTILITAS TIAP LEVEL

Gempa Arah X

1. Daktilitas level A-B (step 0 & 1)

$$\text{Daktilitas} = \mu = \frac{0.46}{0.0257} = 1.78$$

Gaya gempa pada level B = 218615.0938 kg

2. Daktilitas level B-IO (step 1 & 2)

$$\text{Daktilitas} = \mu = \frac{0.461}{0.46} = 1.002$$

Gaya gempa pada level IO = 219034.8125 kg

3. Daktilitas level IO-LS (step 2 & 87)

$$\text{Daktilitas} = \mu = \frac{1.8420}{0.461} = 3.99$$

Gaya gempa pada level LS = 246511.0469 kg

4. Daktilitas level LS-CP (step 87 & 171)

$$\text{Daktilitas} = \mu = \frac{2.6315}{1.8420} = 1.42$$

Gaya gempa pada level CP = 197236.7188 kg

5. Daktilitas level CP-C (STEP 171 & 172)

$$\text{Daktilitas} = \mu = \frac{2.6431}{2.6315} = 1.004$$

Gaya gempa pada level C = 197846.3906 kg

Gempa Arah Y

1. Daktilitas level A-B (step 0 & 1)

$$\text{Daktilitas} = \mu = \frac{0.6454}{0.312} = 2.068$$

Gaya gempa pada level B = 182057.93 kg

2. Daktilitas level B-IO (step 1 & 2)

$$\text{Daktilitas} = \mu = \frac{0.6463}{0.6454} = 1.001$$

Gaya gempa pada level IO = 182327.53 kg

3. Daktilitas level IO-LS (step 2 & 37)

$$\text{Daktilitas} = \mu = \frac{1.2703}{0.6463} = 1.965$$

Gaya gempa pada level LS = 145900.81 kg

4. Daktilitas level LS-CP (step 37 & 70)

$$\text{Daktilitas} = \mu = \frac{2.3027}{1.2703} = 1.86$$

Gaya gempa pada level CP = 3476.78 kg

5. Daktilitas level CP-C (STEP 70 & 71)

$$\text{Daktilitas} = \mu = \frac{2.3753}{2.3027} = 1.112$$

Gaya gempa pada level C = 154.24 kg

BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

10.1. KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa analisa statik non-linear menggunakan analisa **Pushover** merupakan suatu metode yang dapat menunjukkan perilaku struktur dalam kondisi elastis dan inelastis pada saat menerima beban gempa, bahkan sampai keruntuhannya sehingga dapat diketahui *kinerja/performance* sesungguhnya dari struktur yang kita tinjau tersebut.

Walaupun begitu untuk perencanaan dilapangan terutama di Indonesia, analisa ini sangat jarang sekali digunakan karena analisa ini tidak diperlukan dalam perencanaan suatu struktur dalam arti membuat sebuah struktur itu dapat berdiri dan digunakan, karena sebetulnya dalam force based design pun perencanaan sebuah struktur pun sudah *over strength*, namun dengan beban gempa yang sama suatu struktur yang direncanakan menggunakan metode force dengan metode performance, maka akan lebih kuat struktur yang menggunakan metode performance, karena dalam metode tersebut kita sudah dapat mentargetkan displacement yang akan terjadi, artinya kita dapat menentukan tingkah laku nonlinier dari struktur tersebut. Sehingga kita dapat mengubah jenis material, profil utnuk mencapai target yang telah kita tentukan sebelumnya

Hubungan antara performance level dengan performance point yang dihasilkan dari analisa pushover ini belum dapat digunakan dengan batasan – batasan secara pasti, karena memang belum ada perumusan secara pasti baik di ATC-40 ataupun FEMA-273, performance level dan performance point yang dihasilkan hanya dapat dinilai secara subjektif oleh perencana, artinya apabila hasil displacement/rotasi/perpindahan, sudah memenuhi target perencana maka dapat dikatakan struktur tersebut sudah mencapai performance level yang diinginkan

Untuk membantu menentukan target tersebut kita dapat menggunakan batasan yang dikemukakan oleh Priestly yaitu rotasi drift ultimate $\phi_c = 0.025$. Dimana nilai ini diambil dengan asumsi struktur kita berada pada ambang keruntuhannya.

Hasil *displacement* yang diperoleh melalui analisa pushover menunjukkan bahwa displacement yang terjadi pada level LS telah melampaui target displacement rencana, yaitu :

Untuk arah X

$$\Delta d_{\text{rencana}} = 1.2064 \text{ m} > \text{displacement yang terjadi} = 1.8420 \text{ m}$$

$$\Delta d_{\text{rencana}} = 1.206 \text{ m} > \text{displacement yang terjadi} = 1.2703 \text{ m}$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa displacement yang terjadi telah memenuhi bahkan melampaui target displacement rencana.

Dari pengerjaan Tugas Akhir ini, bisa disimpulkan beberapa kelebihan yang dimiliki oleh analisa Pushover :

- Analisa ini mampu memberikan gambaran menyeluruh tentang perilaku struktur pada saat menerima gaya gempa, mulai dari simpangan total yang mampu diterima struktur, gaya gempa dasar yang dialami struktur sebelum keruntuhan, hingga proses pembentukan sendi plastis pada masing-masing elemen struktur beserta *performance-level* masing-masing tahap.
- Dengan kemampuan untuk mengetahui kinerja gedung sesungguhnya akibat gempa yang terjadi, diharapkan kegagalan struktur di luar desain / perencanaan akibat gaya gempa dapat dihindari. Sehingga keselamatan jiwanpun dapat ditingkatkan.
- Metode ini tidak lagi membutuhkan faktor-faktor konversi untuk memperkirakan perilaku inelastis struktur dari respon elastis ke respon inelastis struktur.

10.2. SARAN

Dalam Tugas Akhir ini banyak diambil asumsi-asumsi penyederhanaan dan pembatasan masalah. Oleh karena itu, ada beberapa saran yang perlu dijelaskan oleh Penulis, antara lain :

- Pemodelan struktur dan peninjauan gaya-gaya yang bekerja pada struktur dalam tugas akhir ini dimodelkan secara dua dimensi. Dalam kenyataannya, model struktur maupun gaya-gaya yang bekerja adalah tiga dimensi. Oleh sebab itu, untuk hasil yang lebih akurat lagi dianjurkan memakai pemodelan secara 3D. Selain itu dalam metode *performance-based design* kekakuan pondasi amatlah menentukan *performance* sebuah struktur, dimana dalam Tugas Akhir ini analisa pondasi diabaikan. Disarankan di masa mendatang analisa non-linear ini bisa mencakup analisa pondasi. Baik ATC maupun FEMA mempunyai aturan khusus mengenai perancangan pondasi.
- Pendefinisian elemen struktur dalam analisa pushover pada tugas akhir ini hanya dibedakan menjadi tiga yaitu kolom, balok dan bracing. Pada kenyataannya dilapangan belum tentu kolom dulu yang mangalami failure bisa saja angkeranya. Hal ini disebabkan karena pada program bantu ETABS 8.00 belum bisa mendefinisikan angker. Berita yang didengar penulis saat ini telah diluncurkan ETABS versi terbaru yang dapat mendefinisikan angker. Untuk mendatang dianjurkan untuk menggunakan ETABS versi tersebut
- Dalam tugas akhir ini penulis tidak meninjau bangunannya secara value engineering, sehingga ketika target displacement terpenuhi dengan profil yang telah ditetapkan, trial dihentikan tanpa memperhatikan apakah profil tersebut ekonomis atau tidak. Berikut disajikan hasil perhitungan dengan menggunakan profil yang lebih ekonomis sebagai bahan pertimbangan

PENGAKU HSS 8 x 6 x 0.5

Pu Tekan = -56636.29 kg

Pu Tarik = -55925.61kg

Kuat tekan rencana = 133537.11 kg ≥ 56636.29Pu OK

Kuat tarik rencana = 186428.57 kg ≥ 55925.61Pu OK

BALOK**Balok Eksterior W 18 x 46**

Mu = -31258.98 kgm

Vu = 16543.64 kg

Spec	Perhit Analisa komp/Peraturan		Perhitungan	Ket
Kontrol Tekuk Lokal	Mu = 31258.98	<	φMn = 38792.53	OK
Kontrol Tekuk Lateral	Mu = 31258.98	<	φMn = 38792.52	OK
Kontrol Kuat Geser	Vu = 16544	<	φVn = 67032	OK
Kontrol Lendutan	f ^c = 0.0297	<	f _{ijn} = 2.2	OK

Balok Interior W 18 x 50

Mu = - 38708.86 kgm

Vu = - 25038.98 kg

Spec	Perhit Analisa komp/Peraturan		Perhitungan	Ket
Kontrol Tekuk Lokal	Mu = 38708.86	<	φMn = 43197.85	OK
Kontrol Tekuk Lateral	Mu = 38708.86	<	φMn = 43197.85	OK
Kontrol Kuat Geser	Vu = 25039	<	φVn = 65736	OK
Kontrol Lendutan	f ^c = 0.023	<	f _{ijn} = 2.2	OK

KOLOM

Kolom Interior Atas W 14 x 145

$$P_u = -136111 \text{ Kg}$$

$$M_{ux} = -7939 \text{ Kgm}$$

$$M_{uy} = -887.308 \text{ Kgm}$$

Spec	Perhit analisa komp/Peraturan		Perhitungan	Ket	Kesimpulan
Kontrol Penampang	$\frac{bf}{2tf} = 7.1$	<	$\frac{250}{\sqrt{f_y}} = 13.46$	OK	Penampang Kompak
	$\frac{h}{tw} = 16.8$	<	$\frac{665}{\sqrt{f_y}} = 35.806$	OK	Penampang Kompak
Perbandingan Momen	Arah X → 1	<	$\frac{\sum M_{pc}}{\sum M_{pb}} = 1.06$	OK	
Balok dan Kolom	Arah Y → 1	<	$\frac{\sum M_{pc}}{\sum M_{pb}} = 1.012$	OK	

Kontrol Kekakuan Pelat	0.2	<	$\frac{P_u}{\phi P_n} = 0.29$	OK	
Kontrol Tekuk Lokal	$\frac{bf}{2tf} = 7.1$	<	$\frac{170}{\sqrt{f_y}} = 9.15$	OK	Dipakai $M_{ny} = M_n = 7403307.71 \text{ Kgcm}$
	$\frac{h}{tw} = 16.8$	<	$\frac{1682}{\sqrt{f_y}} = 90.556$	OK	
Kontrol Tekuk Lentur	1.0	\geq	$0.29 + \frac{8}{9} \left[\frac{793.9}{132292.77} + \frac{887.308}{66629.76} \right] = 0.35$	OK	Karena $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2$ maka $\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left[\frac{M_{mx}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{my}}{\phi_b M_{ny}} \right]$

Kolom Interior Bawah W 14 x 500

$$P_u = -2089698$$

$$M_{ux} = -17386029$$

$$M_{uy} = -5369.1$$

Spec	Perhit analisa komp/Peraturan		Perhitungan	Ket	Kesimpulan
Kontrol Penampang	$\frac{bf}{2tf} = 2.4$	<	$\frac{250}{\sqrt{fy}} = 13.46$	OK	Penampang Kompak
	$\frac{h}{tw} = 5.2$	<	$\frac{665}{\sqrt{fy}} = 35.802$	OK	Penampang Kompak
Perbandingan Momen	Arah X → 1	<	$\frac{\sum Mpc}{\sum Mpb} = 2.13$	OK	
Balok dan Kolom	Arah Y → 1	<	$\frac{\sum Mpc}{\sum Mpb} = 1.06$	OK	
Kontrol Kekakuan Pelat	0.2	<	$\frac{Pu}{\phi Pn} = 0.94$	OK	
Kontrol Tekuk Lokal	$\frac{bf}{2tf} =$	<	$\frac{170}{\sqrt{fy}} = 9.15$	OK	Dipakai Mny = Mn =
	$\frac{h}{tw} =$	<	$\frac{1682}{\sqrt{fy}} = 90.556$	OK	28748239.56 Kgcm

Kontrol Tekuk Lentur	1.0	\geq	$0.94 + \frac{8}{9} \left[\frac{17386029}{534259.25} + \frac{5369.1}{258734.16} \right] = 0.98$	OK	<p>Karena $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2$ maka</p> $\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left[\frac{M_{max}}{\phi_b M_{rx}} + \frac{M_{max}}{\phi_b M_{ny}} \right]$
----------------------	-----	--------	--	----	---

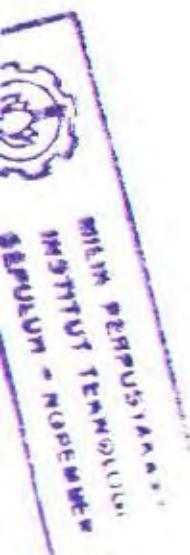
Kolom Eksterior Atas W 14 X 120

$$P_u = -45227.4$$

$$M_{ux} = -3528.93$$

$$M_{uy} = 11594.43$$

Spec	Perhit analisa komp/Peraturan		Perhitungan	Ket	Kesimpulan
Kontrol Penampang	$\frac{bf}{2tf} = 7.8$	<	$\frac{250}{\sqrt{f_y}} = 13.46$	OK	Penampang Kompak
	$\frac{h}{tw} = 19.3$	<	$\frac{665}{\sqrt{f_y}} = 35.802$	OK	Penampang Kompak



Perbandingan Momen	Arah X → 1	<	$\frac{\sum Mpc}{\sum Mp_b} = 1.05$	OK	
Balok dan Kolom	Arah Y → 1	<	$\frac{\sum Mpc}{\sum Mp_b} = 1.01$	OK	
Kontrol Kekakuan Pelat	0.2	<	$\frac{Pu}{\phi Pn} = 0.16$	OK	
Kontrol Tekuk Lokal	$\frac{bf}{2tf} =$	<	$\frac{170}{\sqrt{f_y}} = 9.15$	OK	Dipakai $M_{ny} = M_n = 5724206.99 \text{ Kgcm}$
	$\frac{h}{tw} =$	<	$\frac{1682}{\sqrt{f_y}} = 90.556$	OK	
Kontrol Tekuk Lentur	1.0	≥	$0.08 + \left[\frac{3258.93}{107869.49} + \frac{11594.43}{51517.86} \right] = 0.34$	OK	Karena $\frac{Pu}{\phi Pn} < 0.2$ maka $\frac{Pu}{2\phi Pn} + \left[\frac{M_{mx}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{my}}{\phi_b M_{ny}} \right]$

Kolom Eksterior Bawah W 14 x 311

$$Pu = -1304985$$

$$M_{ux} = -4921.031$$

$$M_{uy} = -64.983$$

Spec	Perhit analisa komp/Peraturan		Perhitungan	Ket	Kesimpulan
Kontrol Penampang	$\frac{bf}{2tf} = 3.6$	<	$\frac{250}{\sqrt{fy}} = 13.46$	OK	Penampang Kompak
	$\frac{h}{tw} = 8.1$	<	$\frac{665}{\sqrt{fy}} = 35.802$	OK	Penampang Kompak
Perbandingan Momen	Arah X → 1	<	$\frac{\sum Mpc}{\sum Mp_b} = 1.36$	OK	
Balok dan Kolom	Arah Y → 1	<	$\frac{\sum Mpc}{\sum Mp_b} = 1.37$	OK	
Kontrol Kekakuan Pelat	0.2	<	$\frac{Pu}{\phi P_n} = 0.93$	OK	

Kontrol Tekuk Lokal	$\frac{bf}{2tf} =$	<	$\frac{170}{\sqrt{fy}} = 9.15$	OK	Dipakai $M_{ny} = M_n = 16875810.24 \text{ Kgcm}$
	$\frac{h}{tw} =$	<	$\frac{1682}{\sqrt{fy}} = 90.556$	OK	
Kontrol Tekuk Lentur	1.0	\geq	$0.93 + \frac{8}{9} \left[\frac{4921.031}{306817.46} + \frac{64.983}{151882.25} \right] = 0.94$	OK	Karena $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2$ maka $\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left[\frac{M_{max}}{\phi_b M_{rx}} + \frac{M_{muy}}{\phi_b M_{ny}} \right]$

SAMBUNGAN

Spec	Samb pada	n	Kontrol Kekuatan Pelat Siku			
			VU		ϕP_n	Ket
Balok Anak & B. Induk interior	Badan balok anak	6 φ16	25038.98	≤	25496.044	OK
	Badan balok induk	8 φ18	25038.98	≤	38421.945	OK
Balok Anak &	Badan balok anak	4 φ16	16543.64	≤	4743.45	OK

B .Induk eksterior	Badan balok induk	4 ⌀16	8271.82	≤	16602.075	OK
--------------------	-------------------	-------	---------	---	-----------	----

Spec	Samb pada	n	Kontrol Geser			Kontrol Momen			Kontrol Las			
			f _v	φf _v	Ket	M _u	φM _n	Ket	F _{tot}	φf _n	Ket	
Balok int & Kolom int Lantai atas	Sayap Kolom	14 ⌀20	295.08	< 2475	OK	28104.05	<	30271.94	OK	1471.26	< 2214.5	OK
	Badan kolom			<	OK		<		OK	92.05	< 2214.5	OK
	50 cm muka kolom pd sayap balok	6 ⌀16		<	OK		<		OK		<	OK
	50 cm muka kolom pd badan balok	8 ⌀24		<	OK	6672.85	<	8456.4	OK		<	OK
Balok int & Kolom int Lantai bwh	Sayap Kolom	14 ⌀20	288.61	< 2475	OK	30164.78	<	30271.94	OK	1452.75	< 2214.5	OK
	Badan kolom			<	OK		<		OK		<	OK
	50 cm muka kolom pd sayap balok	6 ⌀16		<	OK		<		OK		<	OK
	50 cm muka kolom pd badan balok	8 ⌀24		<	OK	6995.76	<	8456	OK		<	OK
	Sayap Kolom	8 ⌀22	499.98	< 2475	OK	27281	<	30860.6	OK	1615.57	< 2214.5	OK

Balok eks&	Badan kolom			<		OK		<		OK	36.41	<	2214.5	OK
Kolom eks	50 cm muka kolom	4φ16		<		OK		<		OK		<	2214.5	OK
	pd sayap balok													
Lantai atas	50 cm muka kolom	10φ24		<		OK	4938.47	<	22381.9	OK		<	2214.5	OK
	pd badan balok													
Balok eks&	Sayap Kolom	8φ22		<		OK	23882.21	<	30860.6	OK	1416.66	<	2214.5	OK
	Badan kolom													
Kolom eks	50 cm muka kolom	4φ16		<		OK		<		OK		<	2214.5	OK
	pd sayap balok													
	50 cm muka kolom	8φ24		<		OK	2769.95	<	7516.8	OK		<		OK
	pd badan balok													

Spec	Samb pada	Dibagian	n	Kontrol Kekuatan Pelat Siku			
				VU	φPn	Ket	
Batang tekan	Pengaku		4φ20	28318.145	≤	43139.25	OK
	Balok Induk	Pelat pengaku	4φ20	16990.9	≤	73049.13	OK
		Sayap balok	4φ20	16990.9	≤	73049.13	OK

	Kolom	Pelat pengaku	4φ20	22654.5	≤	73049.13	OK
		Sayap kolom	4φ20	27962.8		112162.05	
Balang tarik	Pengaku		4φ20	16777.7	≤	112162.05	OK
	Balok Induk	Pelat pengaku	4φ20	16777.7	≤	74774.7	OK
		Sayap balok	4φ20	16777.7	≤	73049.13	OK
	Kolom	Pelat pengaku	4φ20	22370.2	≤	73049.13	OK
		Sayap kolom	4φ20	22370.2	≤	73049.13	
Pengaku&balok	Pengaku		4φ20	28318.145	≤	37387.35	OK
	Balok Induk	Pelat pengaku	6φ20	33981.8	≤	40556.498	
		Sayap balok	6φ20	33981.8	≤	81112.995	OK

Spec	Samb pada	n	Kontrol Momen			
			Ku		φRn	Ket
Kolom&Kolom	Sayap kolom	16φ36	32076.16	≤	35235	OK
Eksterior	Badan kolom	18φ36		≤		OK
Kolom&Kolom	Sayap kolom	12φ36	37366.88	≤	42282	OK

Interior	Badan kolom	106.36		\leq		OK
----------	-------------	--------	--	--------	--	----

Base Plate & kolom Interior	Base Plate & kolom Eksterior
$P_u = -2089698 \text{ Kg}$	$P_u = -1505985 \text{ Kg}$
$M_u = -17386.28 \text{ Kgm}$	$M_u = -4921.031 \text{ Kgm}$
$V_u = 209.28 \text{ Kg}$	$V_u = 2322.94 \text{ Kg}$
$B = 53$	$B = 41$
$N = 58$	$N = 46$
Kontrol Kuat tekan base plate $\rightarrow 22248.7241 < 2393390.92 \text{ kg OK}$	Kontrol Kuat tekan base plate $\rightarrow 3017.76 < 370079.6 \text{ kg OK}$
$n = 6 \phi 20$	$n = 4 \phi 20$
$L = 65 \text{ cm dipakai } 80 \text{ cm}$	$L = 35 \text{ cm dipakai } 80 \text{ cm}$
$f_{tot} < \phi f_n \rightarrow 235.91 < 2214.45 \text{ Ok}$	$f_{tot} < \phi f_n \rightarrow 111.82 < 2214.45 \text{ Ok}$

CEK SENDI PLASTIS PADA ANGKER/KOLOM

Pada perhitungan sambungan kolom - base plate, gaya – gaya yang digunakan adalah gaya-gaya ultimate (belum leleh), tentu saja direncanakan diameter angker yang bisa memikul beban-beban ultimate tersebut. Namun pada saat analisa pushover, struktur sudah tidak berlaku secara elastis lagi yang artinya beban yang terjadi adalah beban yield (leleh). Dengan asumsi beban yield = 2 x beban ultimate pada saat struktur mengalami leleh perlu dicek apakah kolom dulu yang leleh atau angker dulu yang mengalami tarik.

Base Plate & kolom Interior	Base Plate & kolom Eksterior
$P_u = 4179396 \text{ Kg}$	$P_u = 2609970 \text{ Kg}$
$M_u = 34772.58 \text{ Kgm}$	$M_u = 9842.062 \text{ Kgm}$
$V_u = 418.54 \text{ Kg}$	$V_u = 4647.88 \text{ Kg}$
$B = 81$	$B = 63$
$N = 75$	$N = 60$
Kontrol Kuat tekan base plate $\rightarrow 36430.6 < 3919001.4 \text{ kg OK}$	Kontrol Kuat tekan base plate $\rightarrow 15428.96 < 1659759.2 \text{ kg OK}$
Diameter direncanakan 20	Diameter direncanakan 20
$A_V = 3.14$	$A_V = 3.14$
$\Sigma \text{ angker (1 sisi)} = 5 \text{ NOK (Diameter perlu diperbesar)}$	$\Sigma \text{ angker (1 sisi)} = 2 \text{ OK}$
Diameter direncanakan 24	$L = 55 \text{ cm dipakai } 80 \text{ cm}$

AV = 4.52	$f_{tot} < f_n \rightarrow 471.81 < 2214.45$ Ok
Σ angker (1 sisi) = 3 OK	
L = 85 cm dipakai 96 cm	
$f_{tot} < f_n \rightarrow 471.81 < 2214.45$ Ok	

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction, *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*, Chicago, Illionis, 1997.
- American Institute of Steel Construction, *Load and Resistance Factor Design Specification*, Chicago, Illionis, 1999.
- M.J.N. Priestly, *Performance Based Seismic Design*, Paper for the 12WCEE (2000), University of California, San Diego.
- Applied Technology Council (ATC), *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings vol. 1*, California Seismic Safety Commisison, 1996.
- Computer and Structures Inc., *SAP2000 Manual*, Computer and Structures Inc., Berkley, California, 1998.
- UBC, *Uniform Building Code*, International Conference of Building Officials, Whittier, Ca, 1997.
- FEMA-273, *NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings*, Federal Emergency Management Agency.
- Ashraf Habibullah and Stephen Pyle, *Practical Three Dimensional Nonlinear Static Pushover Analysis*, Paper in Structure Magazine, Winter, 1998.
- Priestley M.J.N., Kowalsky M.J., *Direct Displacement-Based Seismic Design of Concrete Buildings*, Bulletin of New Zealand Society for Earthquake Engineering, 2000.
- Englekirk, Richard, *Steel Structure Controlling Behaviour Through Design*.
- Mazzolani, Federico M. and Piluso, Vincenzo, *Theory and Design of Seismic Resistance Steel Frame*, LONDON E. and FN SPON, 1996.
- Charles G. Salmon, *Steel Structures : Design and Behaviour, Emphasizing Load and Resistance Factor Design, Third Edition*, University of Wisconsin – Madison.

LAMPIRAN I

--
RESPONSE SPECTRUM CASE 3

RESP SPEC CASE: SPEC1

BASIC RESPONSE SPECTRUM DATA

MODAL COMBO	DIRECTION	MURAL DAMPING	SPECTRUM ANGLE
ONE	FORWARD	0.0500	0.0000

RESPONSE SIE SPECTRUM FUNCTION ASSIGNMENT DATA

DIRECTION	FUNCTION	SCALE FACT
FOR	FORW	1.0000
FOR	FWD	1.0000
FOR	----	N/A

LOADING COMBINATIONS

NAME	TYPE	CASE	CASE TYPE	SCALE FACTOR
COMBL	A11	MAT1	Static	1.4000
		PELAT	Static	1.4000
		CLADDING	Static	1.4000
COMBL	A21	MAT1	Static	1.2000
		PELAT	Static	1.2000
		CLADDING	Static	1.2000
		HIDUP	Static	1.6000
COMBL	A22	MAT1	Static	1.2000
		PELAT	Static	1.2000
		CLADDING	Static	1.2000
		HIDUP	Static	0.5000
		ANGIN	Static	1.3000
COMBL	A23	MAT1	Static	1.2000
		PELAT	Static	1.2000
		CLADDING	Static	1.2000
		ANGIN	Static	0.8000
COMBL	A24	MAT1	Static	0.9000
		PELAT	Static	0.9000
		CLADDING	Static	0.9000
		ANGIN	Static	1.3000
COMBL	A25	MAT1	Static	1.2000
		PELAT	Static	1.2000
		CLADDING	Static	1.2000
		HIDUP	Static	0.5000
		SPEC1	Spectra	1.0000
COMBL	A26	MAT1	Static	0.9000
		PELAT	Static	0.9000
		CLADDING	Static	0.9000
		SPEC1	Spectra	1.0000
COMBL	A27	MAT1	Static	1.0000
		PELAT	Static	1.0000
		CLADDING	Static	1.0000
		HIDUP	Static	1.0000
COMBL	A28	MAT1	Static	1.2000
		HIDUP	Static	0.5000
		SPEC1	Spectra	1.0000
COMBL	A29	MAT1	Static	1.0000
		HIDUP	Static	1.0000

--

R E F L O N S E - E F F E C T R U M F U N C T I O N - U B C 9.7

FUNCTION NAME: FREFL

DA	DU
0.4400	1.6400
PERIOD	ANGLE
0.0000	-4400
0.1184	21000
0.2368	21000
0.3552	-5050
0.4736	-5450
0.5920	-5333
0.7104	-4571
0.8288	-4000
0.9472	-3656
1.0656	-3206
1.1840	-2560
1.3024	-2133
1.4208	-1829
1.5392	-1600
1.6576	-1428
1.7760	-1281
1.8944	-1164
2.0128	-1067
2.1312	-9855
2.2496	-914
2.3680	-853
2.4864	-800
2.6048	-753
2.7232	-711
2.8416	-674
2.9592	-640

S T O R Y D R I F T S

STORY	DIRECTION	LOAD	POINT	X	Y	Z	MAX DRIFT
STORY10	X	COMB6	3294	40.000	0.000	120.000	0.000691
STORY10	Y	COMB6	3313	44.000	4.000	120.000	0.000939
STORY11	X	COMB6	3294	40.000	0.000	116.000	0.000775
STORY11	Y	COMB6	3313	44.000	4.000	116.000	0.001094
STORY12	X	COMB6	3294	40.000	0.000	112.000	0.000838
STORY12	Y	COMB6	3313	44.000	4.000	112.000	0.001095
STORY13	X	COMB6	3294	40.000	0.000	108.000	0.000895
STORY13	Y	COMB6	3313	44.000	4.000	108.000	0.001149
STORY14	X	COMB6	3294	40.000	0.000	104.000	0.000944
STORY14	Y	COMB6	3313	44.000	4.000	104.000	0.001196
STORY15	X	COMB6	3294	40.000	0.000	100.000	0.000986
STORY15	Y	COMB6	3313	44.000	4.000	100.000	0.001236
STORY16	X	COMB6	3294	40.000	0.000	96.000	0.001022
STORY16	Y	COMB6	3313	44.000	4.000	96.000	0.001271
STORY17	X	COMB6	3291	40.000	22.000	92.000	0.001056
STORY17	Y	COMB6	3307	0.000	4.000	92.000	0.001301
STORY18	X	COMB6	3291	40.000	22.000	88.000	0.001087
STORY18	Y	COMB6	3307	0.000	4.000	88.000	0.001330
STORY19	X	COMB6	3291	40.000	22.000	84.000	0.001118
STORY19	Y	COMB6	3307	0.000	4.000	84.000	0.001357
STORY20	X	COMB6	3291	40.000	22.000	80.000	0.001148
STORY20	Y	COMB6	3307	0.000	4.000	80.000	0.001382
STORY21	X	COMB6	3291	40.000	22.000	76.000	0.001175
STORY21	Y	COMB6	3307	0.000	4.000	76.000	0.001405
STORY22	X	COMB6	3291	40.000	22.000	72.000	0.001201
STORY22	Y	COMB6	3307	0.000	4.000	72.000	0.001424
STORY23	X	COMB6	3292	40.000	22.000	68.000	0.001223
STORY23	Y	COMB6	3307	0.000	4.000	68.000	0.001440
STORY24	X	COMB6	3291	40.000	22.000	64.000	0.001242
STORY24	Y	COMB6	3307	0.000	4.000	64.000	0.001451
STORY25	X	COMB6	3294	40.000	0.000	60.000	0.001257
STORY25	Y	COMB6	3313	44.000	4.000	60.000	0.001459
STORY26	X	COMB6	3294	40.000	0.000	56.000	0.001269
STORY26	Y	COMB6	3313	44.000	4.000	56.000	0.001462
STORY27	X	COMB6	3294	40.000	0.000	52.000	0.001276
STORY27	Y	COMB6	3313	44.000	4.000	52.000	0.001459
STORY28	X	COMB6	3294	40.000	0.000	48.000	0.001276
STORY28	Y	COMB6	3313	44.000	4.000	48.000	0.001450
STORY29	X	COMB6	3294	40.000	0.000	44.000	0.001268
STORY29	Y	COMB6	3313	44.000	4.000	44.000	0.001453
STORY30	X	COMB6	3294	40.000	0.000	40.000	0.001255
STORY30	Y	COMB6	3313	44.000	4.000	40.000	0.001457
STORY31	X	COMB6	3294	40.000	0.000	36.000	0.001243
STORY31	Y	COMB6	3313	44.000	4.000	36.000	0.001372
STORY32	X	COMB6	3291	40.000	22.000	32.000	0.001202
STORY32	Y	COMB6	3307	0.000	4.000	32.000	0.001328
STORY33	X	COMB6	3291	40.000	22.000	28.000	0.001162
STORY33	Y	COMB6	3307	0.000	4.000	28.000	0.001272
STORY34	X	COMB6	3291	40.000	22.000	24.000	0.001169
STORY34	Y	COMB6	3307	0.000	4.000	24.000	0.001283
STORY35	X	COMB6	3291	40.000	22.000	20.000	0.001043
STORY35	Y	COMB6	3307	0.000	4.000	20.000	0.001118

STORY DIRECTION LOAD POINT X Y Z MAX TILT

STORY	DIRECTION	LOAD	POINT	X	Y	Z	MAX TILT
STORY1	X	COMB6	3294	40,000	0,000	12,000	0,000857
STORY1	Y	COMB6	3313	44,000	4,000	12,000	0,000901
STORY1	Z	COMB6	3294	40,000	0,000	8,000	0,000702
STORY1	Z	COMB6	3313	44,000	4,000	8,000	0,000756
STORY1	Z	COMB6	3292	40,000	22,000	4,000	0,000367
STORY1	Z	COMB6	3317	0,000	4,000	4,000	0,000450

DATA BY DIRECTION & POINTS

STORY	FLASH/RAM	DIRECTION	LOAD	POINT	X	Y	Z	MAX. DR.
STORY1	1	X	COMB6	3294	40,000	0,000	120,000	0,000
STORY1	1	Y	COMB6	3313	44,000	4,000	120,000	0,000
STORY2	1	X	COMB6	3294	40,000	0,000	116,000	0,000
STORY2	1	Y	COMB6	3313	44,000	4,000	116,000	0,001
STORY3	1	X	COMB6	3294	40,000	0,000	112,000	0,000
STORY3	1	Y	COMB6	3313	44,000	4,000	112,000	0,001
STORY4	1	X	COMB6	3294	40,000	0,000	108,000	0,000
STORY4	1	Y	COMB6	3313	44,000	4,000	108,000	0,001
STORY5	1	X	COMB6	3294	40,000	0,000	104,000	0,000
STORY5	1	Y	COMB6	3313	44,000	4,000	104,000	0,001
STORY6	1	X	COMB6	3294	40,000	0,000	100,000	0,000
STORY6	1	Y	COMB6	3313	44,000	4,000	100,000	0,001
STORY7	1	X	COMB6	3294	40,000	0,000	96,000	0,001
STORY7	1	Y	COMB6	3313	44,000	4,000	96,000	0,001
STORY8	1	X	COMB6	3294	40,000	22,000	92,000	0,001
STORY8	1	Y	COMB6	3307	0,000	4,000	92,000	0,001
STORY9	1	X	COMB6	3291	40,000	22,000	88,000	0,001
STORY9	1	Y	COMB6	3307	0,000	4,000	88,000	0,001
STORY10	1	X	COMB6	3291	40,000	22,000	84,000	0,001
STORY10	1	Y	COMB6	3307	0,000	4,000	84,000	0,001
STORY11	1	X	COMB6	3291	40,000	22,000	80,000	0,001
STORY11	1	Y	COMB6	3307	0,000	4,000	80,000	0,001
STORY12	1	X	COMB6	3291	40,000	22,000	76,000	0,001
STORY12	1	Y	COMB6	3307	0,000	4,000	76,000	0,001
STORY13	1	X	COMB6	3291	40,000	22,000	72,000	0,001
STORY13	1	Y	COMB6	3307	0,000	4,000	72,000	0,001
STORY14	1	X	COMB6	3292	40,000	22,000	68,000	0,001
STORY14	1	Y	COMB6	3307	0,000	4,000	68,000	0,001
STORY15	1	X	COMB6	3292	40,000	22,000	64,000	0,001
STORY15	1	Y	COMB6	3307	0,000	4,000	64,000	0,001
STORY16	1	X	COMB6	3294	40,000	0,000	60,000	0,001
STORY16	1	Y	COMB6	3313	44,000	4,000	60,000	0,001
STORY17	1	X	COMB6	3294	40,000	0,000	56,000	0,001
STORY17	1	Y	COMB6	3313	44,000	4,000	56,000	0,001
STORY18	1	X	COMB6	3294	40,000	0,000	52,000	0,001
STORY18	1	Y	COMB6	3313	44,000	4,000	52,000	0,001
STORY19	1	X	COMB6	3294	40,000	0,000	48,000	0,001
STORY19	1	Y	COMB6	3313	44,000	4,000	48,000	0,001
STORY20	1	X	COMB6	3294	40,000	0,000	44,000	0,001
STORY20	1	Y	COMB6	3313	44,000	4,000	44,000	0,001
STORY21	1	X	COMB6	3294	40,000	0,000	40,000	0,001
STORY21	1	Y	COMB6	3313	44,000	4,000	40,000	0,001
STORY22	1	X	COMB6	3294	40,000	0,000	36,000	0,001
STORY22	1	Y	COMB6	3313	44,000	4,000	36,000	0,001
STORY23	1	X	COMB6	3291	40,000	22,000	32,000	0,001
STORY23	1	Y	COMB6	3307	0,000	4,000	32,000	0,001
STORY24	1	X	COMB6	3291	40,000	22,000	28,000	0,001
STORY24	1	Y	COMB6	3307	0,000	4,000	28,000	0,001
STORY25	1	X	COMB6	3291	40,000	22,000	24,000	0,001
STORY25	1	Y	COMB6	3307	0,000	4,000	24,000	0,001
STORY26	1	X	COMB6	3291	40,000	22,000	20,000	0,001
STORY26	1	Y	COMB6	3307	0,000	4,000	20,000	0,001

ETABS 8.6.0.111441 SANTA1 30 10/26/08 11:27:35 PAGE 91
Generated: 10/26/08 11:27:35

STRUCTURAL DRAFTING

STORY	DIAGRAPH	DIRECTION	LOAD	POINT	X	Y	Z	MAX DR
STORY	11	X	100000	3294	40.000	0.000	12.000	0.000
STORY	11	Y	100000	3313	44.000	4.000	12.000	0.000
STORY	11	Z	100000	3294	40.000	0.000	8.000	0.000
STORY	11	Y	100000	3313	44.000	4.000	8.000	0.000
STORY	11	Z	100000	3291	40.000	22.000	4.000	0.000
STORY	11	Y	100000	3307	0.000	4.000	4.000	0.000

LAMPIRAN II

**
RESPONSE COMPUTER MODELS

RESP SENS CASE: JPM/1

BASIC RESPONSE SPECTRUM DATA

MODEL NUMBER	DIRECTION NUMBER	MODAL DAMPING	SPECTRUM ANGLE
001	0000	0.0500	0.0000

RESPONSE SPECTRUM FUNCTION ASSIGNMENT DATA

DIRECTION	FUNCTION	SCALE FACT
U1	FFFF	2.0711
U2	----	N/A
U3	----	N/A

--
REFINERIES - APPROXIMATE FUNCTION - UBC 9.7

FUNCTION NAME: FDNF1

z	f(z)
0.4400	0.6400

PERIOD	ACCEL.
0.0000	0.4400
0.1164	1.1000
0.5818	1.1000
1.2500	0.8000
2.0000	0.6400
2.7500	0.5433
3.5000	0.4571
4.2500	0.4000
5.0000	0.3556
5.7500	0.3200
6.5000	0.2560
7.2500	0.2133
8.0000	0.1829
8.7500	0.1600
9.5000	0.1422
10.2500	0.1280
11.0000	0.1164
11.7500	0.1067
12.5000	0.0985
13.2500	0.0914
14.0000	0.0853
14.7500	0.0800
15.5000	0.0753
16.2500	0.0711
17.0000	0.0674
17.7500	0.0640

STATION 0: NONLINEAR CASE 0

STATIONAL CASE: GRAV

BASIC STATIC NONLINEAR CASE DATA

STATIONAL TYPE	MONITORED DIRECTION	MONITORED POINT	MONITORED STORY	PREVIOUS CASE	POSITIVE ONLY	UNLOADING METHOD	GEOMETRIC NONLINEARITY
Disp	0X	1	STORY30	None	Yes	Unload Ent	P-Delta

ADVANCED STATIC NONLINEAR CASE DATA

MIN SAVED	MAX NULL	MAX TOTAL	MAX ITER	ITER TOL	EVENT TOL
1	1000000	1000000	1000000	1.0000E-04	1.0000E-02

STATIC NONLINEAR LOAD PATTERN

LID	SCALE FACT
WAT1	1.0000
HIDME	1.0000
FLADD(6)	1.0000

STATIC NONLINEAR ACTIVE STRUCTURE

STAGE	GROUP	LOADS APPLY
Stage 1	All	Added only

STATIONAL CASE: REMPA

BASIC STATIC NONLINEAR CASE DATA

STATIONAL TYPE	MONITORED DIRECTION	MONITORED POINT	MONITORED STORY	PREVIOUS CASE	POSITIVE ONLY	UNLOADING METHOD	GEOMETRIC NONLINEARITY
Disp	0X	1	STORY30	GRAV	Yes	Unload Ent	P-Delta

ADVANCED STATIC NONLINEAR CASE DATA

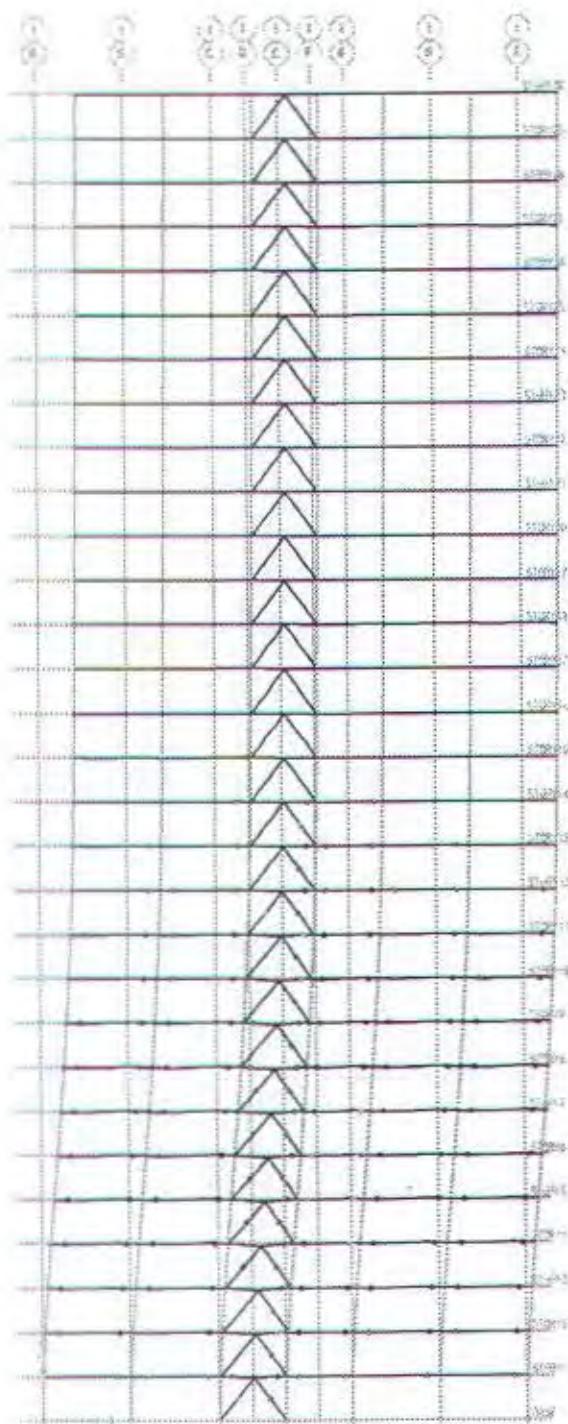
MIN SAVED	MAX NULL	MAX TOTAL	MAX ITER	ITER TOL	EVENT TOL
1	1000000	1000000	1000000	1.0000E-03	1.0000E-02

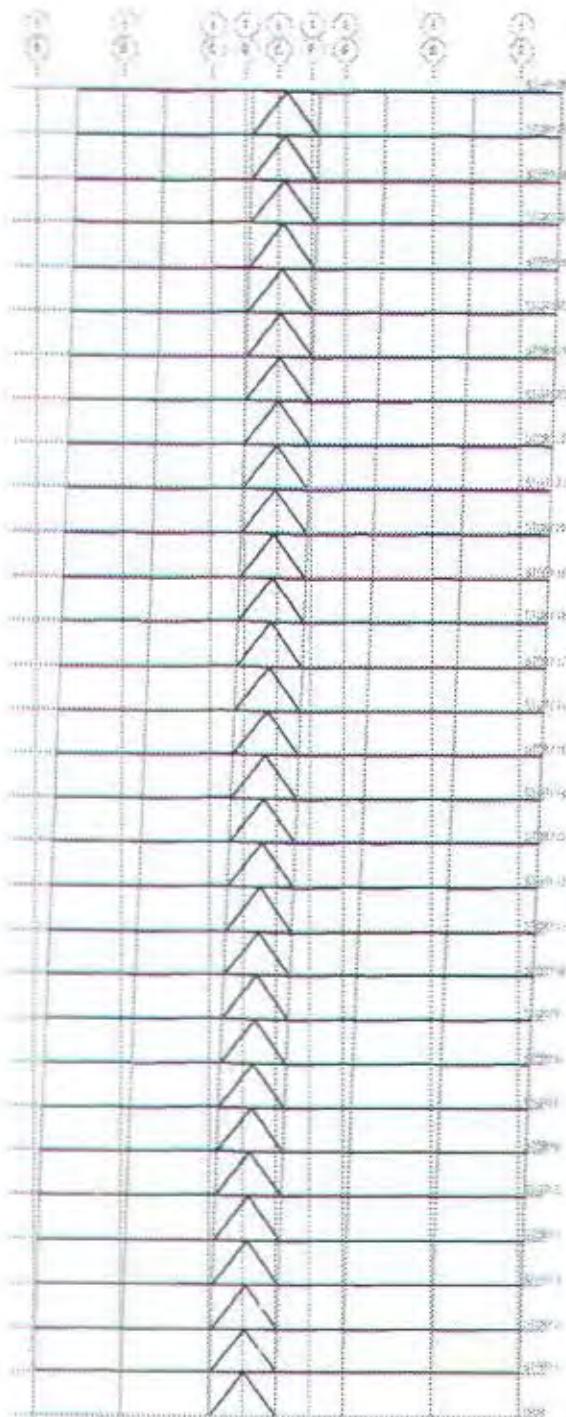
STATIC NONLINEAR LOAD PATTERN

LID	SCALE FACT
Ax-For 3	-1.0000

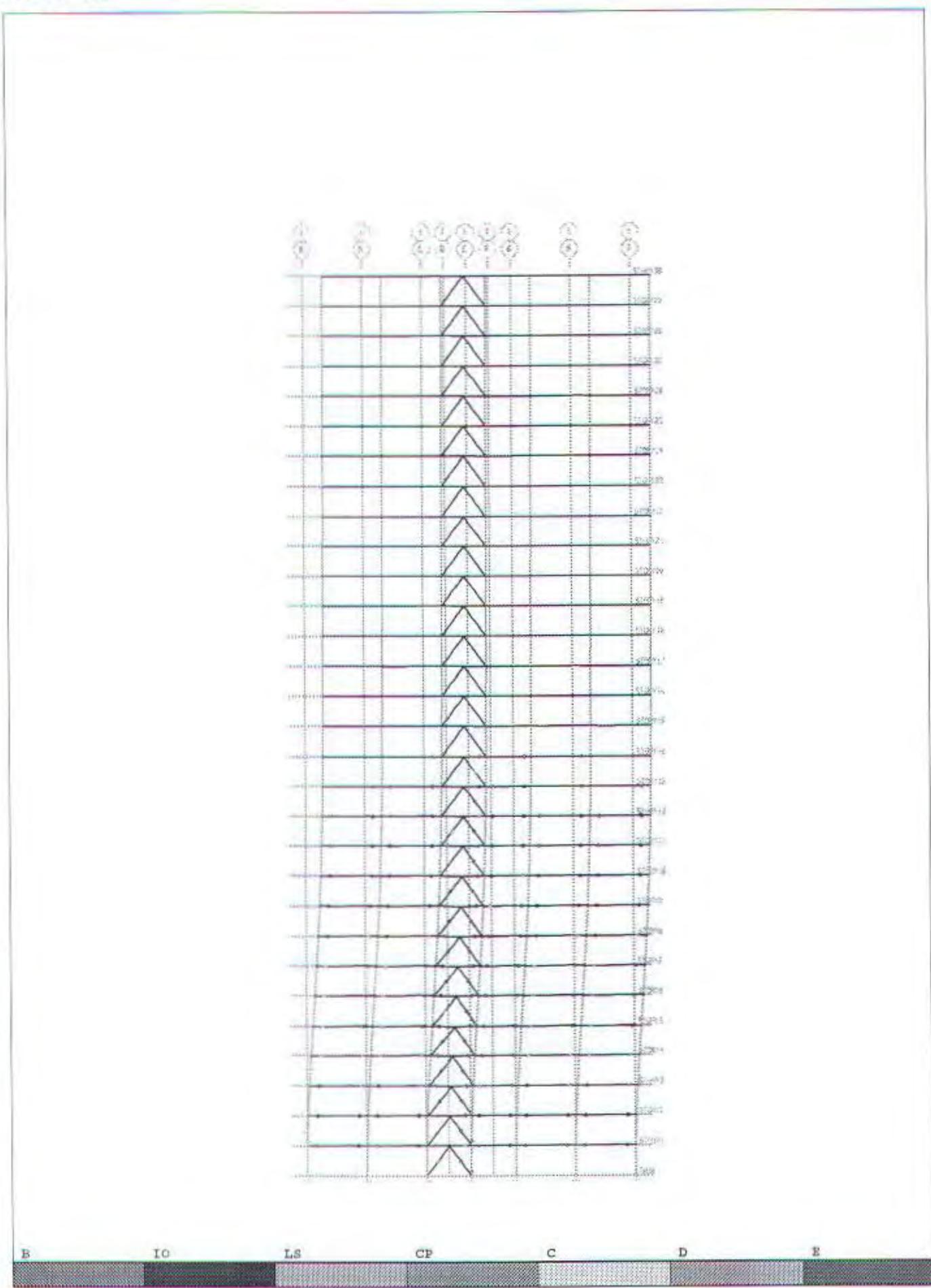
STATIC NONLINEAR ACTIVE STRUCTURE

STAGE	GROUP	LOADS APPLY
Stage 1	All	All elements



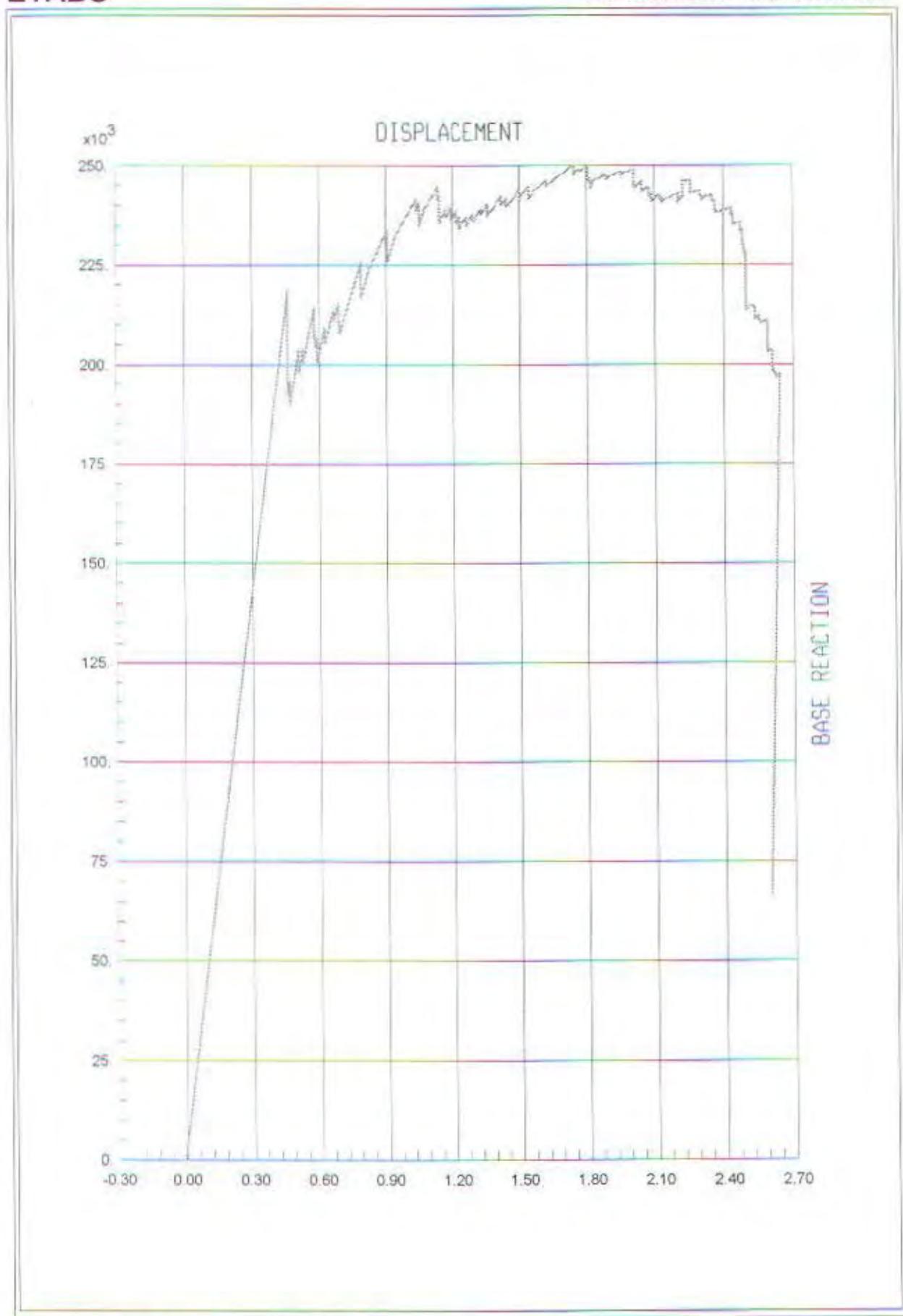


B IO LS CP C D E



ETABS

Pushover Curve 12/31/03 6:45:05



P R O S H O V E R C O U R S E

Papierkarte: DEMPA

Step	Displacement	Base	Force	A-B	B-10	10-12	12-CF	CF-C	C-D	D-E	E-TOTAL
1	0,1007	0,0000	628	2	0	0	0	0	0	0	628
2	0,4600	218615,0938	628	0	0	0	0	0	2	0	0,460
3	0,4610	219034,8125	623	3	0	0	0	0	1	4	0,460
4	0,4620	192452,2656	622	3	0	0	0	0	1	4	0,460
5	0,4704	196008,3458	618	6	0	0	0	0	0	5	0,470
6	0,4702	189809,5281	615	9	0	0	0	0	1	5	0,470
7	0,5102	203976,2906	613	21	0	0	0	0	0	2	0,510
8	0,5101	197863,2168	610	13	0	0	0	0	1	4	0,510
9	0,5107	204210,5156	608	15	0	0	0	0	0	2	0,510
10	0,5108	200333,5156	596	26	0	0	0	0	0	5	0,510
11	0,5773	214056,0375	592	29	0	0	0	0	0	4	0,577
12	0,5774	206671,0719	592	29	0	0	0	0	0	4	0,577
13	0,5852	208212,7031	590	30	3	3	0	0	1	4	0,585
14	0,5853	204422,8469	590	29	0	0	0	0	0	5	0,585
15	0,5920	206607,7188	588	33	0	0	0	0	0	5	0,592
16	0,5941	200598,8760	585	33	0	0	0	0	0	4	0,594
17	0,6262	208461,3281	584	33	0	0	0	0	0	4	0,626
18	0,6262	205155,2344	580	37	0	0	0	0	0	3	0,626
19	0,6058	213820,0781	580	37	0	0	0	0	0	3	0,605
20	0,6459	211088,1189	578	38	5	5	0	0	1	3	0,645
21	0,6862	215397,6406	576	40	5	5	0	0	0	4	0,686
22	0,6863	209871,0150	575	41	0	0	0	0	0	3	0,686
23	0,6908	211035,12969	575	40	6	6	0	0	0	3	0,690
24	0,6907	207480,9219	558	53	0	0	0	0	1	3	0,690
25	0,7857	225687,5781	555	54	10	0	0	0	0	4	0,785
26	0,7868	218682,0025	551	57	11	0	0	0	0	4	0,786
27	0,8206	223236,5625	537	59	23	0	0	0	0	3	0,820
28	0,9059	233854,9063	534	59	25	0	0	0	0	4	0,905
29	0,9060	225812,9219	529	62	26	1	0	0	0	4	0,906
30	0,9412	232112,7656	520	57	37	4	0	0	0	3	0,941
31	1,0356	241731,8750	520	56	38	4	0	0	0	3	0,935
32	1,0476	239560,4063	520	56	38	4	0	0	0	3	0,947
33	1,0479	239885,3438	517	58	38	4	0	0	1	3	0,947
34	1,0497	240718,0938	514	61	38	4	0	0	0	3	0,949
35	1,0498	234901,2500	513	60	39	5	0	0	0	3	0,949
36	1,0499	238996,8125	509	61	42	4	0	0	1	3	0,949
37	1,1435	244707,2188	509	61	42	4	0	0	0	4	0,943
38	1,1436	241401,2813	509	60	43	3	0	0	1	4	0,943
39	1,1439	242198,3900	509	60	43	2	0	0	1	5	0,943
40	1,14410	238904,2344	509	60	43	2	0	0	0	5	0,941
41	1,14411	235804,0000	508	61	43	2	0	0	0	5	0,941
42	1,1674	238897,8750	508	61	43	2	0	0	0	5	0,967
43	1,1679	237104,4219	506	61	44	3	0	0	0	4	0,967
44	1,1911	239368,5469	506	61	44	3	0	0	0	4	0,991
45	1,1912	237659,1500	506	61	44	3	0	0	0	3	0,991
46	1,1933	237955,0156	506	61	44	3	0	0	0	3	0,993
47	1,1933	236440,6250	506	59	46	2	0	0	1	3	0,993
48	1,1944	238691,2656	506	59	46	2	0	0	0	4	0,994
49	1,2182	235386,0000	506	56	49	2	0	0	1	4	0,998
50	1,2187	237083,2969	506	55	50	1	0	0	0	5	0,998
51	1,2198	234122,2344	506	53	52	1	0	0	0	5	0,998
52	1,2415	235575,6875	505	53	53	1	0	0	0	4	0,998
53	1,2708	237320,2813	504	53	54	1	0	0	0	4	0,998
54	1,2826	234643,9688	504	53	54	1	0	0	0	4	0,998
55	1,2740	236368,1408	504	50	57	1	0	0	0	3	0,998
56	1,2899	237695,8125	504	49	58	1	0	0	0	3	0,998
57	1,2900	235943,4219	503	42	65	2	0	0	0	2	0,998
58	1,2983	239261,6250	503	42	65	2	0	0	0	2	0,998
59	1,2984	237438,1875	503	42	65	2	0	0	0	2	0,998
60	1,3071	239555,6250	502	42	66	1	0	0	1	2	0,998
61	1,3086	240325,4219	502	42	65	2	0	0	0	3	0,998
62	1,3087	237319,3438	500	40	68	1	0	0	1	3	0,998
63	1,3087	242198,0625	493	48	66	2	0	0	0	5	0,998
64	1,3477	240274,46531	493	45	69	2	0	0	0	4	0,998
65	1,3494	241916,9631	493	43	71	2	0	0	0	4	0,998
66	1,3494	239547,2188	491	41	75	2	0	0	0	3	0,998
67	1,3501	243920,2969	490	37	80	2	0	0	0	3	0,998
68	1,3503	241163,3750	489	38	80	2	0	0	0	3	0,998
69	1,3503	242434,6094	489	38	80	2	0	0	0	3	0,998
70	1,35145	243211,8906	487	37	83	1	0	0	1	3	0,998
71	1,35437	244916,8281	487	37	82	2	0	0	0	4	0,998
72	1,35438	241659,4063	487	37	82	2	0	0	0	4	0,998
73	1,35500	243358,8438	485	36	84	3	0	0	0	3	0,998
74	1,35517	246272,0781	485	36	84	3	0	0	0	3	0,998
75	1,35517	244667,5938	484	37	83	4	0	0	0	3	0,998
76	1,35584	245301,8594	479	37	85	6	0	0	1	3	0,998

1.75%	248590,2500	478	37	84	2	0	1	4	19	6,41
0,7058	248068,7169	472	42	85	7	0	0	5	19	6,30



EQUILIBRIUM CHECK

Line	Dimension	Base Force	A-B	B-10	10-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	E	Total
81	1.27679	246347.8750	471	41	87	6	0	1	5	19	630
82	1.60012	245586.1094	471	38	90	6	0	0	6	19	630
83	1.80012	245963.6563	471	37	91	6	0	0	5	20	630
84	1.81711	245938.7813	470	37	92	6	0	0	5	20	630
85	1.81716	244128.7344	469	38	91	7	0	0	5	20	630
86	1.82098	245954.5313	469	38	91	7	0	0	5	20	630
87	1.84210	245511.0460	469	38	89	9	0	0	4	24	630
88	1.88667	247784.7169	468	39	89	9	0	0	4	24	630
89	1.89868	246024.8750	468	39	88	10	0	0	4	24	630
90	1.89871	246465.7969	468	39	88	10	0	0	4	24	630
91	1.89740	247059.1875	465	40	90	10	0	0	3	24	630
92	1.97140	248469.2344	464	40	91	10	0	0	3	24	630
93	1.98447	247330.1406	464	40	91	10	0	0	3	24	630
94	2.06550	247828.5313	463	37	94	9	0	2	5	24	630
95	2.07091	246404.0313	463	37	94	9	0	0	5	24	630
96	2.07094	244209.0150	463	37	94	9	0	0	5	24	630
97	2.07171	245542.8594	463	36	94	10	0	0	4	24	630
98	2.07191	245956.6875	463	36	92	12	0	0	3	24	630
99	2.07192	245305.9219	463	35	93	12	0	0	3	24	630
100	2.07193	243773.2188	463	35	93	11	0	1	3	24	630
101	2.07194	244415.0625	463	35	93	11	0	0	4	24	630
102	2.07195	242261.0313	463	35	92	12	0	0	4	24	630
103	2.07196	242734.7344	463	35	90	13	0	1	4	24	630
104	2.07197	243111.10781	463	35	89	14	0	0	5	24	630
105	2.07198	240855.5781	462	36	89	14	0	0	5	24	630
106	2.07199	241643.8906	462	36	87	16	0	0	4	25	630
107	2.12036	242655.3125	462	36	86	17	0	0	4	25	630
108	2.12356	241410.3125	462	36	84	19	0	0	3	26	630
109	2.13227	241928.2344	462	36	84	19	0	0	3	26	630
110	2.13229	240712.3438	461	36	85	19	0	0	3	26	630
111	2.13594	241159.7656	461	33	83	23	0	1	3	26	630
112	2.13602	243102.7813	460	34	83	23	0	0	4	26	630
113	2.12033	240414.7813	460	34	83	23	0	0	4	26	630
114	2.11110	241405.2198	460	34	83	23	0	0	4	26	630
115	2.12104	241757.3594	459	35	83	23	0	0	4	26	630
116	2.12264	242083.7656	454	37	86	23	0	0	4	26	630
117	2.12265	246021.1250	454	36	85	24	0	1	4	26	630
118	2.12598	246174.2969	454	36	85	24	0	0	5	26	630
119	2.12599	242821.5781	454	36	85	24	0	0	5	26	630
120	2.12657	243141.8750	454	35	85	25	0	0	4	27	630
121	2.12981	243565.6094	454	35	85	25	0	0	4	27	630
122	2.12981	242056.5625	453	36	85	25	0	0	3	26	630
123	2.13052	242656.2969	453	36	85	25	0	0	3	26	630
124	2.13053	241363.7469	453	35	85	26	0	0	3	26	630
125	2.13142	241804.9063	453	35	85	26	0	0	3	26	630
126	2.13148	242199.2168	452	35	84	27	0	1	3	26	630
127	2.13221	242587.9688	452	35	84	27	0	0	4	26	630
128	2.13222	240871.6250	452	35	84	27	0	0	4	26	630
129	2.13587	241255.9688	452	35	84	26	0	1	3	26	630
130	2.13629	241136.7031	452	35	84	26	0	0	4	26	630
131	2.13630	238604.4375	452	35	84	26	0	0	3	30	630
132	2.13680	238958.7500	452	35	84	26	0	0	3	30	630
133	2.13690	237978.7813	452	35	84	26	0	0	3	30	630
134	2.13708	238256.8125	451	36	77	32	0	2	3	30	630
135	2.14348	235388.9844	451	36	77	32	0	0	4	30	630
136	2.14349	237394.6875	451	36	77	31	0	1	3	31	630
137	2.14411	237774.0313	451	36	77	31	0	0	4	31	630
138	2.14411	234932.3750	451	36	77	31	0	0	4	31	630
139	2.14487	235308.6250	450	35	78	31	0	1	4	31	630
140	2.14731	235945.5625	450	35	77	32	0	0	5	31	630
141	2.14731	233419.1719	450	35	74	34	0	1	5	31	630
142	2.14974	233397.94214	450	35	73	34	0	1	6	32	640
143	2.14975	231505.0938	450	35	73	34	0	0	7	32	640
144	2.14983	231919.9844	450	35	73	34	0	0	6	32	640
145	2.14989	230389.8750	449	36	73	34	0	0	6	33	640
146	2.14989	227748.8750	449	36	72	33	0	2	5	33	640
147	2.14987	228351.6094	449	37	69	31	0	0	5	38	640
148	2.14988	231373.2813	449	36	67	34	0	0	5	39	640
149	2.15282	2350_0_4688	449	36	67	34	0	0	5	39	640
150	2.15282	233609.1094	449	36	68	32	0	1	5	39	640
151	2.15358	231405.3800	449	36	68	34	0	0	5	39	640
152	2.15358	231248.3281	449	36	66	34	0	0	5	39	640
153	2.15361	231061.2031	449	36	66	34	0	0	5	40	640
154	2.15366	231229.8594	449	36	66	34	0	0	5	40	640
155	2.15366	231084.16875	449	36	66	34	0	0	4	41	640
156	2.15366	231134.0781	449	36	66	34	0	0	4	41	640
157	2.15364	231091.1684	449	36	64	36	0	0	4	41	640
158	2.15364	231040.8750	449	36	63	35	0	1	4	41	640

卷之三

RESPONSE SPECTRUM CASE 3

RESP SPEC NAME: SPEC1

BASIC RESPONSE SPECTRUM DATA

MODAL NUMBER	DIRECTION	MODAL Damping	SPECTRUM ANGLE
1	ZERO	0.0500	0.0000

RESPONSE SPECTRUM FUNCTION ASSIGNMENT DATA

DIRECTION	FUNCTION	SCALE FACT
1	FUND	4.2669
2	----	N/A
3	----	N/A

STATIC NONLINEAR CASE 2

STATIC CASE: GRAV

EASY STATIC NONLINEAR CASE DATA

STATIC CASE TYPE	MONITORED DIRECTION	MONITORED POINT	MONITORED STORY	PREVIOUS CASE	POSITIVE ONLY	UNLOADING METHOD	GEOMETRIC NONLINEARITY
Full	UZ	1	STORY30	None	Yes	Unload Ent	P-Delta

ADVANCED STATIC NONLINEAR CASE DATA

MAX STEPS	MAX NULL	MAX TOTAL	MAX ITER	ITER TOL	EVENT TOL
1000000	1000000	10000000	1000000	1.0000E-04	1.0000E-02

STATIC NONLINEAR LOAD PATTERN

LOAD SCALE FACT:

MASS: 1.0000
GEOM: 1.0000
LOADS: 1.0000

STATIC NONLINEAR ACTIVE STRUCTURE

STAGE: FROM LOAD APPLY
Stage 1 ALL Added Only

STATIC CASE: TEMP1

EASY STATIC NONLINEAR CASE DATA

STATIC CASE TYPE	MONITORED DIRECTION	MONITORED POINT	MONITORED STORY	PREVIOUS CASE	POSITIVE ONLY	UNLOADING METHOD	GEOMETRIC NONLINEARITY
Full	UZ	1	STORY30	GRAV	Yes	Unload Ent	P-Delta

ADVANCED STATIC NONLINEAR CASE DATA

MAX STEPS	MAX NULL	MAX TOTAL	MAX ITER	ITER TOL	EVENT TOL
1000000	1000000	10000000	1000000	1.0000E-03	1.0000E-02

STATIC NONLINEAR LOAD PATTERN

LOAD SCALE FACT:
A-1000000 -1.00000

STATIC NONLINEAR ACTIVE STRUCTURE

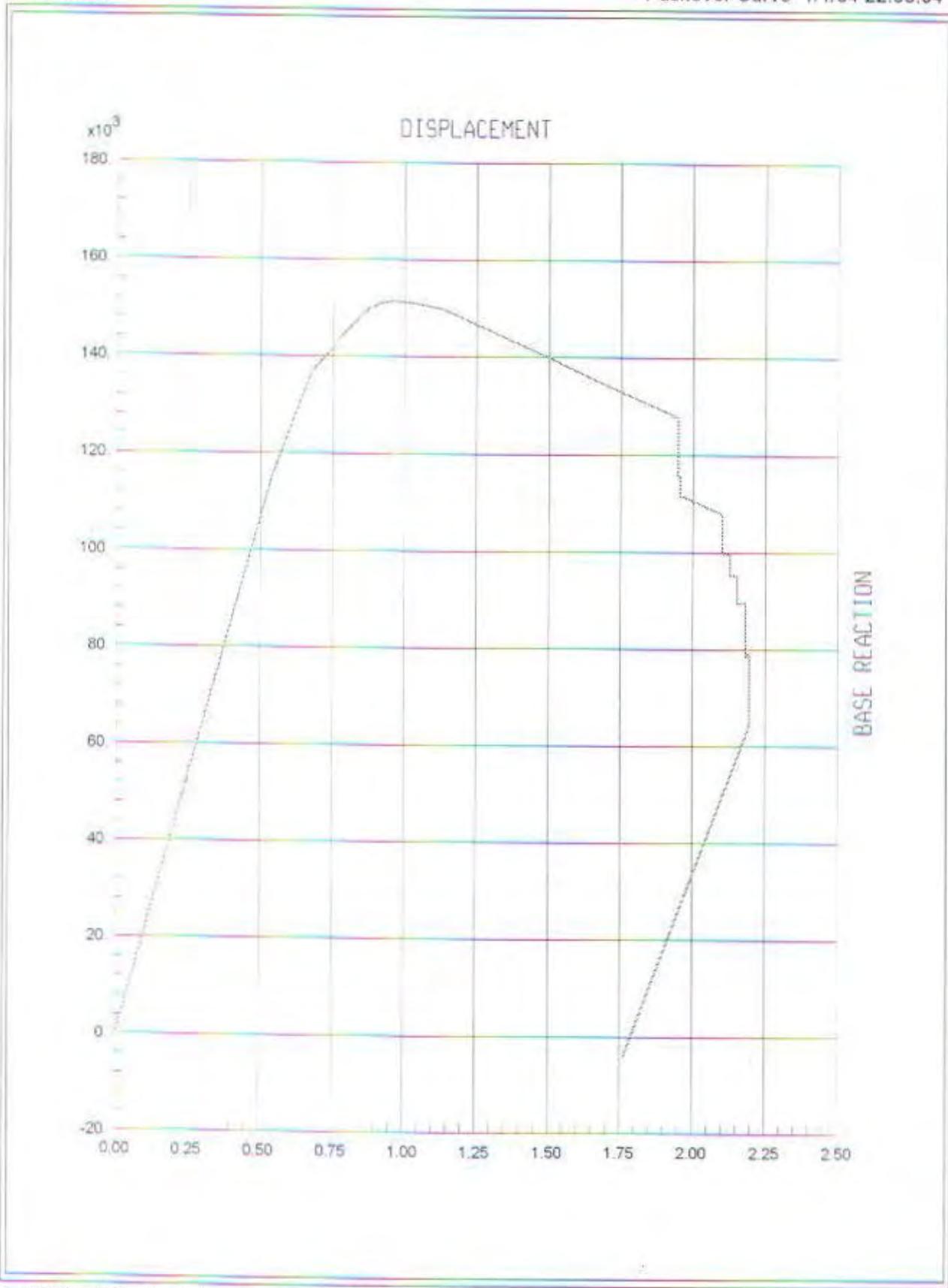
STAGE: FROM LOAD APPLY
Stage 1 ALL All Elements

REDEFINING OF FREQUENCY FUNCTION = UBC 9.7

FUNCTION NAME: FUNC

Ts	Tv
0.4400	0.6400

PERIOD	ACCEL
0.0000	0.4400
0.1742	1.1000
0.3584	1.1000
0.5426	1.0000
0.7268	1.6400
0.9110	0.5333
1.0952	0.4572
1.2794	1.4000
1.4636	0.3556
1.6478	0.3270
1.8320	0.2560
2.0162	0.2133
2.1904	0.1828
2.3746	0.1400
2.5588	0.1422
2.7430	0.1280
2.9272	0.1164
3.1114	0.1097
3.2956	0.0985
3.4798	0.0914
3.6640	0.0853
3.8482	0.0800
4.0324	0.0753
4.2166	0.0711
4.3908	0.0674
4.5750	0.0640



卷之三

Environ Biol Fish (2008) 81:451–458

LAMPIRAN III

R E S P O N S E S : P R E D I C T R U M : C A S E S

R E S P O N S E S : P R E D I C T R U M : C A S E S

B A S I T : R E F E R E N C E S P E C T R U M D A T A

MODAL COMBO	DIRECTION	MODAL DAMPING	SPECTRUM ANGLE
101	FRONT	0.0500	0.0000

R E F E R E N C E S P E C T R U M F U N C T I O N A S S I G N M E N T D A T A

DIRECTION	FUNCTION	SCALE FACT
1	---	N/A
2	FUND	2.8522
3	---	N/A

STATION: HORIZONTAL EARTH LOADS

STATIONAL CASE: SEMPA

BASIC STATIC NONLINEAR CASE DATA

STATIONAL TYPE	MONITORED DIRECTION	MONITORED POINT	MONITORED STORY	PREVIOUS CASE	POSITIVE ONLY	UNLOADING METHOD	GEOMETRIC NONLINEARITY
Push	Y	1	STORY30	None	Yes	Unload Ent	P-Delta

ADVANCED STATIC NONLINEAR CASE DATA

MAX STRESSES	MAX HULL	MAX TOTAL	MAX ITER	ITER TOL	EVENT TOL
	1000000	1000000	1000000	1.0000E-04	1.0000E-02

STATIC NONLINEAR LOAD PATTERN

LOAD	TYPE	FACT
GRAV	Z-GRV	1.0000
BLDG	Z-BLDG	1.0000
BLDGINT	Z-BLDG	1.0000

STATIC NONLINEAR ACTIVE STRUCTURE

STAGE	GRID	LOADS APPLY
Stage 1	All	Added only

STATIONAL CASE: SEMPA

BASIC STATIC NONLINEAR CASE DATA

STATIONAL TYPE	MONITORED DIRECTION	MONITORED POINT	MONITORED STORY	PREVIOUS CASE	POSITIVE ONLY	UNLOADING METHOD	GEOMETRIC NONLINEARITY
Push	Y	1	STORY30	GRAV	Yes	Unload Ent	P-Delta

ADVANCED STATIC NONLINEAR CASE DATA

MAX STRESSES	MAX HULL	MAX TOTAL	MAX ITER	ITER TOL	EVENT TOL
	1000000	1000000	1000000	1.0000E-03	1.0000E-02

STATIC NONLINEAR LOAD PATTERN

LOAD	TYPE	FACT
BLDG	Z-BLDG	-1.0000

STATIC NONLINEAR ACTIVE STRUCTURE

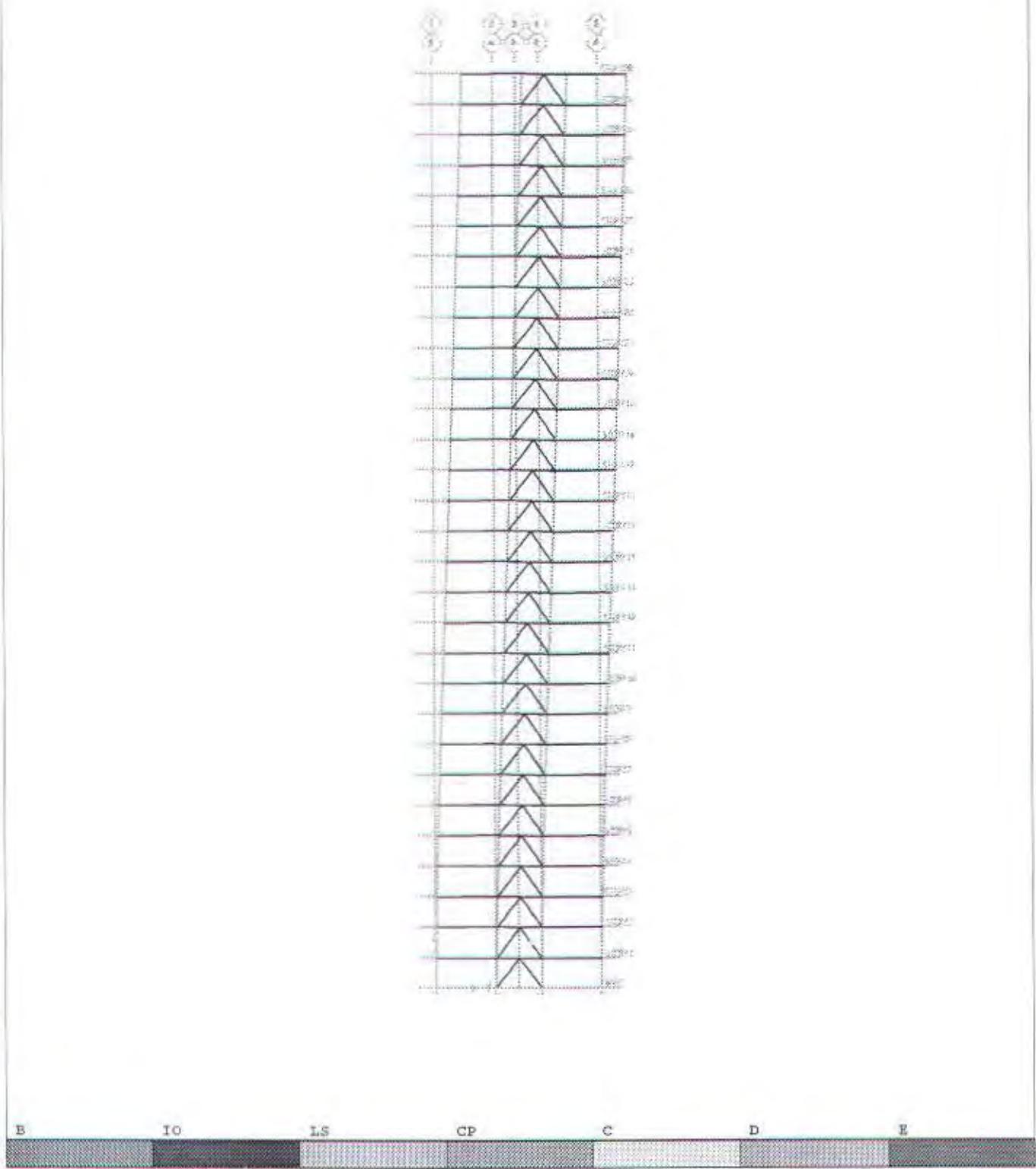
STAGE	GRID	LOADS APPLY
Stage 1	All	All elements

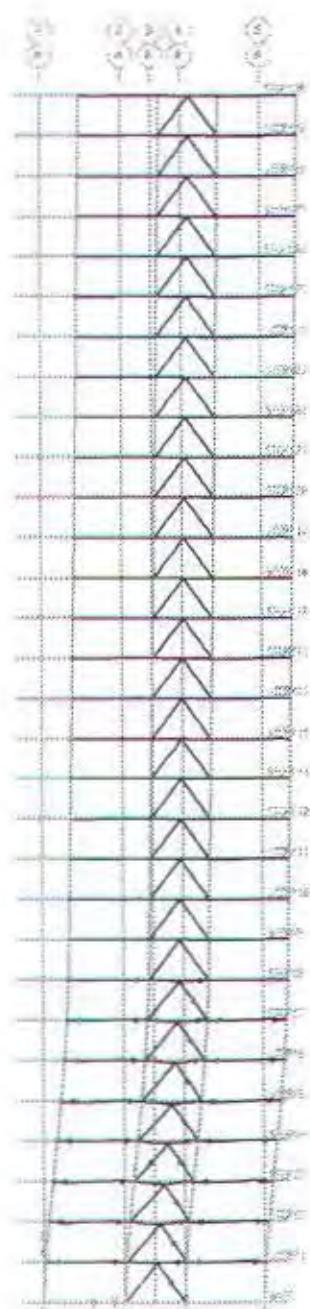
--
RESONANCE FREQUENCY FUNCTION - UBC 9.7

FUNCTION NAME: FUNC1

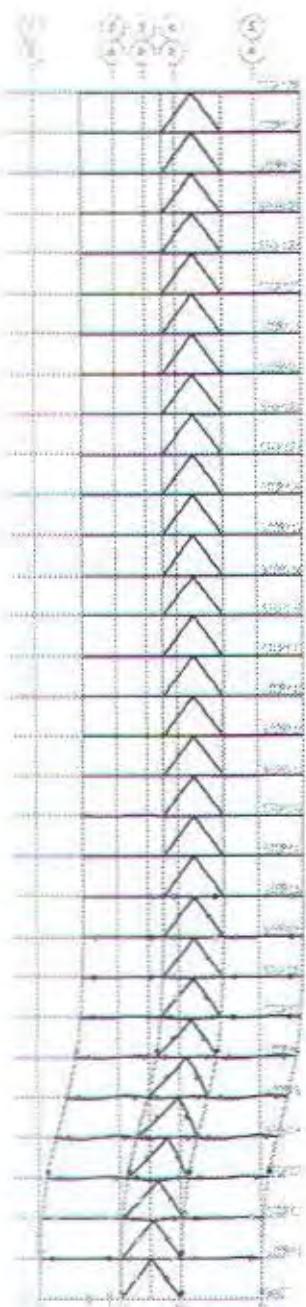
Theta	Inv
0.4400	0.9400

PERIOD	ANGLE
0.6700	0.4400
0.7164	0.4400
0.7518	0.2000
0.8000	0.0000
1.0000	-0.6400
1.2000	-0.5433
1.4000	-0.4571
1.6000	-0.4000
1.8000	-0.3556
2.0000	-0.3200
2.2000	-0.2500
2.4000	-0.2133
2.6000	-0.1667
3.0000	-0.1000
3.4000	-0.0423
3.8000	0.1200
4.2000	0.4400
4.6000	0.7600
5.0000	0.9400
5.4000	0.9914
5.8000	0.9853
6.0000	0.9800
6.5000	0.9753
7.0000	0.9911
7.5000	0.9974
10.0000	0.9940

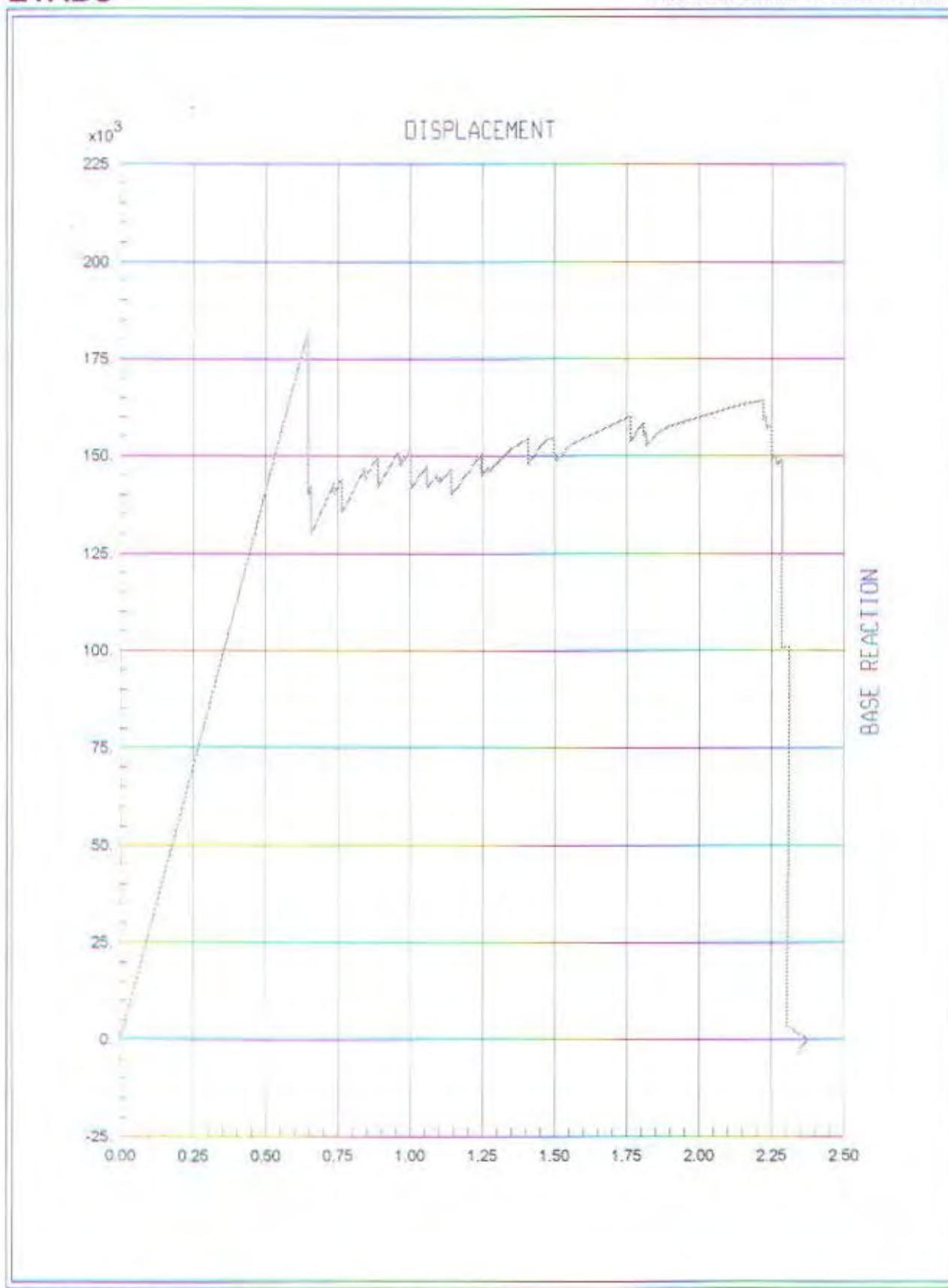




B IO LS CP C D E



B IO LS CP C D E



RESPONSE SPECTRUM CASES

RESP STEP CASE: GENE

BASIC RESPONSE SPECTRUM DATA

MODE	DIRECTION	MODAL DAMPING	SPECTRUM ANGLE
1	WIND	0.0500	0.0000

RESPONSE SPECTRUM FUNCTION ASSIGNMENT DATA

DIRECTION	FUNCTION	SCALE FACT
U1	---	N/A
U2	FUND	4.0830
U3	---	N/A

STATISTICAL NONLINEAR CASES

STATISTICAL CASE: STAT

BASIC STATIC NONLINEAR CASE DATA

STATISTICAL TYPE	MONITORED DIRECTION	MONITORED POINT	MONITORED STORY	PREVIOUS CASE	POSITIVE ONLY	UNLOADING METHOD	GEOMETRIC NONLINEARITY
STAY	1		STORY30	None	Yes	Unload Ent	P-Delta

ADVANCED STATIC NONLINEAR CASE DATA

MAX NORM	MAX TOTAL	MAX ITER	ITER TOL	EVENT TOL
1000000	1000000	1000000	1.0000E-04	1.0000E-02

STATIC NONLINEAR LOAD PATTERN

STAGE	LOAD FACT
Stage 1	1.00000
Stage 2	-1.00000
Stage 3	1.00000

STATIC NONLINEAR ACTIVE STRUCTURE

STAGE	LOAD	LOAD APPLY
Stage 1	All	Added only

STATISTICAL CASE: STAT

BASIC STATIC NONLINEAR CASE DATA

STATISTICAL TYPE	MONITORED DIRECTION	MONITORED POINT	MONITORED STORY	PREVIOUS CASE	POSITIVE ONLY	UNLOADING METHOD	GEOMETRIC NONLINEARITY
STAY	1	1	STORY30	GRAV	Yes	Unload Ent	P-Delta

ADVANCED STATIC NONLINEAR CASE DATA

MAX NORM	MAX TOTAL	MAX ITER	ITER TOL	EVENT TOL
1000000	1000000	1000000	1.0000E-03	1.0000E-02

STATIC NONLINEAR LOAD PATTERN

STAGE	LOAD FACT
Stage 1	-1.00000

STATIC NONLINEAR ACTIVE STRUCTURE

STAGE	LOAD	LOAD APPLY
Stage 1	All	All elements

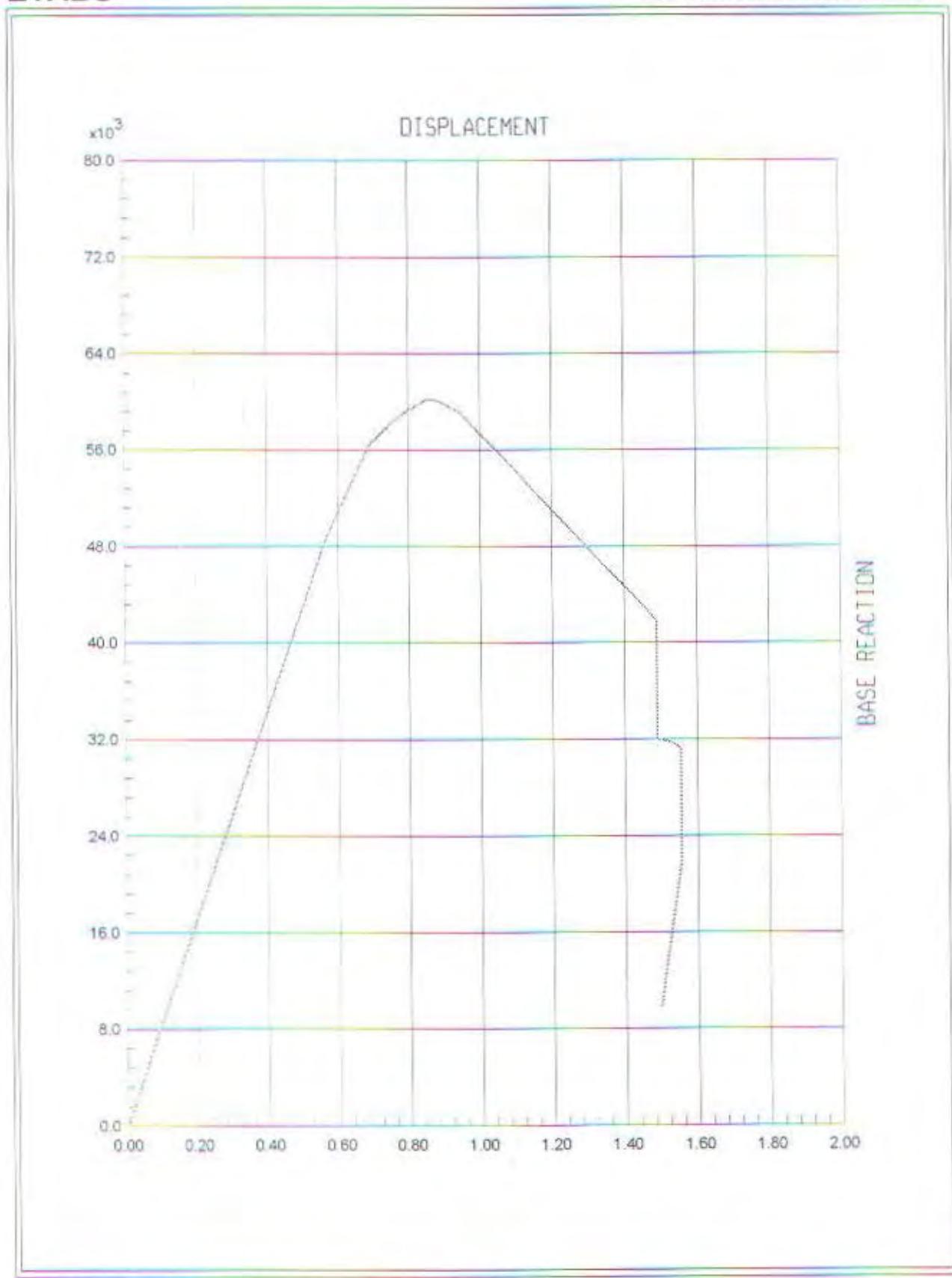
--

R E S P O N S E S E P T E C T R U M F U N C T I O N + U B C 9.7

FUNCTION NAME: RINFL

1000 1000
-244.00 0.6400

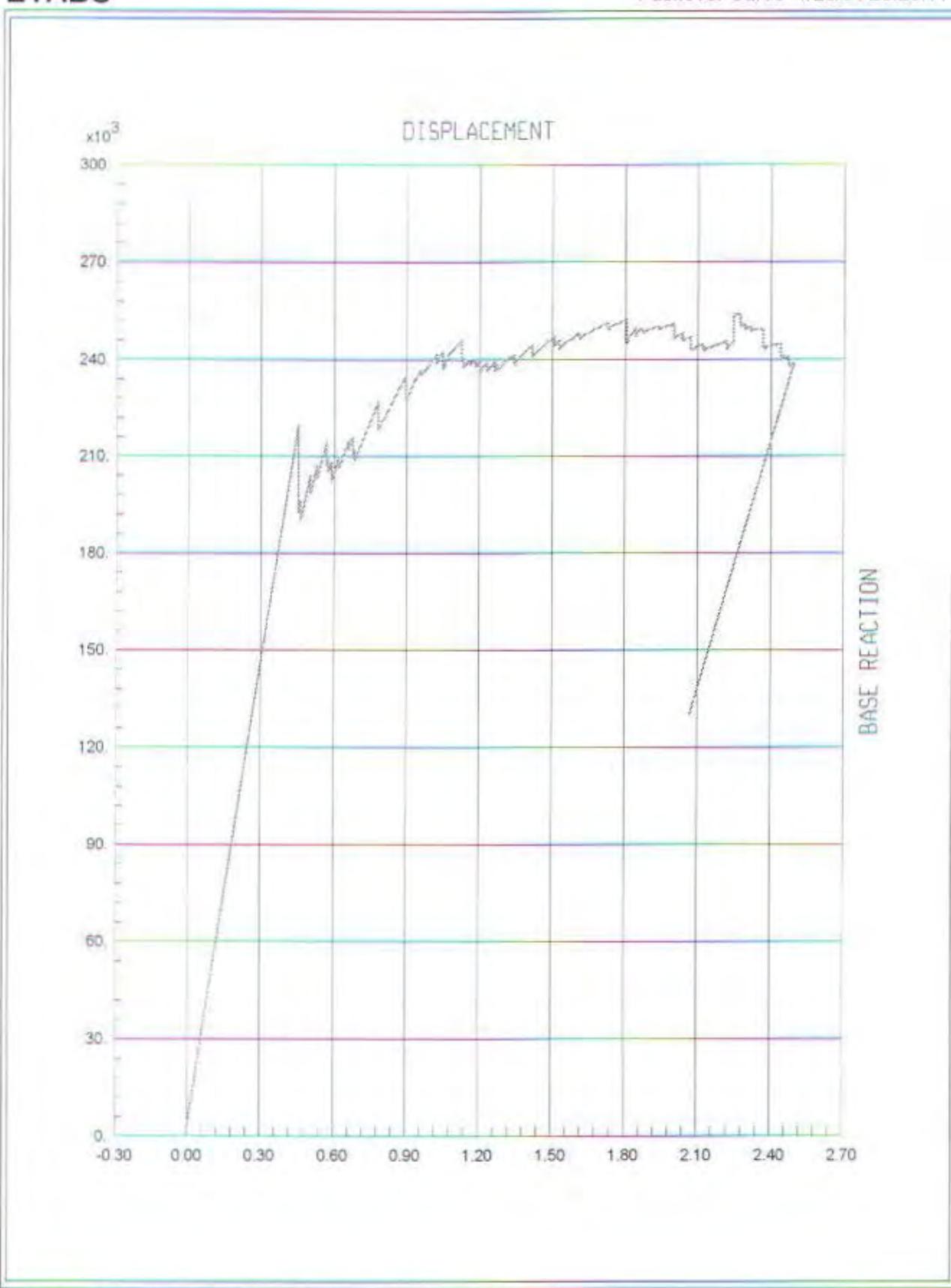
TIME	ACCEL
0.00000	0.4400
0.1264	1.1100
0.2528	1.1000
0.3792	0.8000
0.5056	0.6400
0.6320	0.5333
0.7584	0.4571
0.8848	0.4000
1.0112	0.3556
1.1376	0.3200
1.2640	0.2560
1.3904	0.2133
1.5168	0.1829
1.6432	0.1600
1.7696	0.1422
1.8960	0.1280
2.0224	0.1184
2.1488	0.1067
2.2752	0.0985
2.4016	0.0914
2.5280	0.0853
2.6544	0.0800
2.7808	0.0753
2.9072	0.0711
3.0336	0.0674
3.1600	0.0640



ETABS v8.00 - File:lantai 30 arah y no bracing - Kgf-m Units
Pushover Case GEMPA

LAMPIRAN IV

Berikut adalah lampiran yang berisi hasil analisa pushover dari alternatif perubahan profil kolom yang perhitungannya telah disajikan pada KESIMPULAN DAN SARAN



P U R C H A S E U P R O V E

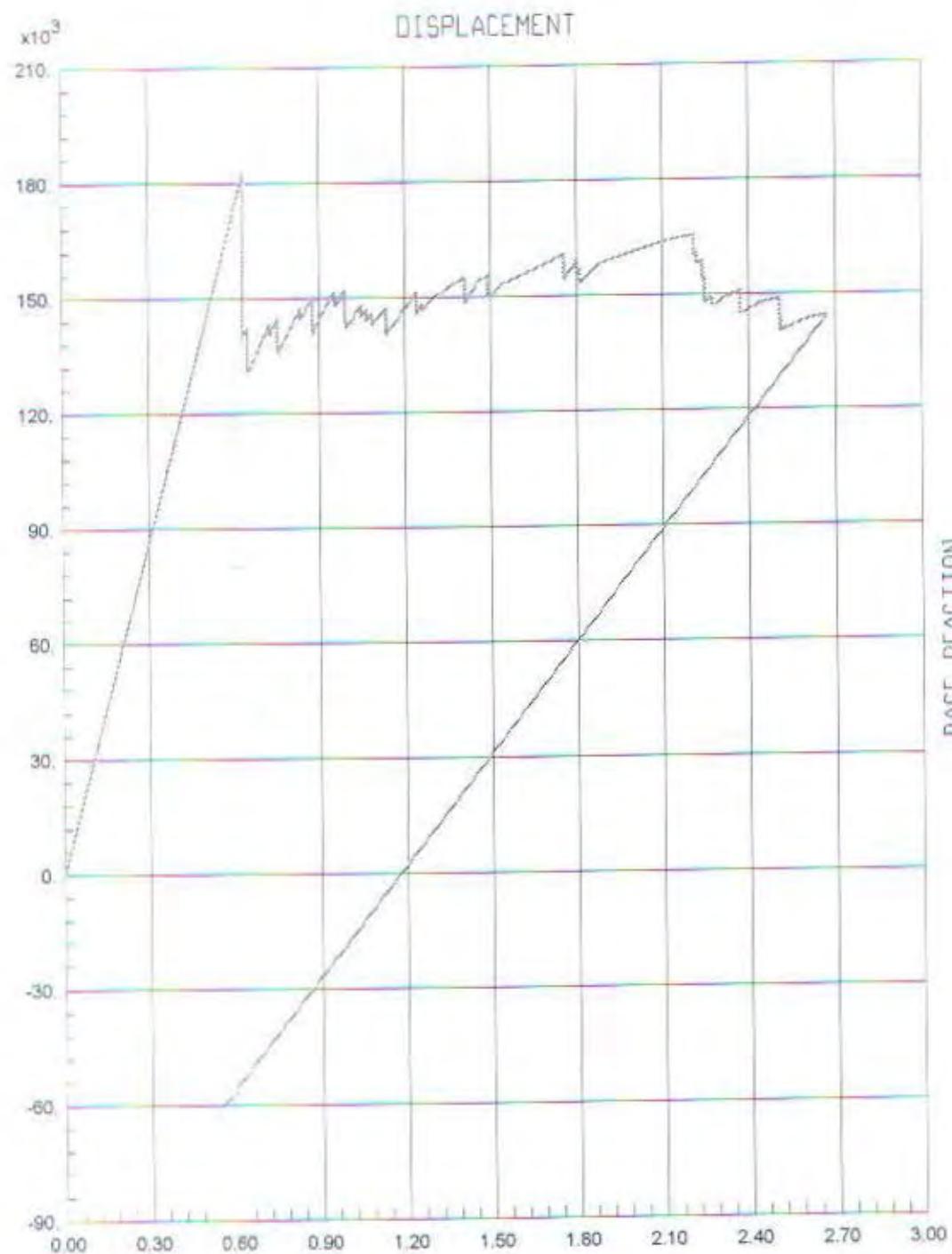
Purchase Order Number:

Type	Purchaser	Date	From	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	E-F	TOTAL
1	-0.10000	01/00/00	628	2	0	0	0	0	0	0	0	630
1	0.14711	218871.0156	628	0	0	0	0	2	0	0	0	630
1	0.14711	219291.1594	623	3	0	0	0	0	4	0	0	630
1	0.14711	192327.1259	622	3	0	0	0	1	4	0	0	630
1	0.14711	196484.3438	620	5	0	0	0	0	5	0	0	630
1	0.14711	190230.1406	615	9	0	0	0	1	5	0	0	630
1	0.15047	204630.2656	613	11	0	0	0	0	6	0	0	630
1	0.15047	198452.4688	607	16	0	0	0	0	1	6	0	630
1	0.15294	207115.7031	604	19	0	0	0	0	0	7	0	630
1	0.15295	203076.8438	596	26	1	0	0	0	0	6	1	630
1	0.15698	214591.6875	592	29	2	0	0	0	0	5	2	630
1	0.15698	207205.7188	592	29	2	0	0	0	0	4	3	630
1	0.15763	208954.0781	590	30	3	0	0	0	0	4	3	630
1	0.15764	205160.6719	590	29	3	0	0	0	1	4	3	630
1	0.15896	208348.8750	586	33	3	0	0	0	0	5	3	630
1	0.15896	202184.1563	585	33	4	0	0	0	0	4	4	630
1	0.16200	210072.2656	584	33	5	0	0	0	0	4	5	630
1	0.16201	206216.2031	580	37	5	0	0	0	0	3	5	630
1	0.16598	214954.1406	580	37	5	0	0	0	0	3	5	630
1	0.16598	212277.9844	578	38	5	0	0	0	1	3	5	630
1	0.16788	216240.7500	575	40	5	0	0	0	0	5	5	630
1	0.16790	210770.7969	574	41	5	0	0	0	0	4	6	630
1	0.16841	212199.5156	574	40	6	0	0	0	0	4	6	630
1	0.16841	208596.3438	558	52	9	0	0	0	1	4	6	630
1	0.17835	227132.9531	556	52	11	0	0	0	0	4	7	630
1	0.17836	218588.0313	537	59	23	0	0	0	0	3	8	630
1	0.18972	235380.8156	534	60	24	0	0	0	0	4	8	630
1	0.18974	227242.8750	529	63	25	1	0	0	0	4	8	630
1	0.19112	233566.2031	527	58	31	2	0	0	0	3	9	630
1	0.19576	238492.4688	526	59	31	2	0	0	0	3	9	630
1	0.19577	234907.0625	521	56	37	4	0	0	0	2	10	630
1	1.02410	241724.8906	519	57	38	4	0	0	0	2	10	630
1	1.02411	238838.6875	519	57	38	4	0	0	0	2	10	630
1	1.03211	240484.7500	515	60	37	5	0	1	0	2	10	630
1	1.05001	242336.9063	513	62	38	4	0	0	0	3	10	630
1	1.05004	237085.1594	513	60	39	5	0	0	0	3	10	630
1	1.06996	241055.3438	511	62	39	5	0	0	0	3	10	630
1	1.07664	241986.9688	509	61	42	4	0	1	2	3	10	630
1	1.12006	246475.9063	509	61	42	3	0	0	2	4	10	630
1	1.12013	242933.6094	509	61	42	3	0	0	0	5	10	630
1	1.12027	239678.6280	508	62	42	2	0	1	2	5	10	630
1	1.13044	240579.2344	508	62	42	2	0	0	0	6	10	630
1	1.13444	237352.3594	508	61	43	2	0	0	0	5	11	630
1	1.14016	240442.0000	508	61	43	2	0	0	0	5	11	630
1	1.16007	238619.3531	507	60	44	3	0	0	0	4	12	630
1	1.17995	240403.1406	507	60	44	3	0	0	0	4	12	630
1	1.17996	238718.2031	507	60	44	3	0	0	0	3	13	630
1	1.18566	239506.4063	507	60	44	3	0	0	0	3	13	630
1	1.18577	237849.0156	506	59	46	6	0	1	3	13	630	
1	1.19722	239444.4375	506	59	46	2	0	0	0	4	13	630
1	1.20118	236220.0625	505	55	51	1	0	1	4	13	630	
1	1.20122	239051.3594	505	55	51	1	0	0	0	5	13	630
1	1.22302	236176.8750	505	54	52	1	0	0	0	5	13	630
1	1.23396	237487.1594	505	51	55	1	0	0	0	4	14	630
1	1.23635	239519.2989	504	51	56	1	0	0	0	4	14	630
1	1.23636	236762.2051	504	51	56	1	0	0	0	4	14	630
1	1.23714	238295.1406	504	50	57	1	0	0	0	3	15	630
1	1.23747	238617.3750	504	50	57	1	0	0	0	3	15	630
1	1.23748	238895.9844	503	42	65	2	0	0	0	2	16	630
1	1.23758	241121.0469	503	42	65	2	0	0	0	2	16	630
1	1.23758	239704.7813	503	42	65	2	0	0	0	2	16	630
1	1.23810	240352.4321	502	42	66	1	0	1	2	16	630	
1	1.24131	241314.7031	502	42	65	2	0	0	0	3	16	630
1	1.24131	236306.7165	502	42	65	2	0	0	0	3	16	630
1	1.25105	239280.5000	499	41	68	2	0	1	2	17	630	
1	1.26171	244301.7658	493	46	68	2	0	0	0	4	17	630
1	1.26172	242034.5513	490	40	77	2	0	0	0	3	18	630
1	1.26078	247213.4541	489	37	81	2	0	0	0	3	18	630
1	1.26078	244057.5156	488	38	81	2	0	0	0	3	18	630
1	1.26194	245499.8594	488	37	82	1	0	1	3	18	630	
1	1.26200	246052.8181	488	36	83	1	0	0	0	4	18	630
1	1.26201	242954.4688	487	37	82	2	0	0	0	4	18	630
1	1.26431	244656.6563	485	36	84	3	0	0	0	3	19	630

17	1.03111	-0.03020	0.03070	485	36	84	3	0	0	3	40	0.02
74	1.03116	-0.03025	0.03075	485	36	83	4	0	0	3	19	6.40

10000 E.S. SURVEY

NO.	DISPLACEMENT	BASIC FORCE	A+B	B+D	IO+LS	LS+CP	CP+C	C+D	D+E	E TOTAL
1	1,0100	246047,0918	480	36	86	5	0	1	3	14 630
2	1,0200	251418,4216	480	36	86	5	0	0	4	18 630
3	1,0300	249002,5156	479	37	86	5	0	0	4	19 630
4	1,0354	249872,3281	479	37	85	6	0	0	4	19 630
5	1,0398	250154,0781	478	36	84	7	0	2	4	19 630
6	1,0400	252295,7500	472	38	89	6	0	0	6	19 630
7	1,0401	245057,4698	472	37	90	6	0	0	6	19 630
8	1,0400	249174,0781	472	36	91	6	0	0	5	20 630
9	1,0447	249921,2489	469	38	91	7	0	0	5	20 630
10	1,0447	246985,9906	469	38	91	7	0	0	5	20 630
11	1,0525	248213,5469	469	38	91	7	0	0	5	20 630
12	1,0609	249046,0781	469	38	90	8	0	0	4	21 630
13	1,0718	249538,0000	468	39	90	8	0	0	4	21 630
14	1,0718	247920,3281	468	39	89	9	0	0	4	21 630
15	1,0796	248722,2656	465	39	91	10	0	0	3	22 630
16	1,0808	250379,7031	465	39	91	10	0	0	3	22 630
17	1,0808	249181,8281	465	39	91	10	0	0	3	22 630
18	1,0953	249653,8125	463	37	94	9	0	2	3	24 630
19	2,0011	250911,1729	463	37	94	9	0	0	5	22 630
20	2,0032	246202,7168	463	37	94	9	0	0	5	22 630
21	2,0104	246939,8281	463	35	95	10	0	0	3	24 630
22	2,0360	248004,5500	463	35	93	12	0	0	3	24 630
23	2,0360	245498,5781	463	35	93	12	0	0	3	24 630
24	2,0440	246002,23436	462	36	92	11	0	2	3	24 630
25	2,0704	246890,7656	462	36	91	12	0	0	5	24 630
26	2,0705	242660,6406	462	36	89	14	0	0	5	24 630
27	2,0871	243715,6094	461	37	87	16	0	0	4	25 630
28	2,1177	244865,5781	461	36	88	16	0	0	4	25 630
29	2,1177	243547,6250	461	36	85	19	0	0	3	26 630
30	2,1243	243937,1094	461	36	85	19	0	0	3	26 630
31	2,1243	242689,9375	461	36	84	20	0	0	3	26 630
32	2,1308	243112,9541	461	32	82	25	0	1	3	26 630
33	2,1712	245624,0000	460	33	82	25	0	0	4	26 630
34	2,1713	242970,4063	460	33	82	25	0	0	4	26 630
35	2,1787	244030,3900	460	33	82	25	0	0	4	26 630
36	2,1832	244558,1250	459	32	84	25	0	0	4	26 630
37	2,1849	244929,8906	453	36	88	23	0	0	4	26 630
38	2,2450	253747,0938	453	34	88	24	0	1	4	26 630
39	2,2737	253801,1094	453	34	87	25	0	0	5	26 630
40	2,2748	250193,9844	453	34	87	25	0	0	5	26 630
41	2,2820	250570,4175	453	34	87	25	0	0	4	27 630
42	2,2912	250744,9219	453	34	87	26	0	0	4	27 630
43	2,2912	249217,0156	453	34	86	26	0	0	4	27 630
44	2,2974	249757,9844	453	33	87	26	0	0	4	27 630
45	2,3056	249955,2031	452	33	88	26	0	0	3	28 630
46	2,3168	250003,3594	452	33	88	26	0	0	3	28 630
47	2,3268	248558,19844	452	33	87	27	0	0	3	28 630
48	2,3268	248930,6400	452	33	87	27	0	0	3	28 630
49	2,3349	249182,3753	449	35	88	26	0	1	3	28 630
50	2,3612	249467,7188	449	35	88	25	0	1	4	28 630
51	2,3903	247045,1094	449	35	88	25	0	0	4	28 630
52	2,3683	244780,4531	449	35	88	25	0	0	4	29 630
53	2,3684	243792,9063	449	35	88	25	0	0	3	30 630
54	2,3742	244235,0000	449	35	88	25	0	0	3	30 630
55	2,3743	243229,7813	449	35	87	26	0	0	3	30 630
56	2,3802	243600,9375	448	36	85	28	0	0	3	30 630
57	2,3974	244180,7700	448	36	80	31	0	2	5	30 630
58	2,4859	244849,9375	448	36	80	31	0	0	5	30 630
59	2,4210	240731,3281	448	35	81	31	0	0	4	31 640
60	2,4512	241200,3125	448	35	81	31	0	0	4	31 630
61	2,4542	240097,6875	448	35	81	31	0	0	4	31 630
62	2,4016	240446,1094	448	35	80	31	0	1	4	31 630
63	2,4735	240700,6719	448	35	78	33	0	0	5	31 630
64	2,4736	237907,7344	448	35	77	34	0	0	5	31 630
65	2,4911	238503,4063	447	36	75	34	0	2	5	31 630
66	2,4949	238850,7344	447	36	75	34	0	1	6	31 630
67	2,4973	129918,3438	630	0	0	0	0	0	0	0



DRAFT VERSI 30 KARYE

Floorplan View: GEMIA

Seg	Displacement	Base Force	A-B	B-IO	IO-LG	LG-CP	CP-C	C-D	D-E	E-F	TOTAL
0	1.000E+0	0.0000	359	1	0	0	0	0	0	0	360
1	0.00000	182256.7833	359	0	0	0	0	1	0	0	360
2	0.00000	182526.6875	346	8	2	0	0	0	2	1	360
3	0.00000	138658.8125	346	7	3	0	0	0	3	3	360
4	0.00000	142555.3906	345	8	3	0	0	0	3	3	360
5	0.00000	139529.3438	345	7	3	0	0	1	3	3	360
6	0.00000	139679.9063	342	8	4	0	0	0	2	3	360
7	0.00000	130355.8594	338	12	5	0	0	0	4	4	360
8	0.00000	143450.1719	337	13	5	0	0	0	1	4	360
9	0.00000	140526.1406	336	11	7	0	0	1	1	4	360
10	0.00000	144890.6094	332	14	8	0	0	0	2	5	360
11	0.00000	135688.0313	332	12	10	1	0	0	1	5	360
12	0.00000	147207.7344	331	12	9	2	0	0	1	5	360
13	0.00000	144359.0000	327	14	9	3	0	1	1	5	360
14	0.00000	150107.1406	326	14	10	3	0	0	2	5	360
15	0.00000	141063.6250	326	13	10	4	0	0	1	6	360
16	0.00000	151636.8594	326	13	10	4	0	0	1	6	360
17	0.00000	149538.1719	326	13	10	4	0	0	0	7	360
18	0.00000	150536.5469	324	15	10	4	0	0	0	7	360
19	0.00000	147966.9063	322	17	10	3	0	1	0	7	360
20	0.00000	152091.7656	322	17	10	2	0	0	1	8	360
21	0.00000	145316.1250	322	17	10	2	0	0	1	8	360
22	0.00000	143497.5313	322	17	10	2	0	0	0	8	360
23	0.00000	143858.7656	322	17	10	2	0	0	0	8	360
24	0.00000	142160.0938	321	15	13	1	0	1	0	9	360
25	0.00000	148043.0156	320	16	13	1	0	0	1	9	360
26	0.00000	144830.0625	320	15	14	0	0	1	4	9	360
27	0.00000	146987.5156	319	14	16	0	0	0	2	11	360
28	0.00000	143675.2969	319	12	18	0	0	0	0	11	360
29	0.00000	145860.7656	318	13	18	0	0	0	0	11	360
30	0.00000	142839.1719	316	11	20	1	0	1	0	11	360
31	0.00000	147599.3594	315	12	20	1	0	0	1	11	360
32	0.00000	140369.8438	312	12	23	1	0	0	0	12	360
33	0.00000	151368.0938	309	15	23	0	0	1	0	12	360
34	0.00000	148909.7813	309	14	24	0	0	0	1	12	360
35	0.00000	145733.5938	309	13	25	0	0	0	0	13	360
36	0.00000	148152.8906	309	12	26	0	0	0	0	13	360
37	0.00000	146458.0781	308	13	25	1	0	0	0	13	360
38	0.00000	148942.4219	305	11	29	1	0	1	0	13	360
39	0.00000	155387.6250	304	12	29	1	0	0	1	13	360
40	0.00000	148528.4844	303	13	29	1	0	0	1	13	360
41	0.00000	154302.2188	302	14	29	0	0	1	1	13	360
42	0.00000	155866.2031	299	16	30	0	0	0	1	14	360
43	0.00000	150300.0438	299	14	32	0	0	0	0	15	360
44	0.00000	151230.8594	299	14	32	0	0	0	0	15	360
45	0.00000	149605.8594	299	13	33	0	0	0	0	15	360
46	0.00000	153582.0156	296	12	31	5	0	1	0	15	360
47	0.00000	160997.3438	294	14	31	5	0	0	1	15	360
48	0.00000	154547.0825	294	16	31	4	0	1	1	15	360
49	0.00000	159528.7344	291	17	31	4	0	0	2	16	360
50	0.00000	156333.6719	291	17	31	4	0	0	1	16	360
51	0.00000	157290.6563	291	15	33	4	0	0	0	17	360
52	0.00000	153447.2500	291	14	34	4	0	0	0	17	360
53	0.00000	157392.9531	290	14	33	6	0	0	0	17	360
54	0.00000	158785.1406	286	14	33	10	0	0	0	17	360
55	0.00000	164115.0781	284	15	30	12	0	2	0	17	360
56	0.00000	165582.3438	284	15	28	14	0	0	2	18	360
57	0.00000	160434.9844	284	15	27	15	0	0	2	18	360
58	0.00000	160923.8906	284	15	26	16	0	0	0	19	360
59	0.00000	158100.2969	284	15	26	14	0	2	0	19	360
60	0.00000	159003.4063	283	16	26	14	0	0	1	19	360
61	0.00000	154256.4063	283	16	26	13	0	1	1	19	360
62	0.00000	154748.8281	282	17	26	12	0	0	0	19	360
63	0.00000	149640.0469	282	17	26	12	0	0	0	19	360
64	0.00000	147504.3594	282	17	26	12	0	0	0	19	360
65	0.00000	149125.3750	282	17	26	12	0	0	0	19	360
66	0.00000	140834.0781	281	17	25	14	0	0	0	19	360
67	0.00000	149903.7813	281	17	25	13	0	1	0	19	360
68	0.00000	150941.7188	281	16	26	13	0	0	0	19	360
69	0.00000	144714.1094	281	16	26	13	0	0	0	19	360
70	0.00000	147580.2500	281	15	25	13	0	2	0	19	360
71	0.00000	149876.8750	281	13	27	13	0	0	1	19	360
72	0.00000	143525.8906	281	13	26	14	0	0	1	19	360

73	2,5124	143694,1875	280	14	26	14	0	0	0	26	360
74	2,5124	140371,4688	280	14	26	13	1	0	0	26	360

DISPLACEMENT & D.R.V.E

Step	Displacement	Base Force	A-B	B-C	C-D	D-E	E	TOTAL	
75	2.6932	144163.9844	280	13	27	13	1	26	360
76	2.6824	143863.7188	280	13	25	12	2	26	360
77	2.6715	144311.1075	272	9	28	9	0	1	360
78	2.6691	-0.2790.5313	360	0	0	0	0	0	360