

TUGAS AKHIR

ANALISA KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BERTINGKAT KATEGORI KETIDAKBERATURAN SUDUT DALAM BERDASARKAN PERENCANAAN URUTAN SENDI PLASTIS DENGAN METODE *PUSHOVER*

Diajukan sebagai syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik Strata 1 (S-1)





Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Resmi Bestari Muin, MS

Disusun Oleh :

NAMA : GHIVARI ALKINDY

NIM : 41112010020

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
2016**

	LEMBAR PENGESAHAN SIDANG SARJANA PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MERCUBUANA	
---	---	---

Semester : Genap

Tahun Akademik : 2015/2016

Tugas akhir ini untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik, jenjang pendidikan Strata 1 (S-1), Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta.

Judul Tugas Akhir : Analisa Kinerja Struktur Bangunan Bertingkat Kategori Ketidakberaturan Sudut Dalam Berdasarkan Perencanaan Urutan Sendi Plastis dengan Metode *Pushover*

Disusun Oleh :

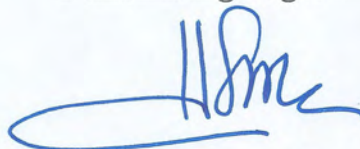
Nama : Ghivari Alkindy

NIM : 41112010020

Jurusan/Program Studi : Teknik Sipil

Telah diajukan dan dinyatakan LULUS pada sidang sarjana tanggal 5 Agustus 2016 :

Pembimbing Tugas Akhir




Dr. Ir. Resmi Bestari Muin, MS

Jakarta, 12 Agustus 2016

Mengetahui,

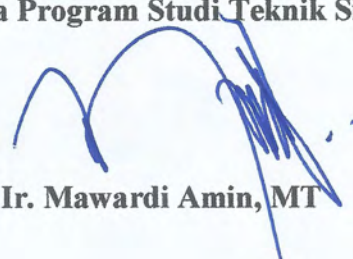
Ketua Penguji



Ir. Zainal A. Shahab, MT.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Mawardi Amin, MT

	LEMBAR PERNYATAAN TUGAS AKHIR PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MERCU BUANA	
---	--	---

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ghivari Alkindy
 Nomor Induk Mahasiswa : 41112010020
 Program Studi/Jurusan : Teknik Sipil
 Fakultas : Teknik

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan kerja asli, bukan jiplakan (duplikat) dari karya orang lain. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi berupa pembatalan gelar kesarjanaannya saya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat di pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Jakarta, 17-09-2016
 Yang memberikan pernyataan


Ghivari Alkindy

ABSTRAK

Judul : Analisa Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Ketidakberaturan Sendi Dalam Berdasarkan Perencanaan Urutan Sendi Plastis dengan Metode *Pushover* Nama : Ghivari Alkindy, NIM : 41112010020, Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Resmi Bestari Muin, MS, 2016

Berdasarkan FEMA 451B (2007) mengenai konsep desain seismik gedung dijelaskan bahwa tingkat redudansi lokal pada struktur meningkat jika dilakukan perencanaan urutan sendi plastis pada bangunan beraturan. Oleh karena itu pada tugas akhir ini akan menganalisa kinerja yaitu indeks redundansi pada struktur beraturan dan tidak beraturan sudut dalam dengan melakukan perencanaan sendi plastis. Analisis ini dilakukan dengan metode *Pushover*.

Untuk mendapatkan pola sendi plastis seperti yang diilustrasikan pada FEMA 451B struktur beraturan dan tidak beraturan direncanakan konfigurasi sendi plastisnya dengan melakukan penambahan tulangan dengan 5 langkah pola setelah kondisi awal atau simultan. Yaitu pola 1, 2 dan 3 merupakan penambahan tulangan balok, kemudian pola 4 dan 5 merupakan penambahan tulangan kolom. Di mana pada pola 4 seluruh kolom struktur ditambah tulangannya sampai jumlah maksimum, sedangkan pola 5 adalah penambahan sampai sendi plastis di kolom dapat dihilangkan (dihindari). Metode perencanaan dengan penambahan tulangan ini dibatasi dengan batasan yang mengacu pada peraturan SNI 2847-3013 mengenai Persyaratan Beton Bertulang Untuk Bangunan Gedung.

Setelah melakukan analisis *Pushover* pada struktur beraturan dan ketidakberaturan sudut dalam didapatkan hasil yaitu perencanaan urutan sendi plastis dengan melakukan penambahan tulangan terdapat perbedaan presentase peningkatan *Base Shear* dan *Displacement* antara perencanaan sendi plastis pola 1,2,3 (penambahan tulangan balok) dibandingkan dengan pola 4,5 (penambahan tulangan kolom). Nilai presentase *Displacement* dan *Base Shear* terbesar pola 1,2,3 pada struktur beraturan adalah 10%, sedangkan struktur ketidakberaturan model A 0% dan ketidakberaturan model B 21%. Sedangkan presentase peningkatan terbesar pada pola 4, 5 struktur beraturan sebesar 57%, struktur ketidakberaturan model A 60%, dan ketidakberaturan model B adalah 68%.

Nilai *Base Shear* dan *Displacement* serta indeks redundansi struktur mengalami peningkatan yang signifikan ketika dilakukan penambahan tulangan pada kolom struktur (pola 4, dan 5) di lokasi yang terdapat sendi plastis. Hal tersebut membuktikan bahwa konsep *Strong Column Weak Beam* adalah benar, di mana struktur memiliki kemampuan menahan gaya lateral lebih besar ketika kolomnya lebih kuat dibanding balok yang diperbolehkan terdapat sendi plastis.

Kata kunci : Struktur Beraturan, Struktur ketidakberaturan sudut dalam, Sendi Plastis, *Pushover*, Indeks Redundansi, *Base Shear*, *Displacement*

ABSTRACTS

Title: Analysis Performance of Structure Reentrant Corner Irregularity in Multi Story based on Designing Hinge Sequence by Using Pushover Method Name: Ghivari Alkindy, NIM: 41112010020, Lecturer Advisor : Dr. Ir. ResmiBestari Muin, MS, 2016

Based on FEMA 451B (2007), regarding to concept of building seismic design, explained that the local redundancy of structure increases if designed hinge sequence in regularity structure. Therefore in this essay will analyze index redundancy performance on regularity and irregularity structure with designing hinge sequence by using pushover method

To get a plastic hinge pattern as illustrated in FEMA 451B regular and irregular structure designed hinge sequence by providing additional reinforcement with 5th pattern steps following the original or simultaneously condition. The 1st, 2nd, and 3rd patterns is the addition of reinforcement beams, then the 4th and 5th patterns are the addition of the column reinforcement. Where the pattern 4th, addition all of the column reinforcement is until the maximum condition, while the 5th pattern is the addition until plastic hinge in the column can be eliminated (avoided).

After analyze Pushover on regular structure and irregular classification of reentrant corner, based on designing hinge sequence by providing additional reinforcement there are differences increased value the Base Shear and Displacement percentage between planning plastic hinge the 1st, 2nd, 3rd pattern (additional reinforcement of beams) compared with the 4th, 5th pattern (additional reinforcement of the column). The maximum value of the percentage increase of Base Shear Displacement 1st, 2nd, 3rd pattern at irregular structure is 10%, while the Model A of irregularity structure 0% and model B is 21%. While the Maximum increased percentage in pattern 4, 5 is 57% of regular structures, model A of irregularities structure 60%, model B is 68%.

Value of Base Shear, Displacement and redundancy index structure have significantly increased when the addition of reinforcement on column structure (pattern 4th, and 5th) on plastic hinge location. It is proved that the concept of Strong Column Weak Beam is true, where the structure will restrain lateral forces better when the columns are stronger than the beams that are allowed plastic hinge at it.

Keywords : Regularity Structure, reentrant corner irregularity , plastic Hinge, *Pushover*, Redundancy Index, *Base Shear*, *Displacement*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan berkat dan karunia-Nya, sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul: “ANALISA KINERJA STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT DENGAN KETIDAKBERATURAN SUDUT DALAM BERDASARKAN PERENCANAAN URUTAN SENDI PLASTIS DENGAN METODE PUSHOVER”.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk meraih gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Mercu Buana. Dengan dibuatnya Tugas Akhir ini diharapkan dapat memperdalam ilmu dan wawasan penulis mengenai perencanaan Struktur khususnya struktur beton bertulang gedung bertingkat. Terlebih lagi Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca di kemudian hari.

Pada kesempatan kali ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang dengan tulus dan ikhlas membantu baik dari segi moril, materil, langsung maupun tidak langsung sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Terima kasih yang sebesar – besarnya saya ucapkan kepada :

1. Allah SWT karena telah memberikan hidayah yang sebesar-besarnya pada kami sehingga dapat menjalankan perkuliahan dan Tugas Akhir ini dengan lancar.
2. Kedua orang tua saya Abdul Haris, SPD. dan Rukiyah serta seluruh keluarga saya yang senantiasa memberikan doa dan dukungan yang tiada henti.
3. Dr. Ir. Resmi Bestari Muin, MS selaku Dosen Pembimbing Tugas

Akhir dan Pembimbing Akademik yang dengan sabar membimbing saya serta memberikan masukan-masukan dan saran yang berguna bagi saya dalam perkuliahan dan menyusun tugas akhir ini.

4. Prof. Dr. Chandrasa Soekardi Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
5. Ir. Mawardi Amin, MT. Selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil Universitas Mercu Buana.
6. Acep Hidayat, ST. MT. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Mercu Buana.
7. Semua Dosen dan Staff Program Studi Teknik Sipil, yang tidak bisa disebutkan satu-persatu namanya yang telah banyak berjasa selama masa perkuliahan saya di Universitas Mercu Buana, semoga tidak mengurangi rasa hormat saya.
8. Rekan-rekan Tugas Akhir tema *Pushover Analysis* yaitu Achmad Sukoco, Dea M. Fransisca dan Siti Putri Hasanah yang telah memberikan banyak kontribusi dengan diskusi, berbagi ilmu, pengetahuan, dan masukan-masukannya dengan penuh semangat dan tulus ikhlas.
9. Sahabat-sahabat perkuliahan yaitu Andhi Ciptawan, Broto Imatu Rohmad, Indriani Eka Widiastuti, Siti Alpiah dan Siti Putri Hasanah. Yang sejak semester 1 hingga semester 8 banyak membantu dan memberikan hal-hal berkesan.
10. Sahabat-sahabat semasa sekolah yang saya sayangi yaitu Anggia Moelini, Darmawan Gustianto, Putra Hawari, Eka Yuniansah Widiastuti, Fajar Andi Baihaqi, Alviandi Wahyu Nugroho, Rivan

Prasetya Arafat dan semua teman-teman sekolah saya yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan menghibur sejak berada di bangku SMA hingga saat ini.

11. Teman-Teman mahasiswa Program Studi Teknik Universitas Sipil Mercu Buana angkatan 2012, kakak-kakak dan adik-adik seluruh angkatan yang telah membantu dan berkontribusi serta mendukung saya selama masa perkuliahan di Universitas Mercu buana.

12. Dan semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penelitian Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulis hanyalah manusia sehingga masih terdapat kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh sebab itu penulis memohon maaf apabila ada kekurangan atau hal yang tidak berkenan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Saran serta masukan yang membangun akan sangat membantu dan akan saya terima dengan besar hati. Semoga di kemudian hari Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi saya, penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Jakarta, 1 Agustus 2016

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	
LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR PERNYATAAN	
ABSTRAK	iv
ABSTRACTS	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR NOTASI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Identifikasi Masalah.....	I-2
1.3. Perumusan Masalah	I-2
1.4. Maksud dan Tujuan Penelitian.....	I-2
1.5. Manfaat Penelitian	I-3
1.6. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah.....	I-3
1.7. Sistematika Penulisan	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	II-1
2.1. Pendahuluan.....	II-1
2.1.1. Konsep Dasar Mekanisme Gempa Bumi	II-2
2.1.2. Dampak dari Gempa Bumi.....	II-4
2.2. Struktur Bangunan Bertingkat	II-6
2.3. Struktur Beton Bertulang	II-6
2.4. Konfigurasi Struktur Bangunan	II-7
2.4.1. Ketidakberaturan Horisontal	II-7
2.4.2. Ketidakberaturan Vertikal	II-9
2.4.3. Ketidakberaturan Sudut Dalam	II-11
2.5. Pembebanan Struktur Gedung	II-12
2.6. Pra Rencana Struktur Bangunan	II-12
2.4.4. Pra Rencana Balok	II-13
2.4.5. Pra Rencana Kolom.....	II-13

2.4.6. Pra Rencana Pelat	II-14
2.7. Struktur Bangunan Tahan Gempa	II-18
2.7.1. Konsep Perencanaan Bangunan Tahan Gempa	II-18
2.7.2. Gempa Rencana	II-19
2.7.3. Wilayah Gempa	II-19
2.7.4. Arah Pembebanan Gempa	II-21
2.8. Respon Spektrum	II-22
2.8.1. Klasifikasi Situs Untuk Desain Seismik	II-22
2.8.2. Parameter Percepatan Spektral Desain	II-25
2.8.3. Spektrum Respon Desain	II-26
2.8.4. Kategori Desain Seismik	II-27
2.8.5. Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan	II-28
2.9. Indeks Redundansi	II-31
2.10. Sendi Plastis	II-32
2.10.1. Perencanaan Urutan Sendi Plastis	II-34
2.11. Konsep Desain Kapasitas	II-36
2.12. Evaluasi Berbasis Kinerja	II-36
2.12.1. Push Over Analysis	II-37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	III-1
3.1. Pendahuluan	III-1
3.2. Konfigurasi Bangunan	III-2
3.3. Data Mutu Material	III-8
3.4. Data Beban Struktur Bangunan	III-8
3.5. Data Beban Gempa	III-9
3.6. Kombinasi Beban	III-9
3.7. Analisis <i>Static Nonlinear Pushover</i>	III-10
3.8. Perencanaan Sendi Plastis	III-14
3.9. Analisis Indeks Redundansi	III-16
3.10. Evaluasi Kinerja Struktur	III-17
3.11. Prosedur Penelitian	III-18
3.11.1. Flow Chart Penelitian	III-18
3.11.2. Uraian Prosedur Penelitian	III-20
BAB IV HASIL DAN ANALISIS DATA.....	IV-1
4.1. Preliminary Design	IV-1
4.1.1. Pra Rencana Pelat	IV-1
4.1.2. Pra Rencana Balok	IV-6
4.1.3. Pra Rencana Kolom	IV-8

4.1.4. Elemen Struktur Preliminary Design.....	IV-13
4.2. Pembebanan	IV-14
4.2.1. Beban Mati	IV-14
4.2.2. Beban Hidup.....	IV-15
4.2.3. Beban Gempa	IV-15
4.2.4. Penentuan Sistem Struktur dan Parameter Struktur	IV-18
4.3. Analisis Struktur Beraturan.....	IV-19
4.3.1. Analisis Periode Struktur (T).....	IV-19
4.3.2. Gempa Statik Ekuivalen	IV-22
4.3.3. Gempa Dinamik Respon Spektrum	IV-29
4.4. Analisis Struktur Tidak Beraturan Model A	IV-36
4.5. Analisis Struktur Tidak Beraturan Model B	IV-38
4.6. Analisis Statik Nonlinier Pushover.....	IV-42
4.7. Perencanaan Urutan Sendi Plastis Struktur.....	IV-42
4.7.1. Perencanaan Sendi Plastis Balok.....	IV-42
4.7.2. Perencanaan Sendi Plastis Kolom	IV-51
4.8. Output Nonlinier Pushover Analysis Simultan.....	IV-56
4.8.1. <i>Deformed Shaped</i> dan Sendi Plastis Simultan.....	IV-56
4.8.2. Kurva Statik <i>Pushover</i>	IV-70
4.8.3. Pengaruh Perencanaan Tulangan terhadap <i>Nilai Base Shear</i> dan <i>Displacement</i>	IV-90
4.8.4. Perbandingan Kurva Statik <i>Pushover</i>	IV-91
4.8.5. Indeks Redundansi.....	IV-94
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	V-1
5.1. Simpulan	V-1
5.2. Saran	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR NOTASI

a	= Titik awal dari sendi plastis
α	= Perbandingan kekakuan balok dengan pelat pada sisi yang ditinjau
A_g	= Luas penampang kolom yang diperlukan
α_m	= Nilai rata-rata α (kekakuan balok dengan pelat)
A_{st}	= Luas total tulangan longitudinal non-prategang
b	= Titik akhir dari sendi plastis
D	= <i>Dead Load</i> (Beban Mati)
E	= <i>Earthquake Load</i> (Beban Gempa)
E	= Kekakuan
F_c'	= mutu beton
F_a	= Koefisien situs untuk perioda pendek (0.2 detik)
F_v	= Koefisien situs untuk perioda panjang (1 detik)
F_y	= Mutu baja tulangan
F_{ys}	= Mutu baja tulangan sengkang
h	= Ketebalan pelat
I_b	= Momen inersia penampang (I_x) total
I_e	= Faktor keutamaan
L	= <i>Live Load</i> (Beban Hidup)
l_n	= Bentang bersih pelat
L_r	= Beban hidup atap tereduksi dari proyeksi horisontal
I_p	= Panjang sendi plastis
L_x	= Dimensi denah struktur arah sumbu X
l_x	= Panjang bentang pelat arah x
L_y	= Dimensi denah struktur arah sumbu Y
l_y	= Panjang bentang pelat arah y
M	= Momen
MCE	= Gempa tertimbang maksimum (<i>Maximum Considered Earthquake</i>)
MCE_R	= Gempa tertimbang maksimum risiko tertargetkan
P_u	= Gaya aksial konsentrik terfaktor pada kolom

- P_y = Proyeksi denah struktur arah Y
 P_x = Proyeksi denah struktur arah X
 R = Faktor Reduksi
 R_s = Indeks kekuatan redudansi
 R_v = Indeks variasi redudansi
 S = Beban Salju
 SDS = Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek
 $SD1$ = Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik
 SMS = Parameter Percepatan respon spektral MCE pada perioda pendek
 $SM1$ = Parameter Percepatan respon spektral MCE pada perioda 1 detik
 S_s = Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek
 $S1$ = Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik
 S_u = Kekuatan *Ultimate* dari perlawanan maksimum struktur
 S_{nr} = Kekuatan sistem struktur saat nonredundan
 T = Perioda getar fundamental struktur
 W = Beban Angin
 β = $\frac{\text{panjang sisi terpanjang}}{\text{panjang sisi terpendek}}$
 φ = Nilai kurvatur
 θ = Nilai rotasi
 \emptyset = Diameter Tulangan
 ρ = Rasio A_s ' terhadap $b d$
 ρ_b = Rasio A_s ' terhadap $b d$ yang menghasilkan kondisi regangan seimbang

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ketidakberaturan Horisontal Struktur.....	II-8
Tabel 2. 2 Ketidakberaturan Vertikal Struktur	II-10
Tabel 2. 3 Tebal minimum pelat	II-13
Tabel 2. 4 Tebal minimum balok.....	II-15
Tabel 2. 5 Klasifikasi Situs	II-23
Tabel 2. 6 Koefisien Situs, F_a	II-25
Tabel 2. 7 Koefisien Situs, F_v	II-25
Tabel 2.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek.....	II-28
Tabel 2. 9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 detik.....	II-28
Tabel 2. 10 Kategori Risiko Struktur Bangunan.....	II-29
Tabel 2. 11 Faktor Keutamaan Gempa	II-31
Tabel 3. 1 Data Mutu Material Beton	III-8
Tabel 3. 2 Data Mutu Material Baja	III-8
Tabel 3. 3 Simpangan antar lantai ijin	III-17
Tabel 4. 1 Resume Dimensi Tebal Pelat	IV-5
Tabel 4. 2 Perhitungan Input Beban Type 1 di SAP 2000.....	IV-7
Tabel 4. 3 Perhitungan Input Beban Type 2 di SAP 2000.....	IV-7
Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Preliminary Design Dimensi Balok Pinggir	IV-8
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Preliminary Design Dimensi Balok Tengah	IV-8
Tabel 4. 6 Perhitungan Beban Mati pada Kolom Lantai 10	IV-10
Tabel 4. 7 Perhitungan Beban Hidup pada Kolom Lantai 10.....	IV-10
Tabel 4. 8 Dimensi Kolom Tengah.....	IV-12
Tabel 4. 9 Dimensi Kolom Pinggir.....	IV-12
Tabel 4. 10 Dimensi Kolom Sudut	IV-12
Tabel 4. 11 Dimensi Balok	IV-13
Tabel 4. 12 Dimensi Kolom.....	IV-13
Tabel 4. 13 Parameter Desain Spektrum Tanah Sedang Jakarta Barat.....	IV-16
Tabel 4. 14 Parameter Desain Spektrum Tanah Sedang Jakarta Barat.....	IV-17
Tabel 4. 15 Sistem struktur berdasarkan tingkat resiko gempa	IV-18
Tabel 4. 16 Faktor R , C_d , Ω_0 untuk Sistem Penahan Gempa	IV-18
Tabel 4. 17 Nilai Parameter Pendekatan untuk C_t dan x	IV-19
Tabel 4. 18 Koefisien Batas Periode.....	IV-21
Tabel 4. 19 Perhitungan Selisih Periode (ΔT) setiap mode	IV-22
Tabel 4. 20 Berat dan Massa Bangunan Tiap Lantai.....	IV-22
Tabel 4. 21 Perhitungan Berat Struktur Gedung.....	IV-26
Tabel 4. 22 Perhitungan Gaya Gempa Tiap Lantai:	IV-28
Tabel 4. 23 Perhitungan Gaya Gempa arah X dan Y.....	IV-28
Tabel 4. 24 Base Shear Nominal Gempa.....	IV-31
Tabel 4. 25 Simpangan Struktur Arah X	IV-33
Tabel 4. 26 Simpangan Struktur Arah Y	IV-33
Tabel 4. 27 Simpangan Struktur Arah X	IV-34
Tabel 4. 28 Simpangan Struktur Arah Y	IV-34
Tabel 4. 29 Simpangan Struktur Arah X	IV-36
Tabel 4. 30 Simpangan Struktur Arah Y	IV-37
Tabel 4. 31 Simpangan Struktur Arah X	IV-39

Tabel 4. 32 Simpangan Struktur Arah Y	IV-39
Tabel 4. 33 Simpangan Struktur Arah X	IV-40
Tabel 4. 34 Simpangan Struktur Arah Y	IV-40
Tabel 4. 35 Contoh nilai As pada balok.....	IV-48
Tabel 4. 36 Metode Penambahan Tulangan Balok	IV-48
Tabel 4. 37 Presentase Peningkatan Tulangan Balok Pushover Arah X Struktur Beraturan.....	IV-49
Tabel 4. 38 Presentase Peningkatan Tulangan Balok Pushover Arah Y Struktur Beraturan.....	IV-50
Tabel 4. 39 Presentase Peningkatan Tulangan Balok Pushover Arah X Struktur Tidak Beraturan Model A	IV-50
Tabel 4. 40 Presentase Peningkatan Tulangan Balok Pushover Arah Y Struktur Tidak Beraturan Model A	IV-50
Tabel 4. 41 Presentase Peningkatan Tulangan Balok Pushover Arah X Struktur Tidak Beraturan Model B	IV-51
Tabel 4. 42 Presentase Peningkatan Tulangan Balok Pushover Arah Y Struktur Tidak Beraturan Model B	IV-51
Tabel 4. 43 Metode penambahan tulangan kolom.....	IV-52
Tabel 4. 44 Peningkatan Tulangan Struktur Beraturan Arah X.....	IV-53
Tabel 4. 45 Presentase Peningkatan Tulangan Struktur Tidak Beraturan Model A Arah X.....	IV-54
Tabel 4. 46 Presentase Peningkatan Tulangan Struktur Tidak Beraturan Model A Arah Y.....	IV-54
Tabel 4. 47 Presentase Peningkatan Tulangan Struktur Tidak Beraturan Model B Arah X.....	IV-55
Tabel 4. 48 Presentase Peningkatan Tulangan Struktur Tidak Beraturan Model B Arah Y.....	IV-55
Tabel 4. 49 Kurva Statik <i>Pushover</i> Simultan Struktur Beraturan Arah X.....	IV-71
Tabel 4. 50 Kurva Statik <i>Pushover</i> Simultan Struktur Beraturan Pushover Arah X Pola 1 - Balok.....	IV-71
Tabel 4. 51 Kurva Statik <i>Pushover</i> Simultan Struktur Beraturan Arah X Pola 2 - Balok.....	IV-72
Tabel 4. 52 Kurva Statik <i>Pushover</i> Simultan Struktur Beraturan Arah X Pola 3 - Balok.....	IV-72
Tabel 4. 53 Kurva Statik <i>Pushover</i> Simultan Struktur Beraturan Arah X Pola 4 - Kolom	IV-73
Tabel 4. 54 Kurva Statik <i>Pushover</i> Simultan Struktur Beraturan Arah X Pola 5 - Kolom	IV-74
Tabel 4. 55 Kurva Statik <i>Pushover</i> Simultan Struktur Beraturan Pushover Arah Y.....	IV-74
Tabel 4. 56 Kurva Statik <i>Pushover</i> Simultan Struktur Beraturan Arah Y Pola 1 - Balok.....	IV-75
Tabel 4. 57 Kurva Statik <i>Pushover</i> Simultan Struktur Beraturan Arah Y Pola 2 - Balok.....	IV-75
Tabel 4. 58 Kurva Statik <i>Pushover</i> Simultan Struktur Beraturan Arah Y Pola 3 - Balok.....	IV-76
Tabel 4. 59 Kurva Statik <i>Pushover</i> Simultan Struktur Beraturan Arah Y Pola 4 - Kolom	IV-76
Tabel 4. 60 Kurva Statik <i>Pushover</i> Simultan Struktur Beraturan Arah Y Pola 5 - Kolom	IV-77

Tabel 4. 61 Kurva Statik Pushover Struktur Tidak Beraturan Model A Simultan	IV-78
Tabel 4. 62 Kurva Statik Pushover Struktur Tidak Beraturan Model A Pola 1- Balok	IV-78
Tabel 4. 63 Kurva Statik Pushover Struktur Tidak Beraturan Model A Pola 2- Balok	IV-79
Tabel 4. 64 Kurva Statik Pushover Struktur Tidak Beraturan Model A Pola 3- Balok	IV-79
Tabel 4. 65 Kurva Statik Pushover Struktur Tidak Beraturan Model A Pola 4 - Kolom	IV-80
Tabel 4. 66 Kurva Statik Pushover Struktur Tidak Beraturan Model A Pola 5 - Kolom	IV-80
Tabel 4. 67 Kurva Statik Pushover Struktur Tidak Beraturan Model A Simultan	IV-81
Tabel 4. 68 Kurva Statik Pushover Struktur Tidak Beraturan Model A Pola Balok 1	IV-81
Tabel 4. 69 Kurva Statik Pushover Struktur Tidak Beraturan Model A Pola Balok 2	IV-82
Tabel 4. 70 Kurva Statik Pushover Struktur Tidak Beraturan Model A Pola Balok 3	IV-82
Tabel 4. 71 Kurva Statik Pushover Struktur Tidak Beraturan Model A Pola 4 Kolom	IV-83
Tabel 4. 72 Kurva Statik Pushover Struktur Tidak Beraturan Model A Pola 5 Kolom	IV-83
Tabel 4. 73 Statik Pushover Struktur Tidak Beraturan Model B Simultan	IV-84
Tabel 4. 74 Statik Pushover Struktur Tidak Beraturan Model B Pola 1 – Balok	IV-84
Tabel 4. 75 Statik Pushover Struktur Tidak Beraturan Model B Pola 2 – Balok	IV-85
Tabel 4. 76 Statik Pushover Struktur Tidak Beraturan Model B Pola 3 – Balok	IV-85
Tabel 4. 77 Statik Pushover Struktur Tidak Beraturan Model B Polac 4 - Kolom ...	IV-86
Tabel 4. 78 Kurva Statik Pushover Struktur Tidak Beraturan Model B Polac 4 - Kolom	IV-86
Tabel 4. 79 Kurva Statik Pushover Struktur Tidak Beraturan Model B Simultan	IV-87
Tabel 4. 80 Kurva Statik Pushover Struktur Tidak Beraturan Model B Pola 1- balok	IV-87
Tabel 4. 81 Kurva Statik Pushover Struktur Tidak Beraturan Model B Pola 2- balok	IV-88
Tabel 4. 82 Kurva Statik Pushover Struktur Tidak Beraturan Model 3-Balok	IV-88
Tabel 4. 83 Kurva Statik Pushover Struktur Tidak Beraturan Model 4-Kolom	IV-89
Tabel 4. 84 Kurva Statik Pushover Struktur Tidak Beraturan Model 5-Kolom	IV-89
Tabel 4. 85 Nilai Base Shear Vs Displacement Maksimum pada Struktur Beraturan Arah X	IV-90
Tabel 4. 86 Nilai Base Shear Vs Displacement Maksimum pada Struktur Beraturan Arah Y	IV-90
Tabel 4. 87 Nilai Base Shear Vs Displacement Maksimum pada Struktur Ketidakberaturan Model A Arah X	IV-90
Tabel 4. 88 Nilai Base Shear Vs Displacement Maksimum pada Struktur Ketidakberaturan Model B Arah Y	IV-91
Tabel 4. 89 Nilai Base Shear Vs Displacement Maksimum pada Struktur Ketidakberaturan Model B Arah X	IV-91
Tabel 4. 90 Nilai Base Shear Vs Displacement Maksimum pada Struktur Ketidakberaturan Model B Arah Y	IV-91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Lempeng Tektonik Indonesia	II-1
Gambar 2. 2 Dampak Gempa Terhadap Alam	II-4
Gambar 2. 3 Dampak Gempa Terhadap Struktur Bangunan	II-5
Gambar 2. 4 Dampak Sekunder Gempa Mengakibatkan Kebakaran	II-5
Gambar 2. 5 Ketidakberaturan Sudut Dalam	II-11
Gambar 2. 6 Penampang Pelat Tinjauan	II-16
Gambar 2. 7 Koefisien Jepit Pelat Balok T	II-16
Gambar 2. 8 Koefisien Jepit Pelat Balok L	II-16
Gambar 2. 9 grafik koefisien momen inersia balok T (c1)	II-17
Gambar 2. 10 Ss ,Gempa Maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER), kelas situs SB	II-20
Gambar 2. 11 S1 ,Gempa Maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER), kelas situs SB	II-20
Gambar 2. 12 PGA,Gempa Maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER), kelas situs SB	II-20
Gambar 2. 13 CRS ,Koefisien risiko terpetakan, perioda respons spektral 0,2 detik .	II-21
Gambar 2. 14 CR1 ,Koefisien risiko terpetakan, perioda respons spektral 1 detik	II-21
Gambar 2. 15 Spektrum Respons Desain	II-27
Gambar 2. 16 Sendi plastis pada balok	II-32
Gambar 2. 17 Sendi plastis pada kolom	II-33
Gambar 2. 18 Perencanaan Sendi Plastis	II-34
Gambar 2. 19 Sendi Plastis Serentak	II-35
Gambar 2. 20 Grafik Perbandingan urutan sendi plastis	II-35
Gambar 2. 21 Kurva Kapasitas Push Over Analysis	II-38
Gambar 3. 1 Denah Struktur Bangunan Beraturan Penampang XY	III-3
Gambar 3. 2 Denah Struktur Bangunan Penampang XZ	III-4
Gambar 3. 3 Denah Struktur Bangunan Penampang YZ	III-4
Gambar 3. 4 Denah Struktur Bangunan Ketidakberaturan (Model A)	III-5
Gambar 3. 5 Denah Struktur Bangunan Ketidakberaturan (Model B)	III-7
Gambar 3. 6 Kurva Properti Sendi Plastis mode <i>Default</i> ETABS	III-14
Gambar 3. 7 Kurva <i>Base Shear</i> terhadap <i>top-floor drift</i> hasil analisis <i>pushover</i>	III-17
Gambar 3. 8 Diagram Alir	III-19
Gambar 4. 1 Input Sendi Plastis Default	III-11
Gambar 4. 2 Balok Sendi Plastis Default	III-11
Gambar 4. 3 Define Static Nonlinear Case	III-12
Gambar 4. 4 Case PUSH 1	III-12
Gambar 4. 5 Case PUSH 2	III-13
Gambar 4. 6 Denah Pelat Tinjauan 1	IV-1
Gambar 4. 7 Pelat Tinjauan 1	IV-2
Gambar 4. 8 Koefisien Jepit Pelat Balok T 720 cm (Tinjauan 1)	IV-3
Gambar 4. 9 Koefisien Jepit Pelat Balok L 600 cm (Tinjauan 1)	IV-4
Gambar 4. 10 Pembebanan Penampang Balok As A	IV-6
Gambar 4. 11 Tinjauan Pelat Tengah	IV-9
Gambar 4. 12 Desain Respon Spektrum	IV-16
Gambar 4. 13 Pemodelan Struktur Beraturan	IV-19

Gambar 4. 14 Waktu getar struktur mode 1 (T_{cy}).....	IV-20
Gambar 4. 15 Waktu getar struktur mode 2 (T_{cx}).....	IV-20
Gambar 4. 16 Input File Respon Spektrum	IV-29
Gambar 4. 17 Simpangan Arah X.....	IV-35
Gambar 4. 18 Simpangan Arah Y.....	IV-35
Gambar 4. 19 Simpangan Arah X.....	IV-37
Gambar 4. 20 Simpangan Arah Y.....	IV-38
Gambar 4. 21 Pemodelan Struktur Beraturan.....	IV-38
Gambar 4. 22 Simpangan Arah X.....	IV-41
Gambar 4. 23 Simpangan Arah Y.....	IV-41
Gambar 4. 24 Pola Sendi Plastis Balok konsep FEMA 451b.....	IV-43
Gambar 4. 25 Pola Perencanaan sendi plastis Struktur Beraturan Aarah X.....	IV-44
Gambar 4. 26 Pola Perencanaan sendi plastis Struktur Beraturan Aarah Y.....	IV-44
Gambar 4. 27 Pola Perencanaan sendi plastis Struktur Ketidakberaturan Model A Aarah X As 1 dan 12.....	IV-45
Gambar 4. 28 Pola Perencanaan sendi plastis Struktur Ketidakberaturan Model A Aarah Y As A dan G.....	IV-45
Gambar 4. 29 Perencanaan sendi plastis Struktur Ketidakberaturan Model B Aarah X As 1, 2, 11, dan 12.....	IV-46
Gambar 4. 30 Perencanaan sendi plastis Struktur Ketidakberaturan Model B Aarah Y As A, dan G.....	IV-46
Gambar 4. 31 AS tulangan balok struktur.....	IV-47
Gambar 4. 32 Input AS terpasang balok.....	IV-49
Gambar 4. 33 AS tulangan kolom.....	IV-52
Gambar 4. 34 Input penambahan tulangan kolom.....	IV-53
Gambar 4. 35 Hasil Running PUSH2 Arah X Step 1 Struktur Beraturan.....	IV-56
Gambar 4. 36 Hasil Running PUSH2 Arah X Step 2 Struktur Beraturan.....	IV-57
Gambar 4. 37 Hasil Running PUSH2 Arah X Step 3 Struktur Beraturan.....	IV-57
Gambar 4. 38 Hasil Running PUSH2 Arah X Step 4 Struktur Beraturan.....	IV-58
Gambar 4. 39 Hasil Running PUSH2 Arah Y Step 1 Struktur Beraturan.....	IV-59
Gambar 4. 40 Hasil Running PUSH2 Arah Y Step 2 Struktur Beraturan.....	IV-59
Gambar 4. 41 Hasil Running PUSH2 Arah Y Step 3 Struktur Beraturan.....	IV-60
Gambar 4. 42 Hasil Running PUSH2 Arah Y Step 4 Struktur Beraturan.....	IV-60
Gambar 4. 43 Hasil Running PUSH2 Arah Y Step 5 Struktur Beraturan.....	IV-61
Gambar 4. 44 Hasil Running PUSH2 Arah X Step 1 Struktur Ketidakberaturan Model A.....	IV-61
Gambar 4. 45 Hasil Running PUSH2 Arah X Step 2 Struktur Ketidakberaturan Model A.....	IV-62
Gambar 4. 46 Hasil Running PUSH2 Arah X Step 3 Struktur Ketidakberaturan Model A.....	IV-62
Gambar 4. 47 Hasil Running PUSH2 Arah X Step 4 Struktur Ketidakberaturan Model A.....	IV-63
Gambar 4. 48 Hasil Running PUSH2 Arah Y Step 1 Struktur Ketidakberaturan Model A.....	IV-63
Gambar 4. 49 Hasil Running PUSH2 Arah Y Step 2 Struktur Ketidakberaturan Model A.....	IV-64
Gambar 4. 50 Hasil Running PUSH2 Arah Y Step 3 Struktur Ketidakberaturan Model A.....	IV-64
Gambar 4. 51 Hasil Running PUSH2 Arah Y Step 4 Struktur Ketidakberaturan	

Model A	IV-65
Gambar 4. 52 Hasil Running PUSH2 Arah Y Step 5 Struktur Ketidakberaturan Model A	IV-65
Gambar 4. 53 Hasil Running PUSH2 Arah X Step 1 Struktur Ketidakberaturan Model B.....	IV-66
Gambar 4. 54 Hasil Running PUSH2 Arah X Step 2 Struktur Ketidakberaturan Model B.....	IV-66
Gambar 4. 55 Hasil Running PUSH2 Arah X Step 3 Struktur Ketidakberaturan Model B.....	IV-67
Gambar 4. 56 Hasil Running PUSH2 Arah X Step 4 Struktur Ketidakberaturan Model B.....	IV-67
Gambar 4. 57 Hasil Running PUSH2 Arah Y Step 1 Struktur Ketidakberaturan Model B.....	IV-68
Gambar 4. 58 Hasil Running PUSH2 Arah Y Step 2 Struktur Ketidakberaturan Model B.....	IV-68
Gambar 4. 59 Hasil Running PUSH2 Arah Y Step 3 Struktur Ketidakberaturan Model B.....	IV-69
Gambar 4. 60 Hasil Running PUSH2 Arah Y Step 4 Struktur Ketidakberaturan Model B.....	IV-69
Gambar 4. 61 Hasil Running PUSH2 Arah Y Step 5 Struktur Ketidakberaturan Model B.....	IV-70
Gambar 4. 62 Perbandingan Kuva Pushover pada Pola Perencanaan Sendi Plastis Arah X Struktur Beraturan	IV-92
Gambar 4. 63 Perbandingan Kuva Pushover pada Pola Perencanaan Sendi Plastis Arah Y Struktur Beraturan	IV-92
Gambar 4. 64 Perbandingan Kuva Pushover pada Pola Perencanaan Sendi Plastis Arah X Struktur Tidak Beraturan Model A	IV-93
Gambar 4. 65 Perbandingan Kuva Pushover pada Pola Perencanaan Sendi Plastis Arah Y Struktur Tidak Beraturan Model A	IV-93
Gambar 4. 66 Perbandingan Kuva Pushover pada Pola Perencanaan Sendi Plastis Arah X Struktur Tidak Beraturan Model B.....	IV-94
Gambar 4. 67 Perbandingan Kuva Pushover pada Pola Perencanaan Sendi Plastis Arah Y Struktur Tidak Beraturan Model B.....	IV-94
Gambar 4. 68 Grafik Indeks Redundansi Struktur Beraturan.....	IV-97
Gambar 4. 69 Grafik Indeks Redundansi Struktur Tidak Beraturan Model A	IV-100
Gambar 4. 70 Grafik Indeks Redundansi Struktur Tidak Beraturan Model B	IV-103