

TUGAS AKHIR

ANALISIS KINERJA STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT DENGAN KETIDAKBERATURAN GEOMETRI VERTIKAL BERDASARKAN PERENCANAAN URUTAN SENDI PLASTIS DENGAN PUSHOVER ANALYSIS

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



Disusun Oleh :

NAMA : ACHMAD SUKOCO

NIM : 41112010057

UNIVERSITAS MERCU BUANA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

2016



**LEMBAR PENGESAHAN SIDANG SARJANA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA**

Q

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 Sipil dan Perencanaan, Universitas Mercu Buana, Jakarta.

Judul Tugas Akhir : Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Ketidakberaturan Geometri Vertikal Berdasarkan Perencanaan Urutan Sendi Plastis dengan Pushover Analysis

Disusun Oleh :

Nama : Achmad Sukoco

NIM : 41112010057

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, 6 Agustus 2016

Mengetahui,

Ketua Penguji

Acep Hidayat, ST, MT

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Ir. Mawardi Amin, MT

**LEMBAR PERNYATAAN
SIDANG SARJANA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Achmad Sukoco
Nomor Induk Mahasiswa : 41112010057
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 kesarjaan saya.

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

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 7 Agustus 2016
Yang memberikan pernyataan



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan berkat dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir “*Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Ketidakberaturan Geometri Vertikal Berdasarkan Perencanaan Urutan Sendi Plastis dengan Pushover Analysis*” dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk meraih gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Mercu Buana. Dengan adanya Tugas Akhir ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan pengalaman mengenai Perencanaan Struktur Gedung bagi penulis maupun pembaca. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan dan pengerjaan Tugas Akhir ini. Secara khusus penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya yaitu Bapak Lasmin dan Ibu Supatmi yang senantiasa memberikan support dan doa yang tiada henti, serta dukungan fasilitas dan financial kepada saya.
2. Kepada adik-adik saya yang saya sayangi yang memberikan support dan semangat.
3. Dr. Ir. Resmi Bestari Muin, MS selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang dengan sabar membimbing saya serta memberikan masukan-masukan dan saran yang berguna bagi saya dalam menyusun tugas akhir ini.
4. Prof. Dr. Chandrasa Soekardi Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

5. Ir. Mawardi Amin, MT. Selaku Kaprodi Teknik Sipil Universitas Mercu Buana.
6. Acep Hidayat, ST. MT. Selaku Wakil Kaprodi Teknik Sipil Universitas Mercu Buana.
7. Ir. Agus Suroso, MT. Selaku Pembimbing Akademik saya di Teknik Sipil Universitas Mercu Buana.
8. Semua Dosen dan Staff Jurusan Teknik Sipil, yang tidak bisa disebutkan satu-persatu namanya, mudah-mudahan tidak mengurangi rasa hormat saya.
9. Khusus untuk Ghivari, Dea, dan Putri terima kasih kepada *Pushover Squad* yang telah memberikan banyak kontribusi, semangat tiada henti, tawa dan canda. Saya mendoakan kalian sukses apa yang kalian inginkan tercapai.
Amin
10. Semua teman-teman seperjuangan saya S1 Teknik Sipil angkatan 2012 yang sudah lulus, menjalankan masa studinya, dan yang menghilang entah kemana. Saya ucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada kalian semua yang telah bersama-sama dengan saya di jurusan ini dalam keadaan senang maupun susah tetap selalu bersama-sama berjuang. Mohon maaf apabila perbuatan saya kurang berkenan kepada teman-teman semua. Saya doakan kalian sukses dengan jalan yang kalian pilih masing-masing. Maafkan jika tidak disebutkan satu persatu namanya, mudah-mudahan kalian tidak bawa perasaan.
11. Mahasiswa Teknik Sipil angkatan 2013 yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu yang selalu memberikan support dan semangat kepada saya.
12. Dan semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah

KATA PENGANTAR

memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih jauh untuk dikatakan sempurna. Oleh karena itu kritik serta saran yang membangun akan sangat membantu sekali. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua, Amin

Jakarta, 6 Agustus 2016

Penulis



Daftar Isi

COVER

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Identifikasi Masalah	I-3
1.3. Rumusan Masalah	I-4
1.4. Maksud dan Tujuan Penelitian	I-4
1.5. Manfaat Penelitian	I-4
1.6. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah	I-5
1.7. Sistematika Penulisan	I-6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Desain Perencanaan Struktur Bangunan	II-1
2.1.1. Perencanaan Umum	II-1
2.1.2. Ketentuan Bangunan Konstruksi Tahan Gempa	II-1
2.1.3. Perencanaan Awal Struktur	II-3
2.1.4. Struktur Bangunan Beraturan dan Tidak Beraturan	II-11
2.1.5. Syarat Desain Bangunan Ketidakberaturan Geometri Vertikal	II-14
2.1.6. Kinerja Batas Struktur	II-15
2.2. Perencanaan Beban Gempa Berdasarkan SNI-1726-2012	II-16
2.2.1. Prosedur Analisis yang Digunakan	II-16
2.2.2. Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Struktur Bangunan	II-17
2.2.3. Kombinasi Beban Gempa	II-19
2.2.4. Peta Parameter Percepatan Gempa	II-20
2.2.5. Klasifikasi Kelas Situs	II-21
2.2.6. Parameter Percepatan Spektral Desain	II-24
2.2.7. Spektrum Respons Desain	II-25
2.2.8. Kategori Desain Seismik	II-27
2.3. Analisis Pushover	II-28
2.3.1. Tujuan Analisis Pushover	II-29

2.3.2. Tahapan Utama dalam Analisa Pushover	II-30
2.3.3. Perencanaan Gempa Berbasis Kinerja	II-31
2.4. Mekanisme Sendi Plastis	II-33
2.5. Konsep Redudansi	II-35
2.5.1. Indeks Redundansi	II-35
2.5.2. Redundansi pada SNI-1726-2012	II-37
2.5.3. Kombinasi Beban Gempa terhadap Faktor Redundansi	II-39
2.6. Perencanaan Sendi Plastis	II-40
2.7. Hubungan Perencanaan Sendi Plastis dengan Redundansi	II-42

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Prosedur Penelitian	III-1
3.2. Diagram Alir Prosedur Penelitian	III-3
3.3. Desain Struktur	III-4
3.3.1. Desain Perencanaan Struktur	III-4
3.3.2. Material Struktur	III-7
3.3.3. Geometri Struktur	III-7
3.4. Preliminary Desain	III-8
3.5. Pembebanan	III-8
3.5.1. Asumsi dan Perancangan	III-8
3.5.2. Analisis Beban	III-8
3.5.3. Kombinasi Beban Gempa	III-9
3.5.4. Lokasi Parameter Percepatan Gempa	III-10
3.6. Permodelan Struktur	III-11
3.6.1. Permodelan Struktur Beraturan	III-12
3.6.2. Permodelan Struktur Ketidakberaturan Vertikal	III-12
3.7. Evaluasi Kinerja Struktur	III-12
3.8. Analisis Pushover dengan ETABS 9.6	III-12
3.9. Perencanaan Sendi Plastis	III-13
3.10. Pengaruh Tingkat Redudansi	III-13

BAB IV HASIL DAN ANALISIS DATA

4.1. Model Struktur dan Data Struktur	IV-1
4.1.1. Desain Perencanaan Struktur	IV-1
4.1.2. Material Struktur	IV-4
4.1.3. Geometri Struktur	IV-4
4.2. Preliminary Design	IV-5
4.2.1. Prarencana Balok	IV-5
4.2.2. Prarencana Pelat	IV-8
4.2.3. Prarencana Kolom	IV-12
4.3. Pembebanan dan Parameter Struktur	IV-19
4.3.1. Beban Mati	IV-19
4.3.2. Beban Hidup	IV-19
4.3.3. Perencanaan Beban Gempa	IV-20

4.3.4. Pemilihan Sistem Struktur dan Parameter Sistem	IV-24
4.4. Analisis Gempa Struktur	IV-25
4.4.1. Resume Elemen Struktur	IV-25
4.4.2. Permodelan Struktur	IV-26
4.4.3. Jenis Beban pada Struktur	IV-27
4.4.4. Kombinasi Pembebanan	IV-28
4.4.5. Input Pembebanan	IV-29
4.4.6. Input Respons Spektrum Gempa Struktur	IV-29
4.4.7. Menentukan Tipe Analisis Ragam Respons Spektrum	IV-30
4.4.8. Analisis Periode Struktur	IV-31
4.4.9. Penetapan Prosedur Analisis	IV-36
4.4.10. Menghitung Berat Struktur	IV-37
4.4.11. Menghitung Koefisien Respons Seismik	IV-44
4.4.12. Menghitung Gaya Geser Dasar	IV-45
4.4.13. Menghitung Distribusi Beban Gempa	IV-46
4.4.14. Menentukan Eksentrisitas Rencana (e_d)	IV-48
4.4.15. Input Beban Gempa Statik	IV-53
4.4.16. Gaya Geser Dasar Nominal, V (Base Shear)	IV-55
4.4.17. Simpangan Struktur	IV-58
4.5. Desain Tulangan	IV-65
4.5.1. Desain Tulangan Balok	IV-66
4.5.2. Desain Tulangan Kolom	IV-69
4.6. Analisis Non-Linear Pushover Simultan	IV-71
4.6.1. Sendi Plastis Simultan	IV-71
4.6.2. Pembebanan Akibat Beban Gempa (<i>PUSH1</i>)	IV-73
4.6.3. Pembebanan Akibat Beban Lateral (<i>PUSH2</i>)	IV-74
4.6.4. Perilaku Struktur <i>Non-Linear Pushover</i> Simultan	IV-76
4.7. Analisis Non-Linear Pushover dengan Perencanaan Sendi Plastis	IV-85
4.7.1. Perencanaan Sendi Plastis dengan Konsep FEMA 451b	IV-85
4.7.2. Perilaku Struktur <i>Non-Linear Pushover</i> dengan Perencanaan Sendi Plastis	IV-97
4.8. Kurva Analisis Pushover	IV-105
4.8.1. Pola Penambahan Tulangan Balok dan Kolom Pushover Arah X Struktur Beraturan	IV-106
4.8.2. Pola Penambahan Tulangan Balok dan Kolom Pushover Arah Y Struktur Beraturan	IV-109
4.8.3. Pola Penambahan Tulangan Balok dan Kolom Pushover Arah X Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-112
4.8.4. Pola Penambahan Tulangan Balok dan Kolom Pushover Arah Y Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-115
4.9. Base Shear dan Displacement Optimal	IV-118
4.9.1. Base Shear vs Displacement Maksimum	IV-118
4.9.2. Perbandingan Kurva Pushover pada Pola Perencanaan Sendi Plastis	IV-119

4.10. Pengaruh Peningkatan Tulangan terhadap Nilai Displacement Dan Base Shear	IV-121
4.11. Indeks Redundansi Optimal	IV-124
4.11.1. Indeks Redundansi Struktur Beraturan	IV-124
4.11.2. Indeks Redundansi Struktur Ketidakteraturan Geometri Vertikal ..	IV-124

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan	V-1
5.2. Saran	V-4

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



Daftar Gambar

Gambar 2.1.	Penampang Pelat Tinjauan	II-5
Gambar 2.2.	Koefisien Jepit Pelat Balok T	II-6
Gambar 2.3.	Koefisien Jepit Pelat Balok L	II-6
Gambar 2.4.	Grafik Koefisien Momen Inersia Balok T	II-7
Gambar 2.5.	Skema Bangunan Ketidakberaturan Geometri Vertikal	II-14
Gambar 2.6.	Graphic Interpretation Vertical Geometric Irregularity	II-15
Gambar 2.7.	Peta Untuk S_s	II-21
Gambar 2.8.	Peta Untuk S_1	II-21
Gambar 2.9.	Respons Spektrum Desain (SNI Gambar 1)	II-26
Gambar 2.10.	Prosedur Analisis Pushover dan Capacity Curve (ATC-40)	II-31
Gambar 2.11.	Ilustrasi Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja	II-32
Gambar 2.12.	Sendi Plastis pada Balok (Keruntuhan Diinginkan)	II-34
Gambar 2.13.	Sendi Plastis pada Kolom (Keruntuhan tidak Diinginkan)	II-34
Gambar 2.14.	Properti Sendi Plastis	II-35
Gambar 2.15.	Kurva Base Shear terhadap Top-Floor Drift Analisis Pushover	II-37
Gambar 2.16.	Hubungan Sendi Plastis Terdistribusi dan Simultan	II-42
Gambar 2.17.	Sendi Plastis Simultan	II-43
Gambar 2.18.	Redundansi Lokal dengan Merancang Sendi Plastis	II-43
Gambar 3.1.	Flowchart Penelitian	III-3
Gambar 3.2.	Denah Struktur Beraturan	III-4
Gambar 3.3.	Tampak Struktur Gendung Beraturan	III-5
Gambar 3.4.	Denah Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal Lantai 1-3	III-5
Gambar 3.5.	Denah Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal Lantai 4-10 ..	III-6
Gambar 3.6.	Struktur Gedung Ketidakberaturan Geometri Vertikal dengan syarat Bangunan $X > 130\% Y$	III-6
Gambar 3.7.	Penentuan Desain Spektra Suatu Wilayah	III-11
Gambar 4.1.	Denah Struktur Beraturan	IV-1
Gambar 4.2.	Tampak Struktur Gendung Beraturan	IV-2
Gambar 4.3.	Denah Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal Lantai 1-3	IV-2
Gambar 4.4.	Denah Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal Lantai 4-10 ..	IV-3
Gambar 4.5.	Struktur Gedung Ketidakberaturan Geometri Vertikal dengan syarat Bangunan $X > 130\% Y$	IV-3
Gambar 4.6.	Pembebanan Penampang Balok As A	IV-5
Gambar 4.7.	Denah Pelat Tinjauan 1	IV-8
Gambar 4.8.	Pelat Tinjauan 1	IV-9
Gambar 4.9.	Koefisien Jepit Pelat Balok T 720 cm (Tinjauan 1)	IV-9
Gambar 4.10.	Koefisien Jepit Pelat Balok L 600 cm (Tinjauan 1)	IV-10
Gambar 4.11.	Tinjauan Kolom Tengah	IV-12
Gambar 4.12.	Desain Respons Spektrum Tanah Sedang Jakarta Barat	IV-23
Gambar 4.13.	Permodelan Struktur Beraturan	IV-27

Gambar 4.14. Permodelan Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-27
Gambar 4.15. Static Load Case pada ETABS v9.6	IV-28
Gambar 4.16. Response Spectrum Function	IV-30
Gambar 4.17. Response Spectrum Case Data	IV-31
Gambar 4.18. Waktu Getar Struktur Mode 1 (Arah Y) dengan $T_1 = 1,4879$ detik (Struktur Beraturan)	IV-32
Gambar 4.19. Waktu Getar Struktur Mode 1 (Arah Y) dengan $T_1 = 1,5567$ detik (Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal)	IV-32
Gambar 4.20. Waktu Getar Struktur Mode 2 (Arah X) dengan $T_2 = 1,4222$ detik (Struktur Beraturan)	IV-33
Gambar 4.21. Waktu Getar Struktur Mode 2 (Arah X) dengan $T_2 = 1,5099$ detik (Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal)	IV-33
Gambar 4.22. Input Massa Beban Mati Tambahan dan Beban Hidup Tereduksi ..	IV-38
Gambar 4.23. Diaphragms Struktur Beraturan	IV-49
Gambar 4.24. Diaphragms Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-50
Gambar 4.25. Input Koordinat Pusat Massa Baru ke Grid	IV-52
Gambar 4.26. Hasil Input Koordinat Pusat Massa	IV-52
Gambar 4.27. Input Beban Gempa pada Static Load Case EQX	IV-53
Gambar 4.28. Input Beban Gempa pada Static Load Case EQY	IV-53
Gambar 4.29. Cara Input Beban Gempa Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-54
Gambar 4.30. Penyatuan Beban Gempa pada Diaphragms	IV-54
Gambar 4.31. Modifikasi Skala Faktor Response Spectrum Case Struktur Beraturan	IV-56
Gambar 4.32. Modifikasi Skala Faktor Response Spectrum Case Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-58
Gambar 4.33. Grafik Simpangan Antar Lantai Arah X Struktur Beraturan	IV-61
Gambar 4.34. Grafik Simpangan Antar Lantai Arah Y Struktur Beraturan	IV-61
Gambar 4.35. Grafik Simpangan Antar Lantai Arah X Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-64
Gambar 4.36. Grafik Simpangan Antar Lantai Arah Y Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-64
Gambar 4.37. Hasil Output As Minimum pada As 1 Struktur Beraturan	IV-65
Gambar 4.38. As Minimum Balok Pinggir As 1 pada Story 1 (B20)	IV-66
Gambar 4.39. Penampang Tumpuan Kiri Balok B20	IV-67
Gambar 4.40. Penampang Lapangan Balok B20	IV-68
Gambar 4.41. Penampang Tumpuan Kanan Balok B20	IV-69
Gambar 4.42. As Minimum Kolom Pinggir C6	IV-70
Gambar 4.43. Penampang Desain Tulangan Kolom Pinggir C6	IV-70
Gambar 4.44. Menentukan Sendi Plastis pada Balok (Default-M3)	IV-72
Gambar 4.45. Menentukan Sendi Plastis pada Kolom (Default-PMM)	IV-72
Gambar 4.46. Sendi Plastis Simultan pada Struktur Beraturan	IV-72
Gambar 4.47. Sendi Plastis Simultan pada Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-73

Gambar 4.48. Pushover Case untuk Beban Gravitasi (<i>PUSH1</i>)	IV-74
Gambar 4.49. Pushover Case untuk Beban Lateral Arah X (<i>PUSH2</i>)	IV-75
Gambar 4.50. Pushover Case untuk Beban Lateral Arah Y (<i>PUSH2</i>)	IV-75
Gambar 4.51. Hasil Running <i>PUSH2</i> Arah X Step 1 Struktur Beraturan	IV-75
Gambar 4.52. Hasil Running <i>PUSH2</i> Arah X Step 2 Struktur Beraturan	IV-77
Gambar 4.53. Hasil Running <i>PUSH2</i> Arah X Step 3 Struktur Beraturan	IV-77
Gambar 4.54. Hasil Running <i>PUSH2</i> Arah X Step 4 Struktur Beraturan	IV-78
Gambar 4.55. Hasil Running <i>PUSH2</i> Arah X Step 5 Struktur Beraturan	IV-78
Gambar 4.56. Hasil Running <i>PUSH2</i> Arah Y Step 1 Struktur Beraturan	IV-79
Gambar 4.57. Hasil Running <i>PUSH2</i> Arah Y Step 2 Struktur Beraturan	IV-79
Gambar 4.58. Hasil Running <i>PUSH2</i> Arah Y Step 3 Struktur Beraturan	IV-80
Gambar 4.59. Hasil Running <i>PUSH2</i> Arah Y Step 4 Struktur Beraturan	IV-80
Gambar 4.60. Hasil Running <i>PUSH2</i> Arah Y Step 5 Struktur Beraturan	IV-81
Gambar 4.61. Hasil Running <i>PUSH2</i> Arah X Step 1 Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-82
Gambar 4.62. Hasil Running <i>PUSH2</i> Arah X Step 2 Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-82
Gambar 4.63. Hasil Running <i>PUSH2</i> Arah Y Step 1 Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-83
Gambar 4.64. Hasil Running <i>PUSH2</i> Arah Y Step 2 Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-83
Gambar 4.65. Hasil Running <i>PUSH2</i> Arah Y Step 3 Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-84
Gambar 4.66. Hasil Running <i>PUSH2</i> Arah Y Step 4 Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-84
Gambar 4.67. Hasil Running <i>PUSH2</i> Arah Y Step 5 Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-85
Gambar 4.68. Pola Penggantian Tulangan Balok Arah X Struktur Beraturan dan Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal dengan Konsep FEMA 451b	IV-86
Gambar 4.69. Pola Penggantian Tulangan Balok Arah Y Struktur Beraturan dengan Konsep FEMA 451b	IV-86
Gambar 4.70. Pola Penggantian Tulangan Balok Arah Y Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-87
Gambar 4.71. Cara Input As Terpasang pada Balok	IV-90
Gambar 4.72. Cara Input Tulangan Terpasang pada Kolom	IV-91
Gambar 4.73. Deformed Shape (<i>PUSH2</i> – Step 5) Elevation View 1 Pola 4	IV-92
Gambar 4.74. Deformed Shape (<i>PUSH2</i> – Step 5) Elevation View 1 Pola 5	IV-96
Gambar 4.75. Hasil Running <i>PUSH2</i> Arah X Step 1 Struktur Beraturan Pola 5 ...	IV-97
Gambar 4.76. Hasil Running <i>PUSH2</i> Arah X Step 2 Struktur Beraturan Pola 5 ...	IV-98
Gambar 4.77. Hasil Running <i>PUSH2</i> Arah X Step 3 Struktur Beraturan Pola 5 ...	IV-98
Gambar 4.78. Hasil Running <i>PUSH2</i> Arah X Step 4 Struktur Beraturan Pola 5 ...	IV-99
Gambar 4.79. Hasil Running <i>PUSH2</i> Arah Y Step 1 Struktur Beraturan Pola 5 ...	IV-99
Gambar 4.80. Hasil Running <i>PUSH2</i> Arah Y Step 2 Struktur Beraturan Pola 5 ...	IV-100

Gambar 4.81. Hasil Running PUSH2 Arah Y Step 3 Struktur Beraturan Pola 5 ...	IV-100
Gambar 4.82. Hasil Running PUSH2 Arah Y Step 4 Struktur Beraturan Pola 5 ...	IV-101
Gambar 4.83. Hasil Running PUSH2 Arah X Step 1 Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal Pola 5	IV-102
Gambar 4.84. Hasil Running PUSH2 Arah X Step 2 Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal Pola 5	IV-102
Gambar 4.85. Hasil Running PUSH2 Arah X Step 3 Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal Pola 5	IV-103
Gambar 4.86. Hasil Running PUSH2 Arah X Step 4 Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal Pola 5	IV-103
Gambar 4.87. Hasil Running PUSH2 Arah Y Step 1 Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal Pola 5	IV-104
Gambar 4.88. Hasil Running PUSH2 Arah Y Step 2 Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal Pola 5	IV-104
Gambar 4.89. Hasil Running PUSH2 Arah Y Step 3 Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal Pola 5	IV-105
Gambar 4.90. Perbandingan Kurva Pushover pada Perencanaan Sendi Plastis Arah X Struktur Beraturan	IV-119
Gambar 4.91. Perbandingan Kurva Pushover pada Perencanaan Sendi Plastis Arah Y Struktur Beraturan	IV-120
Gambar 4.92. Perbandingan Kurva Pushover pada Perencanaan Sendi Plastis Arah X Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-120
Gambar 4.93. Perbandingan Kurva Pushover pada Perencanaan Sendi Plastis Arah Y Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-121
Gambar 4.94. Indeks Redundansi Struktur Beraturan Pushover Arah X	IV-128
Gambar 4.95. Indeks Redundansi Struktur Beraturan Pushover Arah Y	IV-129
Gambar 4.96. Indeks Redundansi Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal Pushover Arah X	IV-133
Gambar 4.97. Indeks Redundansi Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal Pushover Arah Y	IV-133

Daftar Tabel

Tabel 2.1. Tebal Minimum Balok	II-4
Tabel 2.2. Tebal Minimum Pelat	II-8
Tabel 2.3. Nilai n Optimum untuk Struktur Rangka Momen Menengah dan Tinggi Tingkat 4 m	II-9
Tabel 2.4. Nilai n Optimum untuk Struktur Rangka Momen Menengah dan Tinggi Tingkat 3,5 m	II-10
Tabel 2.5. Nilai n Optimum untuk Struktur Rangka Momen Khusus dan Tinggi Tingkat 4 m	II-10
Tabel 2.6. Nilai n Optimum untuk Struktur Rangka Momen Khusus dan Tinggi Tingkat 3,5 m	II-11
Tabel 2.7. Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur (SNI Tabel 10)	II-12
Tabel 2.8. Ketidakberaturan Vertikal pada Struktur (SNI Tabel 11)	II-13
Tabel 2.9. Simpangan Antar Lantai Ijin, $\Delta_a^{a,b}$ (SNI Tabel 16)	II-16
Tabel 2.10. Prosedur Analisis Perencanaan Beban Gempa (SNI Tabel 13)	II-17
Tabel 2.11. Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa (SNI Tabel 1)	II-18
Tabel 2.12. Faktor Keutamaan Gempa (SNI Tabel 2)	II-19
Tabel 2.13. Klasifikasi Situs (SNI Tabel 3)	II-22
Tabel 2.14. Koefisien situs, F_a (SNI Tabel 5)	II-23
Tabel 2.15. Koefisien situs, F_v (SNI Tabel 5)	II-24
Tabel 2.16. Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek (SNI Tabel 6)	II-28
Tabel 2.17. Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik (SNI Tabel 7)	II-28
Tabel 2.18. Tingkat Kerusakan Struktur	II-35
Tabel 2.19. Persyaratan 35% Gaya Geser Dasar (SNI Tabel 12)	II-38
Tabel 3.1. Material Struktur yang Digunakan	III-7
Tabel 3.2. Geometri Struktur yang Ditentukan	III-7
Tabel 4.1. Material Struktur yang Digunakan	IV-4
Tabel 4.2. Geometri Struktur yang Ditentukan	IV-4
Tabel 4.3. Perhitungan Input Beban Type 1 di SAP 2000	IV-6
Tabel 4.4. Perhitungan Input Beban Type 2 di SAP 2000	IV-6
Tabel 4.5. Hasil Perhitungan Preliminary Design Dimensi Balok Pinggir	IV-7
Tabel 4.6. Hasil Perhitungan Preliminary Design Dimensi Balok Tengah	IV-7
Tabel 4.7. Resume Dimensi Tebal Pelat	IV-12
Tabel 4.8. Perhitungan Beban Mati pada Kolom Lantai 10	IV-14
Tabel 4.9. Perhitungan Beban Hidup pada Kolom Lantai 10	IV-14
Tabel 4.10. Perhitungan Beban Mati pada Kolom Lantai 9	IV-16
Tabel 4.11. Perhitungan Beban Hidup pada Kolom Lantai 9	IV-17
Tabel 4.12. Dimensi Kolom Tengah	IV-18

Tabel 4.13. Dimensi Kolom Pinggir	IV-18
Tabel 4.14. Dimensi Kolom Sudut	IV-18
Tabel 4.15. Klasifikasi Situs Tanah Sedang	IV-20
Tabel 4.16. Parameter Desain Spektrum Tanah Sedang Jakarta Barat	IV-21
Tabel 4.17. Parameter T dan SA Tanah Sedang Jakarta Barat	IV-22
Tabel 4.18. Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek (SNI Tabel 6)	IV-23
Tabel 4.19. Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik (SNI Tabel 7)	IV-24
Tabel 4.20. Pemilihan Sistem Struktur Berdasarkan Tingkat Resiko Gempa	IV-24
Tabel 4.21. Faktor R, Cd, Ω_0 untuk Sistem Penahan Gempa	IV-25
Tabel 4.22. Dimensi Balok	IV-25
Tabel 4.23. Dimensi Kolom	IV-26
Tabel 4.24. Kombinasi Pembebanan pada Struktur Gedung	IV-28
Tabel 4.25. Nilai Parameter Pendekatan untuk C_1 dan x	IV-31
Tabel 4.26. Koefisien Batas Atas Periode yang Dihitung	IV-34
Tabel 4.27. Perhitungan Selisih Periode (ΔT) Setiap Mode Struktur Beraturan	IV-35
Tabel 4.28. Perhitungan Selisih Periode (ΔT) Setiap Mode Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-35
Tabel 4.29. Prosedur Analisis Perencanaan Beban Gempa (SNI Tabel 13)	IV-36
Tabel 4.30. Berat Sendiri Gedung pada Setiap Lantai Struktur Beraturan	IV-37
Tabel 4.31. Berat Sendiri Gedung pada Setiap Lantai Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-37
Tabel 4.32. Perhitungan Beban Mati pada Balok	IV-39
Tabel 4.33. Jumlah Beban Mati pada Balok dan Pelat	IV-39
Tabel 4.34. Perhitungan Beban Mati pada Balok	IV-41
Tabel 4.35. Jumlah Beban Mati pada Balok dan Pelat	IV-42
Tabel 4.36. Berat Struktur Gedung Struktur Beraturan	IV-43
Tabel 4.37. Berat Struktur Gedung Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-44
Tabel 4.38. Perhitungan Gaya Gempa Tiap Lantai Struktur Beraturan	IV-47
Tabel 4.39. Perhitungan Gaya Gempa Tiap Lantai Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-47
Tabel 4.40. Perhitungan Gaya Gempa Arah X dan Arah Y Struktur Beraturan	IV-48
Tabel 4.41. Perhitungan Gaya Gempa Arah X dan Arah Y Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-48
Tabel 4.42. Output Nilai Pusat Massa dan Nilai Pusat Rotasi	IV-49
Tabel 4.43. Output Nilai Pusat Massa dan Nilai Pusat Rotasi	IV-51
Tabel 4.44. Perhitungan Eksentrisitas Rencana (e_d)	IV-51
Tabel 4.45. Base Shear Nominal untuk Masing-masing Gempa Struktur Beraturan	IV-55
Tabel 4.46. Base Shear Nominal untuk Masing-masing Gempa Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-57
Tabel 4.47. Simpangan Struktur Arah X Struktur Beraturan	IV-59
Tabel 4.48. Simpangan Struktur Arah Y Struktur Beraturan	IV-59
Tabel 4.49. Simpangan Struktur Arah X Struktur Beraturan dengan Faktor	

Redundansi $\rho = 1,3$	IV-60
Tabel 4.50. Simpangan Struktur Arah Y Struktur Beraturan dengan Faktor Redundansi $\rho = 1,3$	IV-60
Tabel 4.51. Simpangan Struktur Arah X Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-62
Tabel 4.52. Simpangan Struktur Arah Y Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-62
Tabel 4.53. Simpangan Struktur Arah X Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal dengan Faktor Redundansi $\rho = 1,3$	IV-63
Tabel 4.54. Simpangan Struktur Arah Y Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal dengan Faktor Redundansi $\rho = 1,3$	IV-63
Tabel 4.55. Nilai As Minimum Balok Pinggir As 1 pada Story 1 (B20)	IV-67
Tabel 4.56. Peningkatan Tulangan Balok Pushover Arah X Struktur Beraturan	IV-88
Tabel 4.57. Peningkatan Tulangan Balok Pushover Arah Y Struktur Beraturan	IV-88
Tabel 4.58. Peningkatan Tulangan Balok Pushover Arah X Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-89
Tabel 4.59. Peningkatan Tulangan Balok Pushover Arah Y Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-89
Tabel 4.60. Peningkatan Tulangan Kolom Pinggir Struktur Beraturan	IV-93
Tabel 4.61. Peningkatan Tulangan Kolom Tengah Struktur Beraturan	IV-93
Tabel 4.62. Peningkatan Tulangan Kolom Sudut Struktur Beraturan	IV-93
Tabel 4.63. Peningkatan Tulangan Kolom Pinggir Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-94
Tabel 4.64. Peningkatan Tulangan Kolom Tengah Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-94
Tabel 4.65. Peningkatan Tulangan Kolom Sudut Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-94
Tabel 4.66. Prosentase Peningkatan Tulangan Kolom Pushover Arah X Struktur Beraturan	IV-95
Tabel 4.67. Prosentase Peningkatan Tulangan Kolom Pushover Arah Y Struktur Beraturan	IV-95
Tabel 4.68. Prosentase Peningkatan Tulangan Kolom Pushover Arah X Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-96
Tabel 4.69. Prosentase Peningkatan Tulangan Kolom Pushover Arah Y Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-96
Tabel 4.70. Base Shear Vs Displacement Simultan Pushover Arah X	IV-106
Tabel 4.71. Base Shear Vs Displacement Pushover Arah X Pola 1 – Balok	IV-106
Tabel 4.72. Base Shear Vs Displacement Pushover Arah X Pola 2 – Balok	IV-107
Tabel 4.73. Base Shear Vs Displacement Pushover Arah X Pola 3 – Balok	IV-107
Tabel 4.74. Base Shear Vs Displacement Pushover Arah X Pola 4 – Kolom	IV-108
Tabel 4.75. Base Shear Vs Displacement Pushover Arah X Pola 5 – Kolom	IV-108
Tabel 4.76. Base Shear Vs Displacement Simultan Pushover Arah Y	IV-109
Tabel 4.77. Base Shear Vs Displacement Pushover Arah Y Pola 1 – Balok	IV-109
Tabel 4.78. Base Shear Vs Displacement Pushover Arah Y Pola 2 – Balok	IV-110

Tabel 4.79. Base Shear Vs Displacement Pushover Arah Y Pola 3 – Balok	IV-110
Tabel 4.80. Base Shear Vs Displacement Pushover Arah Y Pola 4 – Kolom	IV-111
Tabel 4.81. Base Shear Vs Displacement Pushover Arah Y Pola 5 – Kolom	IV-111
Tabel 4.82. Base Shear Vs Displacement Simultan Pushover Arah X	IV-112
Tabel 4.83. Base Shear Vs Displacement Pushover Arah X Pola 1 – Balok	IV-112
Tabel 4.84. Base Shear Vs Displacement Pushover Arah X Pola 2 – Balok	IV-113
Tabel 4.85. Base Shear Vs Displacement Pushover Arah X Pola 3 – Balok	IV-113
Tabel 4.86. Base Shear Vs Displacement Pushover Arah X Pola 4 – Kolom	IV-114
Tabel 4.87. Base Shear Vs Displacement Pushover Arah X Pola 5 – Kolom	IV-114
Tabel 4.88. Base Shear Vs Displacement Simultan Pushover Arah Y	IV-115
Tabel 4.89. Base Shear Vs Displacement Pushover Arah Y Pola 1 – Balok	IV-115
Tabel 4.90. Base Shear Vs Displacement Pushover Arah Y Pola 2 – Balok	IV-116
Tabel 4.91. Base Shear Vs Displacement Pushover Arah Y Pola 3 – Balok	IV-116
Tabel 4.92. Base Shear Vs Displacement Pushover Arah Y Pola 4 – Kolom	IV-117
Tabel 4.93. Base Shear Vs Displacement Pushover Arah Y Pola 5 – Kolom	IV-117
Tabel 4.94. Nilai Base Shear Vs Displacement Maksimum pada Struktur Beraturan Pushover Arah X	IV-118
Tabel 4.95. Nilai Base Shear Vs Displacement Maksimum pada Struktur Beraturan Pushover Arah Y	IV-118
Tabel 4.96. Nilai Base Shear Vs Displacement Maksimum pada Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal Pushover Arah X	IV-118
Tabel 4.97. Nilai Base Shear Vs Displacement Maksimum pada Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal Pushover Arah Y	IV-119
Tabel 4.98. Prosentase Peningkatan Tulangan Pushover X terhadap Nilai Displacement dan Base Shear Struktur Beraturan	IV-121
Tabel 4.99. Prosentase Peningkatan Tulangan Pushover Y terhadap Nilai Displacement dan Base Shear Struktur Beraturan	IV-122
Tabel 4.100. Prosentase Peningkatan Tulangan Pushover X terhadap Nilai Displacement dan Base Shear Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-122
Tabel 4.101. Prosentase Peningkatan Tulangan Pushover Y terhadap Nilai Displacement dan Base Shear Struktur Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-122

Daftar Notasi

a	= Titik awal dari sendi plastis
α	= Perbandingan kekakuan balok dengan pelat pada sisi yang ditinjau
Ag	= Luas penampang kolom yang diperlukan
α_m	= Nilai rata-rata α (kekakuan balok dengan pelat)
b	= Titik akhir dari sendi plastis
D	= Dead Load (Beban Mati)
E	= Earthquake Load (Beban Gempa)
E	= Kekakuan
F_c'	= mutu beton
Fa	= Koefisien situs untuk perioda pendek (0.2 detik)
Fv	= Koefisien situs untuk perioda panjang (1 detik)
Fy	= Mutu baja tulangan
Fys	= Mutu baja tulangan sengkang
h	= Ketebalan pelat
Ib	= Momen inersia penampang (Ix) total
Ie	= Faktor keutamaan
L	= Live Load (Beban Hidup)
ln	= 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 (Maximum Considered Earthquake)
MCE_R	= Gempa tertimbang maksimum risiko tertargetkan
Pu	= Gaya aksial konsentrik terfaktor pada kolom
Py	= Proyeksi denah struktur arah Y
Px	= 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
Ss	= Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek

S_1	= 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	= Periode getar fundamental struktur
W	= Beban Angin
β	= $\frac{\text{panjang sisi terpanjang}}{\text{panjang sisi terpendek}}$
φ	= Nilai kurvatur
θ	= Nilai rotasi

