

TUGAS AKHIR

**EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG RUMAH SAKIT
11 LANTAI BERLOKASI DI PONTIANAK BERDASARKAN
*PERFORMANCE-BASED DESIGN***

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



Disusun Oleh :

Firmansyah

41116010116

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

Dosen Pembimbing :

Fajar Triwardono, S.T., M.T.

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCU BUANA

2020

**EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG RUMAH SAKIT
11 LANTAI BERLOKASI DI PONTIANAK BERDASARKAN
*PERFORMANCE-BASED DESIGN***

Firmansyah

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Mercu Buana, Jl. Meruya Selatan No.1 Kembangan
Jakarta 11650, E-mail : Firmaansh98@gmail.com

ABSTRAK

Perancangan gedung – gedung bertingkat tinggi tentu diperlukan perencanaan tahan gempa karena kedatangan gempa tidak dapat diprediksi secara pasti tempat dan waktunya, kejadian bencana alam dapat merusak struktur. Salah satu konsep untuk perencanaan bangunan tahan gempa adalah Perencanaan Berbasis Kinerja (*Performance-Based Design*) yang digunakan pada bangunan baru atau upgrade dapat menjamin keselamatan penghuni, dan kesiapan pakai setelah gempa terjadi. Salah satu pendekatannya yaitu dengan analisis *pushover* berdasarkan *Applied Technology Council* (ATC-40). Pada hasil analisis gedung yang direncanakan termasuk pada kategori gedung beraturan *vertical* dan *horizontal*, kemudian syarat struktur sistem ganda sudah memenuhi kriteria yang ditentukan yaitu rasio frame X dan Y sudah lebih dari 25% (30% arah X & 45% arah Y). Simpangan antar lantai dengan analisis dinamik respon spektrum dinyatakan aman dalam ketentuan batas izin simpangan antar lantai yaitu sebesar 50 mm berdasarkan SNI 1726-2012 sedangkan simpangan antar lantai dengan analisis *pushover* berada pada level kinerja *Immediate Occupancy (IO)* berdasarkan ATC-40.

Kata Kunci : Analisis Dinamik Respon Spektrum, Analisis *Pushover*, *Applied Technology Council (ATC-40)*.

***THE PERFORMANCE EVALUATION OF HOSPITAL BUILDINGS STRUCTURE
11 FLOORS ARE LOCATED IN PONTIANAK
BASED ON PERFORMANCE-BASED DESIGN***

Firmansyah



Department of Civil Engineering, Mercu Buana University, South Meruya No.1

Kembangan Jakarta 11650, E-mail : Firmaansh98@gmail.com

ABSTRACT

The design of high-rise buildings required earthquake resistant planning because the arrival of earthquakes cannot be predicted with certainty in place and time, natural events can damage the structure. One of the planning concepts for earthquake resistant buildings is Performance-Based Design which is used in new or upgraded buildings that can guarantee occupant safety and readiness for use after an earthquake occurs. One of the approaches is pushover analysis based on the Applied Technology Council (ATC-40). In the results of the analysis of the planned buildings including the vertical and horizontal regular building categories, then the dual system structure requirements have met the specified criteria, the direction X and Y frame ratios are more than 25% (30% X direction & 45% Y direction). Floors drift with dynamic analysis of responsibility is stated to be safe in the provisions of the deviation between floors, which is 50 mm based on SNI 1726-2012, while the deviation between floors with pushover analysis is at the level of Immediate Occupancy (IO) performance based on ATC-40

Keywords: Dynamic Response Spectrum Analysis, Pushover Analysis, Applied Technology Council (ATC-40)

	LEMBAR PENGESAHAN SIDANG PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MERCU BUANA	
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

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

Judul Tugas Akhir : EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG RUMAH SAKIT 11 LANTAI BERLOKASI DI PONTIANAK BERDASARKAN *PERFORMANCE-BASED DESIGN*

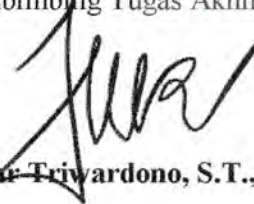
Disusun oleh :

Nama : FIRMANSYAH
NIM : 41116010116
Program Studi : Teknik Sipil

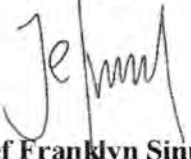
Telah diujikan dan dinyatakan **LULUS** pada sidang sarjana :

Tanggal : 24 Agustus 2020

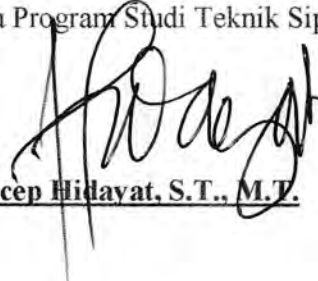
Mengetahui
Pembimbing Tugas Akhir


Fajar Triwardono, S.T., M.T.

Ketua Penguji


Jef Franklyn Sinulingga, S.T., M.T

Ketua Program Studi Teknik Sipil


Acep Hidayat, S.T., M.T.

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

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : FIRMANSYAH
Nomor Induk Mahasiswa : 41116010116
Program Studi : 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 kesarjanaan saya.

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

Jakarta, 24 Agustus 2020

Yang memberikan pernyataan

UNIVERSITAS
MERCU BUANA


FIRMANSYAH

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Puji syukur penuli panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkah dan rahmatnya yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan Tugas Akhir dengan judul “*Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Rumah Sakit 11 Lantai Berlokasi Di Pontianak Berdasarkan Performance-Based Design*” ini dengan baik dan sesuai jadwal yang telah ditentukan.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik pada program studi Teknik Sipil Universitas Mercu Buana. Dengan adanya Tugas Akhir ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dalam perencanaan struktur gedung tahan gempa bagi penulis maupun pembaca.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak-pihak yang telah memberikan motivasi dan bantuan dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini, yaitu kepada :

1. Allah SWT atas segala hidayah, kemudahan dan kelancaran yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menulis Proposal Tugas Akhir dengan baik dan lancar.
2. Kepada kedua orang tua saya yang senantiasa memberikan kasih sayang, perhatian, nasihat, doa yang tulus dan dukungan kepada penulis.
3. Bapak Acep Hidayat, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Mercu Buana
4. Bapak Fajar Triwardono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing, memberi masukan serta saran dalam penulisan Tugas Akhir ini
5. Friska Damayanti, Yolanda Alviano, Yeti Nurfauziah, Siti Umamah Fitriana, Vernanda Olivia dan untuk semua teman-teman terdekat saya yang tidak bisa

disebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan baik secara semangat, tenaga maupun doa dalam penulisan Tugas Akhir ini.

6. Teman-teman seperjuangan Teknik Sipil angkatan 2016 Universitas Mercubuana yang menenami proses perkuliahan secara bersama-sama hingga akhir semester ini, semoga kita semua menjadi orang yang sukses dan bermanfaat untuk bangsa dan negara ini.
7. Semua pihak yang telah membantu selama masa penulisan Tugas Akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.
8. Kepada staff TU Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak membantu dalam memberikan informasi-informasi terkait Proposal Tugas Akhir ini.

Dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir ini tentunya masih terdapat kekurangan serta jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran terbuka demi perbaikan yang bersifat membangun atas laporan ini. Penulis mengucapkan terima kasih dan semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun kita bersama.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 10 Agustus 2020

Firmansyah

DAFTAR ISI

COVER

ABSTRAK **i**

LEMBAR PENGESAHAN **iii**

LEMBAR PERNYATAAN **iv**

KATA PENGANTAR **v**

DAFTAR ISI **vii**

DAFTAR TABEL **xii**

DAFTAR GAMBAR **xvi**

BAB I PENDAHULUAN

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-3

1.5. Manfaat Penelitian I-3

1.6. Pembatasan Dan Ruang Lingkup Masalah I-4

1.7. Sistematika Penulisan 4

vii

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1.	Gempa Bumi	II-1
2.2.	Gedung Beraturan	II-1
2.3.	Konsep Bangunan Tahan Gempa	II-2
2.4.	Performance-Based Design	II-2
2.5.	<i>Pushover Analysis</i>	II-6
2.5.1.	Kurva Kapasitas (<i>Curve Capacity</i>)	II-6
2.6.	Performace Point	II-10
2.7.	Parameter Respon Terkombinasi	II-11
2.8.	Daktilitas	II-12
2.9.	Sendi Plastis	II-12
2.10.	Kerangka Berfikir	II-15
2.11.	Penelitian Terdahulu	II-16

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1.	Metodologi Penelitian	III-1
3.2.	Tempat dan Waktu Penelitian	III-2
3.3.	Studi literatur	III-3

3.4.	Data Struktur	III-3
3.4.1.	Spesifikasi material	III-4
3.4.2.	Denah Gedung	III-5
3.4.3.	Denah & Detail Kolom	III-7
3.4.4.	Denah & Detail Balok	III-9
3.4.5.	Denah & Detail Pelat	III-11
3.4.6.	Denah & Detail Dinding Geser	III-13
 BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		
4.1.	Pembebanan	IV-1
4.1.1.	Beban Mati Tambahan	IV-1
4.1.2.	Beban Hidup	IV-3
4.1.3.	Beban Gempa	IV-4
4.1.4.	Kombinasi Beban	IV-7
4.2.	Analisis Struktur	IV-8
4.2.1.	Periode Fundamental	IV-8
4.2.2.	Gaya Geser Gempa	IV-12
4.2.3.	Faktor Skala Gempa	IV-13

4.2.4.	Simpangan Antar Lantai	IV-13
4.2.5.	Pengecekan P-Delta	IV-17
4.2.6.	Pengecekan Eksentrisitas dan Torsi.....	IV-20
4.2.7.	Ketidakteraturan Vertikal & Horizontal	IV-25
4.2.8.	Kontribusi Frame Memikul Minimal 25% Gaya Lateral	IV-37
4.3.	<i>Pushover Analisis</i>	IV-38
4.3.1.	Membuat <i>Nonlinier Case</i>	IV-38
4.3.2.	Menambahkan Tulangan Pada Elemen Balok	IV-43
4.3.3.	Menambahkan Tulangan Pada Elemen Kolom	IV-49
4.3.4.	Menambahkan Tulangan Pada Elemen Dinding Geser	IV-54
4.3.5.	Memodelkan Sendi Plastis.....	IV-57
4.3.6.	Menampilkan <i>Static Nonlinier Curve</i>	IV-59
4.4.	Metode Spektrum Kapasitas ATC-40	IV-62
4.4.1.	<i>Default ETABS</i>	IV-62
4.4.2.	Evaluasi Titik Kinerja.....	IV-65
4.4.3.	Limit Deformasi.....	IV-65
4.5.	Cek Syarat <i>Strong Column Weak Beam</i>	IV-66

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan V-1

5.2. Saran..... V-4

DAFTAR PUSTAKA..... Pustaka-1

LAMPIRAN Lampiran-1



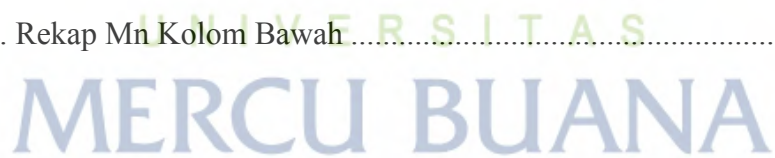
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Batasan Ratio Drift Atap Berdasarkan ATC-40	II-2
Tabel 2.2. Group Kinerja Bangunan Berdasarkan FEMA 451-B.....	II-3
Tabel 2.3. Level Kinerja Bangunan Desain Berdasarkan FEMA 451-B.....	II-4
Tabel 2.4. Tingkat Kerusakan Struktur Akibat Terbentuknya Sendi Plastis	II-14
Tabel 2.5. Penelitian Terdahulu	II-16
Tabel 3.1. Data struktur	III-3
Tabel 3.2. Spesifikasi Material	III-4
Tabel 3.3. Elevasi tiap lantai.....	III-5
Tabel 3.4. Dimensi Kolom Tiap Lantai	III-8
Tabel 3.5. Detail Tipe Balok.....	III-10
Tabel 3.6. Detail Tipe Pelat	III-12
Tabel 3.7. Detail Tipe Dinding Geser	III-14
Tabel 4.1. Beban Mati Tambahan.....	IV-1
Tabel 4.2. Beban Hidup Tiap Lantai.....	IV-3
Tabel 4.3. Parameter Respons Spektra	IV-5
Tabel 4.4. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan	IV-5

Tabel 4.5. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan	IV-5
Tabel 4.6. Respon Spektra Tanah Sedang Kota Pontianak.....	IV-6
Tabel 4.7. Kombinasi Pembebanan	IV-7
Tabel 4.8. Perhitungan Kombinasi Pembebanan	IV-8
Tabel 4.9. Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung.....	IV-9
Tabel 4.10. Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x	IV-9
Tabel 4.11. Modal Partisipasi Mass Ratio	IV-10
Tabel 4.12. Perhitungan Frekuensi Natural Sistem (radian/detik).....	IV-11
Tabel 4.13. Gaya Geser Gempa.....	IV-12
Tabel 4.14. Gaya Geser Gempa Statis dan Dinamis.....	IV-13
Tabel 4.15. Simpangan antar lantai ijin	IV-14
Tabel 4.16. Simpangan Antar Lantai Arah X dan Arah Y	IV-14
Tabel 4.17. Simpangan Antar Lantai Arah X	IV-15
Tabel 4.18. Simpangan Antar Lantai Arah Y	IV-16
Tabel 4.19. Gaya Geser Gempa Dinamis (SPEC X dan SPEC Y).....	IV-18
Tabel 4.20. Material list by story	IV-18
Tabel 4.21. P-Delta Arah X	IV-19

Tabel 4.22. P-Delta Arah Y	IV-19
Tabel 4.23. Eksentrisitas Bawaan ETABS	IV-21
Tabel 4.24. Data Eksentrisitas Torsi Tidak Terduga	IV-21
Tabel 4.25. Perhitungan Faktor Pembesaran Torsi Arah X	IV-22
Tabel 4.26. Perhitungan Faktor Pembesaran Torsi Arah Y	IV-23
Tabel 4.27. Perhitungan Eksentrisitas Desain Sumbu X	IV-24
Tabel 4.28. Perhitungan Eksentrisitas Desain Sumbu Y	IV-24
Tabel 4.29. Pengecekan ketidakberaturan torsi 1 a dan 1b arah X	IV-25
Tabel 4.30. Pengecekan ketidakberaturan torsi 1 a dan 1b arah Y	IV-25
Tabel 4.31. Rekapitulasi Ketidakberaturan Horizontal	IV-31
Tabel 4.32. Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal 1a Arah X	IV-32
Tabel 4.33. Pengecekan Ketidakberaturan Verikal 1a Arah Y	IV-32
Tabel 4.34. Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal 1b Arah X	IV-33
Tabel 4.35. Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal 1b Arah Y	IV-33
Tabel 4.36. Pengecekan Ketidakberaturan Berat (Massa)	IV-34
Tabel 4.37. Tabel Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal 5a	IV-35
Tabel 4.38. Tabel Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal 5b	IV-36

Tabel 4.39. Rekapitulasi Ketidakberaturan Vertikal	IV-36
Tabel 4.40. Kontribusi Frame Memikul Minimal 25%	IV-38
Tabel 4.41. Perhitungan Longitudinal Balok.....	IV-47
Tabel 4.42. Tulangan Utama Kolom	IV-52
Tabel 4.43. Tulangan Utama Shearwall.....	IV-56
Tabel 4.44. Tipe Bangunan Berdasarkan ATC-40	IV-63
Tabel 4.45. Titik Kinerja (Performance Point) ATC-40.....	IV-65
Tabel 4.46. Limit Deformasi ATC-40	IV-65
Tabel 4.47. Hasil Perhitungan Drift Ratio ATC-40.....	IV-66
Tabel 4.48. Rekap Mn Kolom Atas	IV-68
Tabel 4.49. Rekap Mn Kolom Bawah	IV-69



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Level Kinerja Struktur Standar	II-6
Gambar 2.2. Perilaku Inelastik Struktural Portal Kolom-Balok.....	II-8
Gambar 2.3. Kurva Kapasitas dan Definisi Daerah Kinerja.....	II-8
Gambar 2.4. Respon Spektra dalam Format Tradisional dan ADRS	II-10
Gambar 2.5. Spektrum Kapasitas – Respons Spektra Gabungan dalam Format Tradisional dan ADRS	II-10
Gambar 2.6. Penentuan Performance Point	II-11
Gambar 2.7. Sebaran Sendi Plastis Berurutan (Hinge Sequence)	II-14
Gambar 2.8. Skema Sebaran Sendi Plastis Serentak (Simultaneous Hinging)	II-14
Gambar 2.9. Kerangka Berfikir	II-16
Gambar 3.1. Diagram alir.....	III-1
Gambar 3.2. Tampak Samping Kiri.....	III-4
Gambar 3.3. Layout Lantai podium 1-4	III-5
Gambar 3.4. Layout Lantai 5-14.....	III-6
Gambar 3.5. Layout Lantai Atap	III-6
Gambar 3.6. Denah Kolom Lantai 1 - 4	III-7

Gambar 3.7. Denah Kolom Lantai 5 - 10	III-7
Gambar 3.8. Denah Kolom Lantai Atap	III-8
Gambar 3.9. Denah Balok Lantai 1 - 4	III-9
Gambar 3.10. Denah Balok Lantai 5 - 10	III-9
Gambar 3.11. Denah Balok Lantai Atap.....	III-10
Gambar 3.12. Denah Pelat Lantai 1 - 4.....	III-11
Gambar 3.13. Denah Pelat Lantai 5 - 10.....	III-11
Gambar 3.14. Denah Pelat Lantai Atap	III-12
Gambar 3.15. Denah Dinding Geser Lantai 1 - 4	III-13
Gambar 3.16. Denah Dinding Geser Lantai 5 - 10	III-13
Gambar 3.17. Denah Dinding Geser Lantai Atap.....	III-14
Gambar 4.1. Hasil penginputan beban mati tambahan lantai 1-4 (Satuan kN-m)	IV-2
Gambar 4.2. Hasil akhir penginputan beban mati tambahan lantai 5-10 (Satuan kN-m).....	IV-2
Gambar 4.3. Hasil akhir penginputan beban mati tambahan lantai atap (Satuan kN-m).....	IV-2
Gambar 4.4. Hasil akhir penginputan beban hidup lantai 1-4 (Satuan kN-m)	IV-3
Gambar 4.5. Hasil akhir penginputan beban hidup lantai 5-9 (Satuan kN-m)	IV-3

Gambar 4.6. Hasil akhir penginputan beban hidup lantai 10 (Satuan kN-m).....	IV-4
Gambar 4.7. Hasil akhir penginputan beban hidup lantai atap (Satuan kN-m).....	IV-4
Gambar 4.8. Respon Spektra Tanah Sedang daerah Pontianak.....	IV-6
Gambar 4.9. Periode Fundamental Mode 1 Arah Y (2,095 detik).....	IV-11
Gambar 4.10. Periode Fundamental Mode 2 Arah X (1,957 detik).....	IV-11
Gambar 4.11. Gaya Desain Seismik Untuk Struktur Desain Seismik A.....	IV-12
Gambar 4.12. Simpangan Antar Lantai Terhadap Elevasi Lantai.....	IV-16
Gambar 4.13. Pengaruh P-Delta.....	IV-20
Gambar 4.14. Denah Lantai 1.....	IV-27
Gambar 4.15. Denah Lantai 5.....	IV-28
Gambar 4.16. Ketidakberaturan Pergeseran Melintang Terhadap Bidang.....	IV-29
Gambar 4.17. Bentuk 3D Gedung Rumah Sakit di Pontianak.....	IV-30
Gambar 4.18. Lokasi Titik Acuan Pushover.....	IV-39
Gambar 4.19. Menentukan titik yang ditinjau.....	IV-39
Gambar 4.20. Static Nonlinear Cases.....	IV-40
Gambar 4.21. Input Static Nonlinier Case Gravity.....	IV-41
Gambar 4.22. Input Static Nonlinier Case (PUSHX).....	IV-42

Gambar 4.23. Input Static Nonlinier Case (PUSHY).....	IV-43
Gambar 4.24. Longitudinal Reinforcing Lantai 3.....	IV-44
Gambar 4.25. Input Tulangan Balok BI-T-3	IV-49
Gambar 4.26. Output Rebar Percentage Lantai 1	IV-50
Gambar 4.27. Output Shear Reinforcing Kolom Lantai 1	IV-52
Gambar 4.28. Input Tulangan Pada Kolom	IV-54
Gambar 4.29. Pier Section Data.....	IV-56
Gambar 4.30. Section Designer Pada Pier SW1	IV-57
Gambar 4.31. Input Hinge Pada Balok	IV-58
Gambar 4.32. Input Hinge Pada Kolom Dasar	IV-58
Gambar 4.33. Pushover Curve x-x.....	IV-59
Gambar 4.34. Display Table Pushover Curve x-x.....	IV-60
Gambar 4.35. Pushover Curve y-y.....	IV-60
Gambar 4.36. Display Table Pushover Curve y-y	IV-61
Gambar 4.37. Hasil Running PushX Step 1 dan 2.....	IV-61
Gambar 4.38. Hasil Running Push X Step 3 dan 4	IV-61
Gambar 4.39. Hasil Running Push Y Step 1 dan 2.....	IV-62

Gambar 4.40. Hasil Running Push X Step 3 dan 4.....	IV-62
Gambar 4.41. Spektrum Kapasitas Arah x-x	IV-64
Gambar 4.42. Spektrum Kapasitas Arah y-y	IV-64
Gambar 4.43. Titik Tinjauan Strong Column Weak Beam	IV-67
Gambar 4.44. Interaksi Kolom Atas Lantai 4	IV-68
Gambar 4.45. Interaksi Kolom Bawah Lantai 3	IV-69

