

DAFTAR ISI

| | |
|-----------------------------|-------|
| Judul | i |
| Lembar konsultasi | ii |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI | iii |
| MOTTO | iv |
| KATA PENGANTAR | v |
| LEMBAR PERSEMBAHAN | vii |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL | xii |
| DAFTAR GAMBAR | xiv |
| DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN | xviii |
| ABSTRAK | xx |
| <i>ABSTRACT</i> | xxi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 LATAR BELAKANG | 1 |
| 1.2 RUMUSAN MASALAH | 3 |
| 1.3 TUJUAN PENELITIAN | 4 |
| 1.4 BATASAN PENELITIAN | 4 |
| 1.5 MANFAAT PENELITIAN | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| 2.1 PENELITIAN TERDAHULU | 7 |
| 2.2 RENCANA PENELITIAN | 9 |
| 2.3 KEASLIAN PENELITIAN | 9 |

| | |
|---|--------|
| BAB III LANDASAN TEORI | 13 |
| 3.1 PROSES GEMPA BUMI | 13 |
| 3.2 FILOSOFI BANGUNAN TAHAN GEMPA | 14 |
| 3.3 KETENTAN UMUM PERENCANAAN KETAHANAN GEMPA UNTUK STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG BERDASARKAN SNI 03-1726-2012 | 15 |
| 3.3.1 Penentuan Gempa Rencana dan Kategori Gedung | 15 |
| 3.3.2 Spektrum Respons Desain | 17 |
| 3.3.3 Kategori Desain Seismik | 21 |
| 3.3.4 Gaya Lateral Ekuivalen | 22 |
| 3.4 ANALISA GAYA GRAVITASI | 25 |
| 3.4.1 Beban Mati | 25 |
| 3.4.2 Beban Hidup | 27 |
| 3.4.3 Beban Angin | 28 |
| 3.5 ANALISA RESPON STRUKTUR | 29 |
| 3.6 SENDI PLASTIS PADA STRUKTUR GEDUNG | 29 |
| 3.7 <i>PERFORMANCE BASED EARTHQUAKE ENGINEERING</i> (<i>PBEE</i>) | 32 |
| 3.8 ANALISA <i>PUSHOVER</i> MENGACU PADA ATC 40 | 33 |
| 3.8.1 Kurva Kapasitas | 34 |
| 3.8.2 Redaman Ekuivalen | 37 |
| 3.8.3 <i>Performance</i> Struktur | 41 |
| BAB IV METODOLOGI PENELITIAN | 46 |
| 4.1 LOKASI PENELITIAN | 46 |
| 4.2 PERALATAN DAN <i>SOFTWARE</i> | 46 |
| 4.3 PROSEDUR PENELITIAN | 47 |
| 4.4 DATA PENELITIAN | 47 |
| 4.5 ALUR PENELITIAN | 47 |
| 4.5.1 Pengumpulan Data | 47 |
| 4.5.2 Pembebanan Struktur | 47 |
| 4.5.3 Data Teknis | 47 |

| | |
|---|-----------|
| 4.5.4 Tahapan Analisis <i>Pushover</i> | 49 |
| 4.6 ANALISA STRUKTUR | 51 |
| 4.6.1 Pemodelan Numerik Struktur | 51 |
| 4.6.2 Pembebanan Gempa | 52 |
| BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN | 54 |
| 5.1. PEMODELAN STRUKTUR | 54 |
| 5.2. PEMBEBANAN STRUKTUR | 55 |
| 5.2.1 Beban Mati | 55 |
| A Berat Sendiri Kuda-Kuda | 55 |
| B Pelat | 66 |
| C Dinding | 67 |
| 5.2.2 Beban Hidup | 67 |
| 5.2.3 Beban Gempa | 68 |
| A Perhitungan Berat Total Bangunan (Wt) | 68 |
| B Beban Gempa SNI 03-1726-2012 | 68 |
| 5.3. ANALISA BEBAN GEMPA | 74 |
| 5.3.1 Analisa Beban Gempa Statik (Gaya geser dasar) | 74 |
| 5.3.2 Analisa Beban Gempa Dinamik (Gaya geser dasar) | 75 |
| 5.4. ANALISIS <i>PUSHOVER</i> | 76 |
| 5.4.1 Pendefinisian Sendi Plastis | 76 |
| 5.4.2 Gaya Lateral <i>Pushover Analysis</i> | 79 |
| 5.4.3 Pembebanan Analisis <i>Pushover</i> di SAP V14 | 84 |
| 5.4.4 Hasil Analisis Statik Nonlinear (<i>Pushover</i>) | 90 |
| A Kurva Kapasitas | 90 |
| B Titik Kinerja Metode Spektrum Kapasitas (ATC-40) | 92 |
| C Posisi Sendi Plastis | 96 |
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN | 99 |
| 6.1 KESIMPULAN | 99 |
| 6.2 SARAN | 99 |



DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|---|----|
| Tabel 2.1 | Rangkuman penelitian terdahulu dan perbedaan penelitian yang akan dilakukan | 10 |
| Tabel 3.1 | Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa | 15 |
| Tabel 3.2 | Faktor keutamaan gempa | 17 |
| Tabel 3.3 | Koefisien situs F_a | 19 |
| Tabel 3.4 | Koefisien situs F_v | 19 |
| Tabel 3.5 | Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek | 22 |
| Tabel 3.6 | Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik | 22 |
| Tabel 3.7 | Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x | 23 |
| Tabel 3.8 | Berat sendiri bahan bangunan | 26 |
| Tabel 3.9 | Berat komponen gedung | 26 |
| Tabel 3.10 | Beban hidup pada lantai gedung | 27 |
| Tabel 3.11 | <i>Value for damping modification factor K</i> | 39 |
| Tabel 3.12 | <i>Minimum allowed SR_A dan SR_V value</i> | 40 |
| Tabel 3.13 | Batasan rasio <i>drift</i> atap menurut ATC-40 | 42 |
| Tabel 3.14 | Batasan tipe bangunan pada <i>capacity spectrum method</i> | 42 |
| Tabel 3.15 | Level kinerja bangunan | 43 |
| Tabel 4.1 | Penulangan pelat | 48 |
| Tabel 4.2 | Penulangan balok | 48 |
| Tabel 4.3 | Penulangan kolom | 49 |
| Tabel 5.1 | Reaksi perletakan joint untuk berat sendiri kuda-kuda | 65 |
| Tabel 5.2 | Beban dinding | 67 |
| Tabel 5.3 | Berat bangunan perlantai | 68 |

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabel 5.4 | Perhitungan distribusi gaya horizontal gempa SNI 03-1726-2012 | 73 |
| Tabel 5.5 | Gaya geser dasar | 74 |
| Tabel 5.6 | Gaya lateral <i>pushover</i> arah x (F_x) dan arah y (F_y) | 78 |
| Tabel 5.7 | Data <i>pushover curve</i> arah x dan y | 88 |
| Tabel 5.8 | <i>Performance point</i> pemodelan Rusunawa UGM Putri metode ATC-40 | 91 |



DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 1.1 | Peta zonasi gempa Indonesia | 1 |
| Gambar 1.2 | Gedung fasilitas pendidikan yang runtuh akibat gempa Yogyakarta 2006 | 2 |
| Gambar 3.1. | Skema pergerakan permukaan tanah | 13 |
| Gambar 3.2 | S_s , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) | 17 |
| Gambar 3.3 | S_I , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) | 18 |
| Gambar 3.4 | Spektrum respons desain | 21 |
| Gambar 3.5 | Penempatan gaya lateral ekuivalen | 22 |
| Gambar 3.6 | Koefisien angin untuk jenis angin tertutup | 28 |
| Gambar 3.7 | Respon struktur akibat gempa | 29 |
| Gambar 3.8 | Sendi plastis yang terjadi pada balok dan kolom | 30 |
| Gambar 3.9 | Posisi sumbu lokal balok struktur | 30 |
| Gambar 3.10 | Posisi sumbu lokal kolom struktur | 31 |
| Gambar 3.11 | Posisi 0 dan 1 pada balok dan kolom | 32 |
| Gambar 3.12 | Ilustrasi <i>pushover</i> dan <i>capacity curve</i> | 34 |
| Gambar 3.13 | Proses konversi kurva kapasitas ke bentuk <i>capacity curve spectrum</i> | 35 |
| Gambar 3.14 | Perubahan format respons spectra menjadi ADRS | 36 |
| Gambar 3.15 | Penentuan <i>energy dissipated by damping</i> , Ed (ATC-40,1996) | 38 |
| Gambar 3.16 | <i>Reduksi respon spectrum elastic</i> menjadi <i>demand spectrum</i> | 40 |
| Gambar 3.17 | Penentuan <i>performance point</i> | 41 |
| Gambar 3.18 | Kurva kriteria kinerja | 44 |
| Gambar 3.19 | Ilustrasi keruntuhan gedung | 45 |
| Gambar 4.1 | Lokasi penelitian | 46 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 4.2 | Parameter <i>pushover</i> pada SAP 2000 V 14 | 50 |
| Gambar 4.3 | Pemodelan struktur dengan portal <i>open frame</i> 3D | 51 |
| Gambar 4.4 | Tahapan Analisis <i>pushover</i> | 53 |
| Gambar 5.1 | Denah struktur bangunan lantai 1 | 54 |
| Gambar 5.2 | Potongan bangunan tampak samping | 55 |
| Gambar 5.3 | Potongan tipe kuda-kuda | 56 |
| Gambar 5.4 | Koefisien angin | 57 |
| Gambar 5.5 | Pemodelan struktur kuda-kuda 2D | 58 |
| Gambar 5.6 | <i>Material property data</i> | 59 |
| Gambar 5.7 | <i>Frames properties</i> | 59 |
| Gambar 5.8 | <i>Joint restraints</i> | 60 |
| Gambar 5.9 | <i>Define load patterns</i> | 60 |
| Gambar 5.10 | <i>Joint forces</i> | 61 |
| Gambar 5.11 | Beban mati (<i>dead load</i>) pada struktur | 61 |
| Gambar 5.12 | Beban hidup (<i>live load</i>) pada struktur | 62 |
| Gambar 5.13 | Beban angin (<i>wind load</i>) tekan dan hisap pada struktur | 62 |
| Gambar 5.14 | <i>Frame releases</i> | 63 |
| Gambar 5.15 | <i>Frame</i> setelah di <i>releases</i> | 63 |
| Gambar 5.16 | <i>Steel frame design</i> Berdasarkan AISC-LRFD93 | 64 |
| Gambar 5.17 | <i>Set analysis option XZ plane</i> | 64 |
| Gambar 5.18 | <i>Set load cases to run</i> | 65 |
| Gambar 5.19 | Grafik respons spektrum berdasarkan SNI 03-1726-2012 | 70 |
| Gambar 5.20 | <i>Base reaction</i> akibat beban gempa statik ekuivalen | 74 |
| Gambar 5.21 | Pendefenisian <i>hinge</i> | 75 |
| Gambar 5.22 | Hasil pendefenisian <i>hinge</i> balok | 76 |
| Gambar 5.23 | <i>Moment rotation data</i> kolom | 77 |
| Gambar 5.24 | <i>P-M2-M3 interaction surface</i> pada kolom | 77 |
| Gambar 5.25 | Titik penempatan beban lateral lantai 1 arah x dan y +3.2 | 78 |
| Gambar 5.26 | Titik penempatan beban lateral lantai 1 arah x dan y +6 | 79 |
| Gambar 5.27 | Titik penempatan beban lateral lantai 1 arah x dan y +8.8 | 79 |
| Gambar 5.28 | Titik penempatan beban lateral lantai 1 arah x dan y +11.6 | 79 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 5.29 | Titik penempatan beban lateral lantai 1 arah x dan y +14.6 | 80 |
| Gambar 5.30 | Titik penempatan beban lateral lantai 1 arah x dan y +15.27 | 80 |
| Gambar 5.31 | Titik penempatan beban lateral lantai 1 arah x dan y +16.07 | 80 |
| Gambar 5.32 | Pengaturan <i>analysis case</i> beban gravitasi | 81 |
| Gambar 5.33 | <i>Load application control for nonlinear static analysis</i> | 82 |
| Gambar 5.34 | <i>Load case data – nonlinear</i> GRAVITASI | 82 |
| Gambar 5.35 | Pengaturan <i>analysis case</i> beban lateral <i>pushover</i> arah-x | 83 |
| Gambar 5.36 | Pengaturan <i>load application control</i> beban lateral <i>pushover</i> Arah-x | 84 |
| Gambar 5.37 | Pengaturan <i>analysis case</i> beban lateral <i>pushover</i> arah-x | 84 |
| Gambar 5.38 | Pengaturan <i>nonlinear parameters</i> beban lateral <i>pushover</i> arah-x | 85 |
| Gambar 5.39 | Pengaturan <i>analysis case</i> beban lateral <i>pushover</i> arah-y | 85 |
| Gambar 5.40 | Pengaturan <i>load application control</i> beban lateral <i>pushover</i> arah-y | 86 |
| Gambar 5.41 | Pengaturan <i>analysis case</i> beban lateral <i>pushover</i> arah-y | 86 |
| Gambar 5.42 | Pengaturan <i>nonlinear parameters</i> beban lateral <i>pushover</i> arah-y | 87 |
| Gambar 5.43 | Kurva <i>base shear vs displacement</i> arah-x | 88 |
| Gambar 5.44 | Kurva <i>base shear vs displacement</i> arah-y | 89 |
| Gambar 5.45 | <i>Performance point</i> arah X | 90 |
| Gambar 5.46 | <i>Performance point</i> arah Y | 91 |
| Gambar 5.47 | Sendi plastis pada balok lantai 3 Elv -0.7 m <i>pushover</i> arah x step 2 | 93 |
| Gambar 5.48 | Sendi plastis pada balok lantai 3 Elv +3.2 m <i>pushover</i> arah x step 2 | 94 |
| Gambar 5.49 | Sendi plastis pada balok lantai 3 Elv +6 m <i>pushover</i> arah x step 2 | 94 |
| Gambar 5.50 | Sendi plastis kolom portal A <i>pushover</i> arah x pada step 3 | 95 |
| Gambar 5.51 | Sendi plastis kolom portal B <i>pushover</i> arah x pada step 3 | 95 |
| Gambar 5.52 | Sendi plastis kolom portal B' <i>pushover</i> arah x pada step 3 | 95 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Gambar 5.53 | Sendi plastis kolom portal C <i>pushover</i> arah y pada step 3 | 96 |
| Gambar 5.54 | Sendi plastis kolom portal D <i>pushover</i> arah x pada step 3 | 96 |
| Gambar 5.55 | Sendi plastis kolom portal 1 <i>pushover</i> arah x pada step 8 | 97 |
| Gambar 5.56 | Sendi plastis kolom portal 2 <i>pushover</i> arah x pada step 8 | 97 |
| Gambar 5.57 | Sendi plastis kolom portal 3 <i>pushover</i> arah x pada step 8 | 97 |
| Gambar 5.58 | Sendi plastis kolom portal 4 <i>pushover</i> arah x pada step 8 | 98 |
| Gambar 5.59 | Sendi plastis kolom portal 5 <i>pushover</i> arah x pada step 8 | 98 |
| Gambar 5.60 | Sendi plastis balok TB <i>pushover</i> arah y step 1 | 99 |
| Gambar 5.61 | Sendi plastis kolom portal 12 <i>pushover</i> arah y pada step 6 | 99 |
| Gambar 5.65 | Sendi plastis kolom portal 0 <i>pushover</i> arah y pada step 6 | 100 |



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

| | |
|----------|---|
| Cr_1 | Koefisien resiko terpetakan perioda respon spektral 1 detik |
| Cr_s | Koefisien resiko terpetakan perioda respon spektral 0.2 detik |
| C_s | Koefisien respons seismik yang ditentukan |
| C_{vx} | Faktor distribusi vertikal (%) |
| E_D | Energi yang didisipasi oleh damping |
| E_{SO} | Energi regangan maksimum |
| F_a | Fungsi <i>site class</i> dan <i>mapped short-period spectral acceleration</i> |
| F_i | Nilai distribusi beban lateral yang terjadi pada lantai tingkat i |
| F_V | Fungsi <i>site class</i> dan <i>mapped short-period spectral acceleration</i> |
| F_x | <i>Lateral force</i> arah x |
| F_y | <i>Lateral force</i> arah y |
| g | percepatan gravitasi (dt) |
| H_i | Tinggi tiap lantai |
| I_e | Faktor keutamaan gempa |
| K | Eksponen yang terkait dengan perioda struktur, Halaman 24 |
| K | Faktor modifikasi redaman, Halaman 39 |
| R | Faktor modifikasi respons |
| $PF1$ | <i>Modal participation</i> untuk modal pertama |
| S_1 | Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik |
| S_a | <i>Spectral acceleration</i> |
| S_{ai} | <i>Spectral acceleration</i> pada periode ke- i |
| S_d | <i>Spectral displacement</i> |
| S_{di} | <i>Spectral displacement</i> pada periode ke- i |
| S_{D1} | Spektrum respon percepatan pada periode 1 detik pertama (g) |
| S_{Ds} | Spektrum respon percepatan pada periode pendek 0.2 detik (g) |

| | |
|-----------------|--|
| S_{RA} | <i>Reduce of Spectrum Demand</i> untuk periode pendek atau percepatan yang konstan |
| S_{RV} | <i>Reduce of Spectrum Demand</i> untuk periode panjang atau kecepatan yang konstan |
| S_s | Percepatan batuan dasar pada periode pendek |
| T | Periode fundamental struktur (detik), Halaman 24 |
| T | Waktu getar alami (detik), Halaman 36 |
| T_{eff} | Waktu getar efektif |
| T_s | Waktu getar karakteristik yang diperoleh dari kurva respons spektrum pada titik dimana terdapat transisi bagian akselerasi konstan ke bagian kecepatan konstan (detik) |
| V | Gaya geser dasar (KN) |
| W | Berat total bangunan (KN) |
| W_i | Berat lantai tingkat ke i |
| a_{pi} | Percepatan (<i>acceleration</i>) pada titik maksimum |
| a_y | Percepatan (<i>acceleration</i>) pada titik leleh |
| d_{pi} | Perpindahan (<i>acceleration</i>) pada titik maksimum |
| d_y | Perpindahan (<i>acceleration</i>) pada titik leleh |
| α_1 | <i>modal mass coefficient</i> untuk mode pertama |
| β_{eq} | Redaman viskous efektif |
| β_{eq} | Redaman viskous ekivalen |
| β_o | Redaman histeristik yang dipresentasikan sebagai redaman viskous ekivalen |
| Δ_{roof} | Simpangan atap |
| δ | Perpindahan (<i>displacement</i>) |
| ϕ_{1l} | <i>Amplitude of firts</i> untuk mode pertama |