

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| MOTTO DAN PERSEMBAHAN..... | iii |
| BERITA ACARA | v |
| KATA PENGANTAR..... | vi |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xi |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| ABSTRAK | xv |
| ABSTRACT | xvi |
| DAFTAR NOTASI..... | xvii |
| | |
| BAB 1 PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Maksud dan Tujuan | 2 |
| 1.3 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.4 Batasan Masalah | 3 |
| 1.5 Sistematika Penulisan | 3 |
| | |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Konsep Dasar Perancangan Struktur | 5 |
| 2.2 Sistem Struktur Bangunan Gedung Bertingkat..... | 9 |
| 2.2.1 Sistem Horizontal (<i>Floor Systems</i>) | 9 |
| 2.2.2 Sistem Vertikal (<i>Vertical Framming System</i>) | 13 |
| 2.2.3. Sistem Penahan Beban Lateral..... | 15 |
| 2.3 Sistem Struktur Penahan Gempa Pada Gedung Bertingkat | 18 |
| 2.3.1. Portal Terbuka (<i>Open Frame</i>) | 18 |
| 2.3.2. Portal Dinding..... | 20 |
| 2.3.3. Dinding Geser (<i>Shear Wall</i>) | 21 |
| 2.4 Beban Yang Bekerja Pada Struktur Gedung Bertingkat..... | 32 |

| | |
|--|-----------|
| 2.4.1. Beban Mati..... | 33 |
| 2.4.2. Beban Hidup | 34 |
| 2.4.3. Beban Angin | 37 |
| 2.4.4. Beban Gempa..... | 37 |
| 2.4.5. Kombinasi Beban..... | 45 |
| 2.5 Aplikasi Penunjang Perhitungan Struktur (ETABS) | 47 |
| BAB 3 METODE PERANCANGAN..... | 51 |
| 3.1 Data - data Proyek | 51 |
| 3.1.1 Perancangan | 51 |
| 3.1.2 Data Non Teknis | 53 |
| 3.2 Sistem <i>Shear Wall</i> | 54 |
| 3.3 Pembebanan Gedung RSI Muhammadiyah Kendal | 61 |
| 3.4 Langkah – langkah Perancangan dengan Software ETABS..... | 64 |
| 3.4.1 Perancangan | 64 |
| 3.4.2 Pemodelan Struktur | 65 |
| 3.4.2.1. Material Struktur | 66 |
| 3.4.2.2 Input Pembebanan..... | 71 |
| BAB 4 PEMBAHASAN | 83 |
| 4.1 Pemodelan Portal Tertutup | 83 |
| 4.1.1 Input Beban..... | 89 |
| 4.2 Perhitungan | 90 |
| 4.2.1 Perhitungan Pengaruh Gempa | 90 |
| 4.2.2 Perhitungan Plat | 99 |
| 4.2.3 Perhitungan Tangga..... | 104 |
| 4.2.4 Perhitungan Balok | 111 |
| 4.2.4.1 Balok Anak..... | 111 |
| 4.2.4.2 Balok Induk | 121 |
| 4.2.5 Perhitungan Kolom..... | 132 |
| 4.2.6 Perhitungan <i>Shear Wall</i> | 150 |
| 4.3 Hasil Perhitungan dalam Excel..... | 153 |
| 4.3.1. Perhitungan Plat..... | 153 |
| 4.3.2. Perhitungan Balok | 155 |

| | |
|---|-------------|
| 4.3.2.1. Balok Anak Memakai <i>Shear Wall</i> | 155 |
| 4.3.2.2 Balok Anak Tanpa <i>Shear Wall</i> | 159 |
| 4.3.2.3 Balok Induk Memakai <i>Shear Wall</i> | 163 |
| 4.3.2.4 Balok Induk Tanpa <i>Shear Wall</i> | 166 |
| 4.3.3. Perhitungan Kolom..... | 170 |
| 4.3.3.1 Kolom Memakai <i>Shear Wall</i> | 170 |
| 4.3.3.2 Kolom Tanpa <i>Shear Wall</i> | 181 |
| BAB 5 PENUTUP..... | 187 |
| 5.1 Kesimpulan | 187 |
| 5.2 Saran | 188 |
| DAFTAR PUSTAKA | xxii |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|-----|
| Tabel 2.1 Koefisien desain dan faktor untuk sistem penahan gaya gempa untuk prosedur desain penyederhanaan | 30 |
| Tabel 2.2. Berat Sendiri Bahan Bangunan. (SNI 03-1727-1989-F) | 33 |
| Tabel 2.3 Berat Komponen Gedung. (SNI 03-1727-1989-F) | 33 |
| Tabel 2.4. Beban hidup untuk bangunan gedung. (SNI 03-1727-1989-F)..... | 34 |
| Tabel 2.5 Faktor Keutamaan I untuk berbagai gedung dan bangunan | 39 |
| Tabel 2.6 Parameter daktilitas gedung | 40 |
| Tabel 3.1. Faktor reduksi kekuatan (ϕ)..... | 60 |
| Tabel 3.2. Persyaratan Tebal Selimut Minimum..... | 68 |
| Tabel 3.3. Koefisien ζ yang membatasi waktu getar alami Fundamental struktur gedung | 76 |
| Tabel 3.4. Parameter Daktilitas Struktur Gedung..... | 78 |
| Tabel 3.5. Perhitungan Eksentrisitas Rencana (e_d) Tiap Lantai | 79 |
| Tabel 3.6 <i>Response Spectrum</i> Weleri Kendal | 80 |
| Tabel 3.7 Nilai Kurva Spektrum Gempa..... | 81 |
| Tabel 4.1 Konfigurasi Gedung | 84 |
| Tabel 4.2 Penampang dan Dimensi Struktur | 84 |
| Tabel 4.3 Mutu Bahan | 85 |
| Tabel 4.4 Nilai Pusat Rotasi (XCR dan YCR) tiap lantai. | 90 |
| Tabel 4.5 Perhitungan Eksentrisitas Rencana (e_d) Tiap Lantai | 91 |
| Tabel 4.6 Modal Pasrticipating Mass Ratios | 92 |
| Tabel 4.7 Perhitungan Selisih Periode Setiap Mode | 92 |
| Tabel 4.8 Hasil Penjumlahan Base Shear dari Output ETABS..... | 94 |
| Tabel 4.9 Kinerja Batas Layan Akibat Simpangan arah X | 96 |
| Tabel 4.10 Kinerja Batas Layan Akibat Simpangan arah Y | 97 |
| Tabel 4.11 Kontrol kinerja batas Ultimat arah X | 98 |
| Tabel 4.12 Kontrol kinerja batas Ultimate arah Y | 98 |
| Tabel 4.13. Rekapitulasi gaya dalam kolom K1 (70/70)..... | 142 |
| Tabel 4.14 Detail Tipe Kolom..... | 150 |
| Tabel 4.15. Tegangan yang terjadi pada dinding geser (<i>ShearWall</i>)..... | 151 |
| Tabel 4.16. Tulangan terpasang pada dinding geser..... | 152 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1. <i>Wall-supported slab system</i> | 10 |
| Gambar 2.2. <i>Beam-Supported Slab System</i> | 11 |
| Gambar 2.3. <i>Ribbed Slab System</i> | 12 |
| Gambar 2.4. <i>Flat pelate system</i> | 12 |
| Gambar 2.5. <i>Flat slab system</i> | 13 |
| Gambar 2.6. Detail Kolom .. | 14 |
| Gambar 2.7. Penggunaan <i>transfer girders</i> | 15 |
| Gambar 2.8. <i>Lateral Load Resisting System</i> | 16 |
| Gambar 2.9. <i>Shear Wall</i> | 17 |
| Gambar 2.10. Braced Tube..... | 17 |
| Gambar 2.11. Sistem Portal..... | 18 |
| Gambar 2.12. Konstruksi Bangunan dengan Capacity Design..... | 19 |
| Gambar 2.13. Wall Frame | 20 |
| Gambar 2.14. Dinding geser mengelilingi lift dan dinding geser melintang bangunan..... | 21 |
| Gambar 2.15. Deformasi portal terbuka dan dinding geser..... | 22 |
| Gambar 2.16. Letak dinding geser | 23 |
| Gambar 2.17. Deformasi dinding geser..... | 24 |
| Gambar 2.18. Rasio kekuatan efektif balok pembatas | 25 |
| Gambar 2.19. Gaya gempa yang bekerja pada portal..... | 26 |
| Gambar 2.20. Deformasi akibat gempa dan diagram tegangan portal | 26 |
| Gambar 2.21. Deformasi akibat pembatas dan diagram tegangan portal..... | 27 |
| Gambar 2.22. Penulangan Dinding Geser | 27 |
| Gambar 2.23. Pembagian wilayah gempa Indonesia untuk S1 | 41 |
| Gambar 2.24. Pembagian wilayah gempa Indonesia untuk Ss..... | 42 |
| Gambar 2.25 Perubahan Format Respons Percepatan Menjadi ADRS..... | 43 |
| Gambar 2.26 Reduksi Respon Spektrum..... | 44 |
| Gambar 2.27. Memasukkan data dalam ETABS..... | 48 |
| Gambar 2.28. Hubungan kesamaan antar lantai pada program ETABS | 49 |
| Gambar 2.29. Pemodelan elemen Balok, Kolom dan Plat | 49 |

| | |
|--|-----|
| Gambar 2.30. Flow Chart Perancangan pada ETABS | 50 |
| Gambar 3.1 Cara display kombinasi beban | 72 |
| Gambar 3.2. Elemen Plat di Setiap Lantai yang Bekerja sebagai Diafragma | 74 |
| Gambar 4.1 Bentuk Bangunan Gedung..... | 83 |
| Gambar 4.2 Grafik Respon spektra Puskim | 86 |
| Gambar 4.3 Input ResponSpektra SNI 03-1726-2012 | 87 |
| Gambar 4.4 Besarnya Simpangan akibat beban Gempa Static Arah X..... | 95 |
| Gambar 4.5 Besarnya Simpangan akibat beban Gempa Static Arah Y..... | 95 |
| Gambar 4.6 Denah Plat yang Ditinjau..... | 99 |
| Gambar 4.7. Detail tulangan plat lantai (potongan S-1)..... | 103 |
| Gambar 4.8. Detail tulangan plat lantai (tampak atas) | 103 |
| Gambar 4.9. Tangga Tipe 1 Tampak Atas..... | 104 |
| Gambar 4.10. Potongan Memanjang Tangga Tipe 1 | 104 |
| Gambar 4.11. Pemodelan Struktur Tangga | 106 |
| Gambar 4.12 Momen Maksimal..... | 106 |
| Gambar 4.13 Portal arah X as 3..... | 111 |
| Gambar 4.14 Sket gaya lintang | 115 |
| Gambar 4.15. Detail tulangan tumpuan balok B.1 25x60 | 116 |
| Gambar 4.16 Potongan memanjang balok B.1 sengkang tumpuan D10-100..... | 116 |
| Gambar 4.17 Sket gaya lintang | 120 |
| Gambar 4.18 Detail tulangan lapangan balok B.1 | 121 |
| Gambar 4.19 Potongan memanjang balok B.1 sengkang lapangan D10-150 | 121 |
| Gambar 4.20 Sket gaya lintang | 125 |
| Gambar 4.21 Detail tulangan tumpuan balok G.1 | 127 |
| Gambar 4.22 Potongan memanjang balok G.1 sengkang ganda tumpuan 2D10-100..... | 127 |
| Gambar 4.23 Detail tulangan lapangan balok G.1..... | 131 |
| Gambar 4.24 Potongan memanjang balok G.1 sengkang lapangan D10-150.... | 132 |
| Gambar 4.25 Denah kolom yang ditinjau potongan (1-1)..... | 132 |
| Gambar 4.26. Load-countour untuk beban biaxial untuk desain maka contour didekati dengan garis lurus | 134 |
| Gambar 4.27. Load-countour untuk penampang simetris | 135 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 4.28. Grafik Interaksi Kolom | 137 |
| Gambar 4.29. Detail tulangan Penampang kolom K1 (70 x 70) | 138 |
| Gambar 4.30. Verifikasi Diagram P-M kolom K1 (70/70) | 142 |
| Gambar 4.31 Diagram Interaksi P - Mx (Kolom 70X70) | 143 |
| Gambar 4.32 Diagram Interaksi P - My (Kolom 70X70) | 144 |
| Gambar 4.33 Diagram Interaksi P-M (Kolom 70 x 70) | 146 |
| Gambar 4.34. Gaya Geser Rencana Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)..... | 147 |
| Gambar 4.35 Detail Penulangan Kolom K1 700 x 700..... | 150 |

DAFTAR NOTASI

| | |
|----------|--|
| A_b | = luas penampang ujung tiang (cm^2); luas penampang tiang (cm^2) |
| A_g | = luas bruto penampang (mm^2) |
| A_s | = luas tulangan tarik (mm^2); luas selimut tiang (cm^2) |
| A_{sh} | = luas penampang inti beton, di ukur dari serat terluar hoop ke serat terluar hoop di sisi lainnya. |
| A_p | = luas penampang tiang (cm^2) |
| A_v | = luas tulangan sengkang ikat dalam daerah sejarak s (mm^2) |
| A'_s | = luas tulangan tekan (mm^2) |
| b | = lebar penampang balok (mm) |
| b_w | = lebar badan atau diameter penampang lingkaran (mm) |
| C_a | = koefisien akselerasi |
| C_d | = faktor pembesaran defleksi |
| CP | = <i>Collapse Pervention</i> |
| C_s | = koefisien respons seismik; kohesi <i>undrained</i> (ton/m^2) |
| C_t | = koefisien rangka beton pemikul momen |
| C_u | = koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung |
| C_v | = koefisien respon gempa vertikal |
| D | = diameter tiang (cm) |
| DF | = faktor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom yang didisain |
| DL | = <i>dead load</i> (beban mati) |
| D_t | = displacement total |
| D_1 | = displacement pertama |
| d | = tinggi efektif pelat; jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm); diameter tiang (cm) |
| E | = pengaruh beban gempa |
| E_c | = modulus elastisitas beton (MPa) |
| E_g | = Efisiensi kelompok tiang |
| E_h | = pengaruh beban gempa horisontal |
| E_s | = modulus elastisitas tulangan (MPa) |

| | |
|----------|--|
| E_v | = pengaruh beban gempa vertikal |
| F | = gaya lateral ekuivalen |
| F_a | = koefisien situs untuk perioda pendek (pada perioda 0,2 detik) |
| F_S | = faktor keamanan = 2,5 |
| F_{sc} | = <i>local friction</i> (kg/cm^2) |
| F_v | = koefisien situs untuk perioda panjang (pada perioda 1 detik) |
| f_s | = tahanan selimut sepanjang tiang (kg/cm^2) |
| f_y | = tegangan leleh profil baja (MPa) |
| f'_c | = kuat tekan karakteristik beton (MPa) |
| H | = tebal lapisan tanah (m) |
| h_c | = lebar penampang inti beton (yang terkekang) (mm) |
| h_n | = ketinggian struktur (m) |
| h_x | = spasi horisontal maksimum untuk kaki sengkang tertutup atau sengkang ikat pada muka kolom |
| I | = faktor keutamaan struktur |
| IO | = <i>Immediate Occupancy</i> |
| J | = koefisien lengan momen |
| k | = faktor panjang efektif |
| k_c | = faktor tahanan ujung |
| LL | = <i>live load</i> (beban hidup) |
| LS | = <i>Life Safety</i> |
| l_n | = panjang sisi terpanjang |
| l_o | = panjang minimum |
| MCE_R | = spektrum respons gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget |
| M_n | = kuat momen nominal pada penampang ($kN-m$) |
| M_{nb} | = momen terfaktor dalam keadaan <i>balanced</i> |
| M_{pr} | = momen lentur dari suatu komponen struktur dengan atau tanpa beban aksial, yang ditentukan menggunakan sifat-sifat komponen struktur pada joint dengan menganggap kuat tarik pada tulangan longitudinal sebesar minimum |
| M_u | = momen yang terjadi pada penampang |

| | |
|----------------------|---|
| M_x | = momen arah x ($ton.m$) |
| M_y | = momen arah y ($ton.m$) |
| m | = jumlah lapisan tanah yang ada di atas tanah dasar; jumlah tiang dalam 1 kolom |
| n | = jumlah lantai gedung |
| n | = jumlah tingkat gedung; jumlah tiang dalam 1 baris; banyaknya tiang pancang |
| n_x | = banyaknya tiang dalam satu baris arah y |
| n_y | = banyaknya tiang dalam satu baris arah x |
| p | = keliling tiang (cm) |
| $P_{ijin} = P_{all}$ | = daya dukung vertikal yang diijinkan untuk sebuah tiang tunggal (ton) |
| P_{maks} | = beban maksimum yang diterima 1 tiang (ton) |
| P_n | = kuat nominal penampang yang mengalami tekan (N) |
| P_{tiang} | = daya dukung tiang pancang (ton) |
| P_u | = kuat beban aksial terfaktor pada eksentrisitas tertentu (N) |
| Q_{all} | = nilai daya dukung tanah (ton) |
| Q_E | = pengaruh gaya seismik horisontal dari V |
| Q_p | = tahanan ujung selimut tiang (kg) |
| Q_s | = tahanan geser selimut tiang (kg) |
| Q_{ult} | = daya dukung pondasi tiang pancang (ton) |
| q_c | = tahanan konus pada ujung tiang (kg/cm^2) |
| q_{cb} | = conus resistance rata-rata $1,5D$ di bawah ujung tiang (N/mm^2) |
| q_{cu} | = conus resistance rata-rata $1,5D$ di atas ujung tiang (N/mm^2) |
| R | = faktor reduksi gempa; radius girrasi |
| R_x | = resultan gaya arah x |
| R_y | = resultan gaya arah y |
| S_a | = spektrum respons percepatan disain |
| S_{DS} | = parameter respons spektral percepatan disain pada perioda pendek |
| S_{DI} | = parameter respons spektral percepatan disain pada perioda 1 detik |
| S_{MS} | = parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek |
| S_{MI} | = parameter spektrum respons percepatan pada perioda 1 detik |
| S_s | = percepatan batuan dasar pada perioda pendek |

| | |
|-------------------------------|--|
| s_x | = spasi longitudinal tulangan transvesal dalam panjang l_0 |
| S_I | = percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik |
| s | = jarak antar tiang (cm) |
| T_a | = perioda getar fundamental struktur |
| T_{eff} | = waktu getar gedung efektif (dt) |
| t_i | = tebal lapisan tanah ke - i |
| V | = gaya lateral (kg) |
| V_t | = beban gempa dasar nominal |
| V_e | = gaya geser rencana |
| V_n | = kuat geser nominal penampang (N) |
| V_s | = kecepatan rambat gelombang geser melalui lapisan tanah ke-i; kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N) |
| V_{sway} | = gaya geser rencana berdasarkan momen kapasitas pada balok |
| V_u | = gaya geser terfaktor penampang (N) |
| V_x | = beban gempa arah x |
| V_y | = beban gempa arah y |
| W | = berat lantai |
| W_t | = berat total struktur |
| x | = absis tiang ke pusat koordinat penampang (m) |
| y | = ordinat tiang ke pusat koordinat penampang (m) |
| α (<i>alpha</i>) | = faktor adhesi antara tanah dan tiang |
| B_{eff} | = indeks kepercayaan efektif |
| β_1 | = 0,85 untuk $f'c \leq 30 \text{ Mpa}$ |
| β_c | = sisi panjang kolom / sisi pendek kolom |
| δ_e (<i>delta e</i>) | = deformasi elastis |
| δ_p | = deformasi plastis |
| δ_m | = simpangan maksimum |
| δ_{xe} | = defleksi pada lokasi yang disyaratkn dan ditentukan sesuai dengan analisis elastis |
| δ_y | = pelelehan pertama |
| ρ (<i>rho</i>) | = rasio tulangan, faktor redundansi untuk desain seismik |
| ρ_b | = rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan seimbang |

| | |
|-------------------------------|--|
| ρ_g | = rasio penulangan total terhadap luas penampang kolom |
| ρ_{min} | = rasio penulangan minimum |
| ρ_{maks} | = rasio penulangan maksimum |
| σ_b (<i>sigma b</i>) | = tegangan ijin beton (<i>MPa</i>) |
| σ_{pons} | = tegangan geser pons pada pile cap (<i>kg/cm²</i>) |
| ϕ (<i>phi</i>) | = faktor reduksi lentur |
| λ | = angka kelangsingan |
| Ψ (<i>psi</i>) | = koefisien pengali dari percepatan puncak muka tanah (termasuk faktor keutamaannya) untuk mendapatkan faktor respons gempa vertikal, bergantung pada Wilayah Gempa. |
| ΣM_c | = jumlah Mn kolom yang bertemu di joint balok kolom. |
| ΣM_g | = jumlah Mn balok yang bertermu di joint balok kolom. |
| ΣP_v | = jumlah beban vertikal (<i>ton</i>) |
| Σx^2 | = jumlah kuadrat jarak arah x (ordinat-ordinat) tiang (<i>m</i>) |
| Σy^2 | = jumlah kuadrat jarak arah y (absis-absis) tiang (<i>m</i>) |
| Δl | = interval lapisan (<i>m</i>) |