

## DAFTAR ISI

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| SAMPUL.....                                                  | i         |
| LEMBAR PENGESAHAN .....                                      | ii        |
| LEMBAR PERSETUJUAN .....                                     | iii       |
| PERNYATAAN KEASLIAN TESIS .....                              | iv        |
| KATA PENGANTAR .....                                         | v         |
| ABSTRAK .....                                                | vii       |
| ABSTRACT .....                                               | viii      |
| DAFTAR ISI .....                                             | ix        |
| DAFTAR GAMBAR .....                                          | xii       |
| DAFTAR TABEL.....                                            | xxi       |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                                         | xxiii     |
| DAFTAR SINGKATAN.....                                        | xxv       |
| DAFTAR NOTASI .....                                          | xxvi      |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>                               | <b>1</b>  |
| A. Latar Belakang.....                                       | 1         |
| B. Rumusan Masalah .....                                     | 8         |
| C. Tujuan Penelitian .....                                   | 8         |
| D. Batasan Masalah .....                                     | 9         |
| E. Manfaat Penelitian .....                                  | 10        |
| F. Sistematika Penulisan.....                                | 10        |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>                         | <b>13</b> |
| A. Kriteria Jembatan Khusus.....                             | 13        |
| B. <i>Deterministic Seismic Hazard Analysis (DSHA)</i> ..... | 21        |
| C. Fungsi Atenuasi .....                                     | 24        |

|                                                                  |            |
|------------------------------------------------------------------|------------|
| D. Interaksi Tanah-Struktur .....                                | 32         |
| E. <i>Lead Rubber Bearing (LRB)</i> .....                        | 39         |
| F. Analisa Struktur Nonlinear .....                              | 49         |
| G. Analisis Riwayat Waktu Nonlinear .....                        | 60         |
| H. Perencanaan Seismik Berbasis Kinerja .....                    | 66         |
| I. Penelitian Terdahulu .....                                    | 72         |
| J. Kerangka Teori.....                                           | 78         |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>                        | <b>80</b>  |
| A. Gambaran Umum Penelitian.....                                 | 80         |
| B. Jenis Penelitian .....                                        | 83         |
| C. Defenisi Konseptual dan Operasional.....                      | 83         |
| D. Data Penelitian .....                                         | 85         |
| E. Rencana Kerja dan Bagan Alir Penelitian .....                 | 86         |
| F. Jadwal Pelaksanaan Penelitian .....                           | 91         |
| <b>BAB IV PEMODELAN DAN ANALISA STRUKTUR.....</b>                | <b>92</b>  |
| A. Data Teknis Jembatan Eksisting .....                          | 92         |
| B. Pemodelan Elemen Struktur dan <i>Boundary Condition</i> ..... | 102        |
| C. Pemodelan Material dan Penampang Inelastik .....              | 108        |
| D. Pembebanan Jembatan .....                                     | 115        |
| E. Penentuan Respon Spektra Target .....                         | 120        |
| F. Pemodelan <i>Soil-Structure Interaction (SSI)</i> .....       | 124        |
| G. Pemodelan <i>Lead Rubber Bearing (LRB)</i> .....              | 134        |
| H. Pemilihan <i>Ground Motion</i> .....                          | 143        |
| I. Modifikasi <i>Ground Motion</i> .....                         | 160        |
| <b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>                           | <b>168</b> |
| A. Umum .....                                                    | 168        |
| B. <i>Lead Rubber Bearing (LRB)</i> .....                        | 174        |
| C. <i>Pier Column</i> .....                                      | 189        |
| D. <i>Breast Wall</i> .....                                      | 207        |
| E. <i>Bored Pile D400</i> .....                                  | 225        |

|                                         |            |
|-----------------------------------------|------------|
| F. <i>Bored Pile D600</i> .....         | 243        |
| G. Rekapitulasi .....                   | 261        |
| <b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b> | <b>298</b> |
| A. Kesimpulan .....                     | 298        |
| B. Saran .....                          | 299        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>             | <b>301</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>                   | <b>307</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1.1 Pertemuan lempeng tektonik di wilayah Indonesia .....            | 1  |
| Gambar 1.2 Penyebaran kejadian gempa di wilayah Indonesia .....             | 2  |
| Gambar 1.3 Sumber gempa di Pulau Sulawesi .....                             | 3  |
| Gambar 1.4 Lokasi jembatan terhadap jalur sesar walanae .....               | 4  |
| Gambar 1.5 Jembatan S. Pacongkang .....                                     | 6  |
| Gambar 2.1 Langkah-langkah DSHA.....                                        | 23 |
| Gambar 2.2 Tahanan tanah akibat beban lateral .....                         | 33 |
| Gambar 2.3 p-y curve per kedalaman tiang.....                               | 35 |
| Gambar 2.4 Contoh p-y curve per kedalaman dengan program LPILE ...          | 36 |
| Gambar 2.5 Tipikal lead rubber bearing .....                                | 40 |
| Gambar 2.6 Tipikal kurva respon percepatan .....                            | 41 |
| Gambar 2.7 Tipikal kurva respon perpindahan .....                           | 42 |
| Gambar 2.8 Kurva peningkatan redaman .....                                  | 43 |
| Gambar 2.9 Kurva bilinear <i>lead rubber bearing</i> .....                  | 43 |
| Gambar 2.10 Contoh respon spektra desain pada isolated bridge .....         | 44 |
| Gambar 2.11 Deformasi isolator dan substructure akibat beban lateral...     | 48 |
| Gambar 2.12 DOF, gaya, dan perpindahan elemen struktur.....                 | 50 |
| Gambar 2.13 Idealisasi hubungan tegangan-regangan beton .....               | 53 |
| Gambar 2.14 Hubungan tegangan-regangan beton model Mander.....              | 54 |
| Gambar 2.15 (a) Pengekang lingkaran (b) Pengekang persegi.....              | 55 |
| Gambar 2.16 Kurva penentuan kuat tekan beton terkekang.....                 | 56 |
| Gambar 2.17 Idealisasi hubungan tegangan-regangan baja .....                | 57 |
| Gambar 2.18 Idealisasi model sendi plastis.....                             | 58 |
| Gambar 2.19 Skema <i>assessment</i> untuk NLTHA.....                        | 62 |
| Gambar 2.20 Konsep dasar <i>amplitude scaled</i> sesuai SNI 1726:2019 ..... | 64 |
| Gambar 2.21 Ilustrasi metode <i>least squares</i> .....                     | 65 |
| Gambar 2.22 Proses performanced based seismic design (PBSD).....            | 68 |
| Gambar 2.23 Ilustrasi konsep $R$ , $R_d$ , dan $\Omega_d$ .....             | 71 |
| Gambar 2.24 Kerangka teori.....                                             | 78 |

|                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 3.1 Dokumentasi bentang utama Jembatan S. Pacongkang .....            | 80  |
| Gambar 3.2 Tampak samping Jembatan S. Pacongkang .....                       | 81  |
| Gambar 3.3 Dokumentasi bangunan bawah Jembatan S. Pacongkang ..              | 81  |
| Gambar 3.4 Lokasi Jembatan S. Pacongkang .....                               | 82  |
| Gambar 3.5 Bagan alir penelitian.....                                        | 88  |
| Gambar 4.1 Lokasi jembatan .....                                             | 92  |
| Gambar 4.2 Geometri jembatan.....                                            | 93  |
| Gambar 4.3 Data penampang struktur atas .....                                | 95  |
| Gambar 4.4 Data penampang struktur bawah dan fondasi.....                    | 97  |
| Gambar 4.5 Data Boring Log BH 01 .....                                       | 98  |
| Gambar 4.6 Data Boring Log BH 02 .....                                       | 99  |
| Gambar 4.7 Data Boring Log BH 03 .....                                       | 100 |
| Gambar 4.8 Data Boring Log BH 04 .....                                       | 101 |
| Gambar 4.9 Pemodelan struktur atas .....                                     | 104 |
| Gambar 4.10 Pemodelan struktur bawah .....                                   | 105 |
| Gambar 4.11 Pemodelan <i>bearing</i> jembatan.....                           | 106 |
| Gambar 4.12 Pemodelan hubungan tanah dan fondasi.....                        | 107 |
| Gambar 4.13 Tegangan-regangan baja tulangan.....                             | 109 |
| Gambar 4.14 Tegangan-regangan beton <i>pier column</i> .....                 | 109 |
| Gambar 4.15 Tegangan-regangan beton <i>breast wall</i> .....                 | 110 |
| Gambar 4.16 Tegangan-regangan beton <i>bored pile D400</i> .....             | 111 |
| Gambar 4.17 Tegangan-regangan beton <i>bored pile D600</i> .....             | 112 |
| Gambar 4.18 Pemodelan <i>fiber section</i> pada <i>pier column</i> .....     | 113 |
| Gambar 4.19 Pemodelan <i>fiber section</i> pada <i>breast wall</i> .....     | 113 |
| Gambar 4.20 Pemodelan <i>fiber section</i> pada <i>bored pile D400</i> ..... | 114 |
| Gambar 4.21 Pemodelan <i>fiber section</i> pada <i>bored pile D600</i> ..... | 114 |
| Gambar 4.22 Beban mati sandaran dan trotoar .....                            | 116 |
| Gambar 4.23 Beban mati <i>wing wall</i> .....                                | 116 |
| Gambar 4.24 Beban mati pelat injak.....                                      | 117 |
| Gambar 4.25 Berat sendiri (MS) pada pemodelan.....                           | 118 |
| Gambar 4.26 Beban mati tambahan (MA) pada pemodelan.....                     | 119 |

|                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4.27 Parameter spektra.....                                                 | 122 |
| Gambar 4.28 Respon spektra target.....                                             | 124 |
| Gambar 4.29 Tampak samping jembatan dan data <i>boring log</i> .....               | 125 |
| Gambar 4.30 Contoh penginputan parameter tanah.....                                | 128 |
| Gambar 4.31 Contoh penginputan parameter fondasi .....                             | 129 |
| Gambar 4.32 <i>p-y curve</i> fondasi abutment A1.....                              | 130 |
| Gambar 4.33 <i>p-y curve</i> fondasi pier P1 .....                                 | 130 |
| Gambar 4.34 <i>p-y curve</i> fondasi pier P2 .....                                 | 131 |
| Gambar 4.35 <i>p-y curve</i> fondasi abutment A2.....                              | 131 |
| Gambar 4.36 Contoh penginputan <i>p-y curve</i> .....                              | 132 |
| Gambar 4.37 <i>p-y curve</i> yang diaplikasikan pada semua <i>bored pile</i> ..... | 133 |
| Gambar 4.38 Respon spektrum komposit.....                                          | 139 |
| Gambar 4.39 Penginputan respon spektrum komposit.....                              | 139 |
| Gambar 4.40 Penginputan kekakuan <i>linear LRB</i> .....                           | 140 |
| Gambar 4.41 Penginputan kekakuan <i>nonlinear LRB</i> .....                        | 141 |
| Gambar 4.42 <i>Displacement</i> dengan <i>multimode spectral method</i> .....      | 142 |
| Gambar 4.43 <i>Mode shape</i> dan waktu getar alami <i>mode 1</i> .....            | 145 |
| Gambar 4.44 <i>Mode shape</i> dan waktu getar alami <i>mode 2</i> .....            | 146 |
| Gambar 4.45 Lampiran gambar L2.9 pada peta deagregasi .....                        | 148 |
| Gambar 4.46 Lampiran gambar L2.27 pada peta deagregasi .....                       | 149 |
| Gambar 4.47 Lampiran gambar L2.45 pada peta deagregasi .....                       | 150 |
| Gambar 4.48 Lampiran gambar L2.63 pada peta deagregasi .....                       | 151 |
| Gambar 4.49 Lampiran gambar L2.81 pada peta deagregasi .....                       | 152 |
| Gambar 4.50 Lampiran gambar L2.99 pada peta deagregasi .....                       | 153 |
| Gambar 4.51 Pencarian <i>ground motion</i> dengan mekanisme <i>benioff</i> .....   | 155 |
| Gambar 4.52 Pencarian <i>ground motion</i> mekanisme <i>shallow crustal</i> .....  | 156 |
| Gambar 4.53 Pencarian <i>ground motion</i> mekanisme <i>megathrust</i> .....       | 157 |
| Gambar 4.54 <i>Ground motion</i> mekanisme <i>benioff</i> .....                    | 158 |
| Gambar 4.55 <i>Ground motion</i> mekanisme <i>shallow crustal</i> .....            | 159 |
| Gambar 4.56 <i>Ground motion megathrust</i> Hokkaido.....                          | 160 |
| Gambar 4.57 Modifikasi respon spektrum gempa Tokachiokiافت.....                    | 161 |

|                                                                                                                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4.58 Modifikasi respon spektrum gempa Iwate .....                                                                                                                                                                             | 162 |
| Gambar 4.59 Modifikasi respon spektrum gempa Cape Mendocino.....                                                                                                                                                                     | 162 |
| Gambar 4.60 Modifikasi respon spektrum gempa Chuetsu-oki .....                                                                                                                                                                       | 163 |
| Gambar 4.61 Modifikasi respon spektrum gempa Iwate .....                                                                                                                                                                             | 163 |
| Gambar 4.62 Modifikasi respon spektrum gempa El Mayor-Cucapah...                                                                                                                                                                     | 164 |
| Gambar 4.63 Modifikasi respon spektrum gempa Hokkaido.....                                                                                                                                                                           | 164 |
| Gambar 4.64 Hasil modifikasi <i>Ground motion benioff</i> .....                                                                                                                                                                      | 166 |
| Gambar 4.65 Hasil modifikasi <i>Ground motion shallow crustal</i> .....                                                                                                                                                              | 167 |
| Gambar 4.66 Hasil modifikasi <i>Ground motion megathrust</i> .....                                                                                                                                                                   | 167 |
| Gambar 5.1 Penomoran bangunan bawah .....                                                                                                                                                                                            | 170 |
| Gambar 5.2 <i>Node control</i> pada <i>LRB</i> dan <i>pier column</i> .....                                                                                                                                                          | 171 |
| Gambar 5.3 <i>Node control</i> pada <i>breast wall</i> .....                                                                                                                                                                         | 172 |
| Gambar 5.4 <i>Node control</i> pada <i>bored pile D400</i> dan <i>D600</i> .....                                                                                                                                                     | 173 |
| Gambar 5.5 Grafik gaya - simpangan <i>LRB P1</i> berdasarkan : (a) Gempa Tokachiokiapt, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, dan (g) Gempa Hokkaido .....  | 176 |
| Gambar 5.6 Grafik gaya - simpangan <i>LRB P2</i> berdasarkan : (a) Gempa Tokachiokiapt, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, dan (g) Gempa Hokkaido .....  | 178 |
| Gambar 5.7 Grafik simpangan - waktu <i>LRB P1</i> berdasarkan : (a) Gempa Tokachiokiapt, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, dan (g) Gempa Hokkaido ..... | 181 |
| Gambar 5.8 Grafik simpangan - waktu <i>LRB P2</i> berdasarkan : (a) Gempa Tokachiokiapt, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, dan (g) Gempa Hokkaido ..... | 183 |

|                                                                                                                                                                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 5.9 Grafik simpangan maksimum LRB P1 berdasarkan : (a) Gempa Tokachiokiaft, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, .....                                        | 186 |
| Gambar 5.10 Grafik simpangan maksimum LRB P2 berdasarkan : (a) Gempa Tokachiokiaft, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, .                                           | 188 |
| Gambar 5.11 Grafik simpangan maksimum <i>pier column</i> P1 berdasarkan : (a) Gempa Tokachiokiaft, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, dan (g) Gempa Hokkaido ..... | 191 |
| Gambar 5.12 Grafik simpangan maksimum <i>pier column</i> P2 berdasarkan : (a) Gempa Tokachiokiaft, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, dan (g) Gempa Hokkaido ..... | 193 |
| Gambar 5.13 Grafik karakteristik translasi <i>pier column</i> dalam arah longitudinal dan transversal serta batasan maksimumnya : (a) <i>Pier column</i> P1 dan (b) <i>Pier column</i> P2 .....                                                | 194 |
| Gambar 5.14 Grafik tegangan - regangan baja tulangan <i>pier column</i> P1 berdasarkan : (a) Gempa Tokachiokiaft, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, .....         | 196 |
| Gambar 5.15 Grafik tegangan - regangan baja tulangan <i>pier column</i> P2 berdasarkan : (a) Gempa Tokachiokiaft, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, .....         | 198 |
| Gambar 5.16 Grafik respon siklik hasil NLTHA terhadap kurva statik monotonic tegangan - regangan baja tulangan : (a) <i>Pier column</i> P1 dan (b) <i>Pier column</i> P2 .....                                                                 | 200 |
| Gambar 5.17 Grafik tegangan - regangan beton <i>pier column</i> P1 berdasarkan : (a) Gempa Tokachiokiaft, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape                                                                                                      |     |



|                                                                                                                                                                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, .....                                                                                                                                                                      | 202 |
| Gambar 5.18 Grafik tegangan - regangan beton <i>pier column</i> P2 berdasarkan : (a) Gempa Tokachioki, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, .....                               | 204 |
| Gambar 5.19 Grafik respon siklik hasil NLTHA terhadap kurva statik monotonic tegangan - regangan beton : (a) <i>Pier column</i> P1 dan (b) <i>Pier column</i> P2.....                                                                                     | 206 |
| Gambar 5.20 Grafik simpangan maksimum <i>breast wall</i> A1 berdasarkan : (a) Gempa Tokachioki, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, dan (g) Gempa Hokkaido.....                | 209 |
| Gambar 5.21 Grafik simpangan maksimum <i>breast wall</i> A2 berdasarkan : (a) Gempa Tokachioki, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, dan (g) Gempa Hokkaido.....                | 211 |
| Gambar 5.22 Grafik karakteristik translasi <i>breast wall</i> dalam arah longitudinal dan transversal serta batasan maksimumnya : (a) <i>Breast wall</i> A1 dan (b) <i>Breast wall</i> A2 .....                                                           | 212 |
| Gambar 5.23 Grafik tegangan - regangan baja tulangan <i>breast wall</i> A1 berdasarkan : (a) Gempa Tokachioki, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, .....                       | 214 |
| Gambar 5.24 Grafik tegangan - regangan baja tulangan <i>breast wall</i> A2 berdasarkan : (a) Gempa Tokachioki, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, dan (g) Gempa Hokkaido..... | 216 |
| Gambar 5.25 Grafik respon siklik hasil NLTHA terhadap kurva statik monotonic tegangan - regangan baja tulangan : (a) <i>Breast wall</i> A1 dan                                                                                                            | 218 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 5.26 Grafik tegangan - regangan beton <i>breast wall</i> A1 berdasarkan : (a) Gempa Tokachiokiapt, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, .....                                   | 220 |
| Gambar 5.27 Grafik tegangan - regangan beton <i>breast wall</i> A2 berdasarkan : (a) Gempa Tokachiokiapt, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, .....                                   | 222 |
| Gambar 5.28 Grafik respon siklik hasil NLTHA terhadap kurva statik monotonic tegangan - regangan beton : (a) <i>Breast wall</i> A1 dan (b) <i>Breast wall</i> A2 .....                                                                                           | 224 |
| Gambar 5.29 Grafik simpangan maksimum <i>bored pile</i> D400 A1 berdasarkan : (a) Gempa Tokachiokiapt, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, dan (g) Gempa Hokkaido.....                | 227 |
| Gambar 5.30 Grafik simpangan maksimum <i>bored pile</i> D400 A2 berdasarkan : (a) Gempa Tokachiokiapt, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, dan (g) Gempa Hokkaido.....                | 229 |
| Gambar 5.31 Grafik karakteristik translasi <i>bored pile</i> D400 dalam arah longitudinal dan transversal serta batasan maksimumnya: (a) <i>Bored pile</i> D400 A1 dan (b) <i>Bored pile</i> D400 A2 .....                                                       | 230 |
| Gambar 5.32 Grafik tegangan - regangan baja tulangan <i>bored pile</i> D400 A1 berdasarkan : (a) Gempa Tokachiokiapt, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, dan (g) Gempa Hokkaido..... | 232 |
| Gambar 5.33 Grafik tegangan - regangan baja tulangan <i>bored pile</i> D400 A1 berdasarkan : (a) Gempa Tokachiokiapt, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, dan (g) Gempa Hokkaido..... | 234 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 5.34 Grafik respon siklik hasil NLTHA terhadap kurva statik monotonic tegangan - regangan baja tulangan : (a) <i>Bored pile D400 A1</i> dan (b) <i>Bored pile D400 A2</i> .....                                                                           | 236 |
| Gambar 5.35 Grafik tegangan - regangan beton <i>bored pile D400 A1</i> berdasarkan : (a) Gempa Tokachiokiaft, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, .....                               | 238 |
| Gambar 5.36 Grafik tegangan - regangan beton <i>bored pile D400 A2</i> berdasarkan : (a) Gempa Tokachiokiaft, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, .....                               | 240 |
| Gambar 5.37 Grafik respon siklik hasil NLTHA terhadap kurva statik monotonic tegangan - regangan beton : (a) <i>Bored pile D400 A1</i> dan (b) <i>Bored pile D400 A2</i> .....                                                                                   | 242 |
| Gambar 5.38 Grafik simpangan maksimum <i>bored pile D600 P1</i> berdasarkan : (a) Gempa Tokachiokiaft, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, dan (g) Gempa Hokkaido.....                | 245 |
| Gambar 5.39 Grafik simpangan maksimum <i>bored pile D600 P2</i> berdasarkan : (a) Gempa Tokachiokiaft, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, dan (g) Gempa Hokkaido.....                | 247 |
| Gambar 5.40 Grafik karakteristik translasi <i>bored pile D600</i> dalam arah longitudinal dan transversal serta batasan maksimumnya : (a) <i>Bored pile D600 P1</i> dan (b) <i>Bored pile D600 P2</i> .....                                                      | 248 |
| Gambar 5.41 Grafik tegangan - regangan baja tulangan <i>bored pile D600 P1</i> berdasarkan : (a) Gempa Tokachiokiaft, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, dan (g) Gempa Hokkaido..... | 250 |
| Gambar 5.42 Grafik tegangan - regangan baja tulangan <i>bored pile D600 P2</i> berdasarkan : (a) Gempa Tokachiokiaft, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape                                                                                                            |     |

|                                                                                                                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, dan (g) Gempa Hokkaido.....                                                                                                                      | 252 |
| Gambar 5.43 Grafik respon siklik hasil NLTHA terhadap kurva statik monotonic tegangan - regangan baja tulangan : (a) <i>Bored pile D600 P1</i> dan (b) <i>Bored pile D600 P2</i> .....                                          | 254 |
| Gambar 5.44 Grafik tegangan - regangan beton <i>bored pile D600 P1</i> berdasarkan : (a) Gempa Tokachioki, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, ..... | 256 |
| Gambar 5.45 Grafik tegangan - regangan beton <i>bored pile D600 P2</i> berdasarkan : (a) Gempa Tokachioki, (b) Gempa Iwate, (c) Gempa Cape Mendocino, (d) Gempa Chuetsu-oki, (e) Gempa Iwate, (f) Gempa El Mayor-Cucapah, ..... | 258 |
| Gambar 5.46 Grafik respon siklik hasil NLTHA terhadap kurva statik monotonic tegangan - regangan beton : (a) <i>Bored pile D600 P1</i> dan (b) <i>Bored pile D600 P2</i> .....                                                  | 260 |
| Gambar 5.47 Grafik rekapitulasi simpangan LRB .....                                                                                                                                                                             | 262 |
| Gambar 5.48 Grafik rekapitulasi simpangan <i>pier column</i> .....                                                                                                                                                              | 267 |
| Gambar 5.49 Grafik rekapitulasi regangan <i>pier column</i> .....                                                                                                                                                               | 270 |
| Gambar 5.50 Grafik rekapitulasi simpangan <i>breast wall</i> .....                                                                                                                                                              | 275 |
| Gambar 5.51 Grafik rekapitulasi regangan <i>breast wall</i> .....                                                                                                                                                               | 278 |
| Gambar 5.52 Grafik rekapitulasi simpangan <i>bored pile D400</i> .....                                                                                                                                                          | 283 |
| Gambar 5.53 Grafik rekapitulasi regangan <i>bored pile D400</i> .....                                                                                                                                                           | 286 |
| Gambar 5.54 Grafik rekapitulasi simpangan <i>bored pile D600</i> .....                                                                                                                                                          | 291 |
| Gambar 5.55 Grafik rekapitulasi regangan <i>bored pile D600</i> .....                                                                                                                                                           | 294 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 2.1 Nilai R berdasarkan tipe bangunan bawah.....                                            | 16  |
| Tabel 2.2 Batas izin defleksi.....                                                                | 17  |
| Tabel 2.3 Pembaharuan fungsi atenuasi.....                                                        | 24  |
| Tabel 2.4 Nilai empiris $D_r$ , $\phi$ , $\gamma$ berdasarkan nilai N terkoreksi .....            | 37  |
| Tabel 2.5 Korelasi N-SPT dengan $c_u$ tanah lempung .....                                         | 38  |
| Tabel 2.6 Koreksi - koreksi yang digunakan dalam Uji SPT .....                                    | 39  |
| Tabel 2.7 Performance level jembatan.....                                                         | 69  |
| Tabel 2.8 Parameter kinerja jembatan .....                                                        | 70  |
| Tabel 3.1 Jadwal pelaksanaan penelitian.....                                                      | 91  |
| Tabel 4.1 Data geometri jembatan .....                                                            | 93  |
| Tabel 4.2 Data <i>material properties</i> .....                                                   | 94  |
| Tabel 4.3 Data penampang struktur atas .....                                                      | 96  |
| Tabel 4.4 Pemodelan elemen struktur dan <i>boundary condition</i> .....                           | 103 |
| Tabel 4.5 Berat sendiri (MS) pada jembatan .....                                                  | 117 |
| Tabel 4.6 Beban mati tambahan (MA) pada jembatan .....                                            | 119 |
| Tabel 4.7 Nilai $PGA$ , $S_s$ , dan $S_1$ masing-masing <i>GMPE</i> .....                         | 120 |
| Tabel 4.8 Koefisien Situs $F_{PGA}$ , $F_a$ , dan $F_v$ .....                                     | 121 |
| Tabel 4.9 Koefisien situs $F_{PGA}$ , $F_a$ , dan $F_v$ .....                                     | 122 |
| Tabel 4.10 Respon spektra berdasarkan ketiga <i>GMPE</i> .....                                    | 123 |
| Tabel 4.11 Koreksi nilai N-SPT sisi arah ke Kab. Soppeng.....                                     | 126 |
| Tabel 4.12 Koreksi nilai N-SPT sisi arah ke Kab. Bone.....                                        | 126 |
| Tabel 4.13 Korelasi N ke $\gamma$ , $C_u$ , dan $\varepsilon_{50}$ sisi arah ke Kab. Soppeng..... | 127 |
| Tabel 4.14 Korelasi N ke $\gamma$ , $C_u$ , dan $\varepsilon_{50}$ sisi arah ke Kab. Bone.....    | 127 |
| Tabel 4.15 Spesifikasi LRB .....                                                                  | 134 |
| Tabel 4.16 Perhitungan <i>lead rubber bearing</i> arah longitudinal.....                          | 135 |
| Tabel 4.17 Perhitungan <i>lead rubber bearing</i> arah transversal .....                          | 136 |
| Tabel 4.18 Hasil perhitungan kekakuan <i>linear</i> dan <i>nonlinear LRB</i> .....                | 137 |
| Tabel 4.19 Respon spektrum komposit .....                                                         | 138 |

|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 4.20 Komparasi <i>displacement</i> .....                    | 143 |
| Tabel 4.21 Jumlah ground motion pada setiap sumber gempa .....    | 144 |
| Tabel 4.22 Hasil pemilihan peta deagregasi .....                  | 147 |
| Tabel 4.23 Hasil penentuan M dan R .....                          | 147 |
| Tabel 4.24 Hasil perhitungan <i>scale factor</i> .....            | 165 |
| Tabel 5.1 Rekapitulasi simpangan LRB .....                        | 261 |
| Tabel 5.2 Rekapitulasi simpangan <i>pier column</i> P1 .....      | 265 |
| Tabel 5.3 Rekapitulasi simpangan <i>pier column</i> P2 .....      | 266 |
| Tabel 5.4 Rekapitulasi regangan <i>pier column</i> P1 .....       | 268 |
| Tabel 5.5 Rekapitulasi regangan <i>pier column</i> P2 .....       | 269 |
| Tabel 5.6 Rekapitulasi simpangan <i>breast wall</i> A1 .....      | 273 |
| Tabel 5.7 Rekapitulasi simpangan <i>breast wall</i> A2 .....      | 274 |
| Tabel 5.8 Rekapitulasi regangan <i>breast wall</i> A1 .....       | 276 |
| Tabel 5.9 Rekapitulasi regangan <i>breast wall</i> A2 .....       | 277 |
| Tabel 5.10 Rekapitulasi simpangan <i>bored pile</i> D400 A1 ..... | 281 |
| Tabel 5.11 Rekapitulasi simpangan <i>bored pile</i> D400 A2 ..... | 282 |
| Tabel 5.12 Rekapitulasi regangan <i>bored pile</i> D400 A1 .....  | 284 |
| Tabel 5.13 Rekapitulasi regangan <i>bored pile</i> D400 A2 .....  | 285 |
| Tabel 5.14 Rekapitulasi simpangan <i>bored pile</i> D600 P1 ..... | 289 |
| Tabel 5.15 Rekapitulasi simpangan <i>bored pile</i> D600 P2 ..... | 290 |
| Tabel 5.16 Rekapitulasi regangan <i>bored pile</i> D600 P1 .....  | 292 |
| Tabel 5.17 Rekapitulasi regangan <i>bored pile</i> D600 P2 .....  | 293 |

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** : Perhitungan kurva tegangan – regangan beton *Unconfined*
- Lampiran 2** : Perhitungan kurva tegangan – regangan beton *Confined* pada *Pier Column*
- Lampiran 3** : Perhitungan kurva tegangan – regangan beton *Confined* pada *Breast Wall*
- Lampiran 4** : Perhitungan kurva tegangan – regangan beton *Confined* pada *Bored Pile D400*
- Lampiran 5** : Perhitungan kurva tegangan – regangan beton *Confined* pada *Bored Pile D600*
- Lampiran 6** : Tabel koefisien-koefisien *Ground Motion Prediction Equation (GMPE) Campbell - Bozorgnia NGA 2014*
- Lampiran 7** : Tabel koefisien-koefisien *Ground Motion Prediction Equation (GMPE) Boore - Atkinson NGA 2014*
- Lampiran 8** : Tabel koefisien-koefisien *Ground Motion Prediction Equation (GMPE) Chiou - Youngs NGA 2014*
- Lampiran 9** : Perhitungan PGA dengan *GMPE Campbell - Bozorgnia NGA 2014*
- Lampiran 10** : Perhitungan PGA dengan *GMPE Boore - Atkinson NGA 2014*
- Lampiran 11** : Perhitungan PGA dengan *GMPE Chiou - Youngs NGA 2014*
- Lampiran 12** : Perhitungan  $S_s$  dengan *GMPE Campbell - Bozorgnia NGA 2014*
- Lampiran 13** : Perhitungan  $S_s$  dengan *GMPE Boore - Atkinson NGA 2014*
- Lampiran 14** : Perhitungan  $S_s$  dengan *GMPE Chiou - Youngs NGA 2014*

- Lampiran 15** : Perhitungan  $S_1$  dengan *GMPE Campbell - Bozorgnia NGA 2014*
- Lampiran 16** : Perhitungan  $S_1$  dengan *GMPE Boore - Atkinson NGA 2014*
- Lampiran 17** : Perhitungan  $S_1$  dengan *GMPE Chiou - Youngs NGA 2014*
- Lampiran 18** : Perhitungan *geomean, scale factor, dan amplitude scaled* gempa Tokachioki
- Lampiran 19** : Perhitungan *geomean, scale factor, dan amplitude scaled* gempa Iwate
- Lampiran 20** : Perhitungan *geomean, scale factor, dan amplitude scaled* gempa Cape Mendocino
- Lampiran 21** : Perhitungan *geomean, scale factor, dan amplitude scaled* gempa Chuetsu-oki
- Lampiran 22** : Perhitungan *geomean, scale factor, dan amplitude scaled* gempa Iwate
- Lampiran 23** : Perhitungan *geomean, scale factor, dan amplitude scaled* gempa El Mayor-Cuapah
- Lampiran 24** : Perhitungan *geomean, scale factor, dan amplitude scaled* gempa Hokkaido
- Lampiran 25** : *Ground motion* original dan *scaled* gempa Tokachioki
- Lampiran 26** : *Ground motion* original dan *scaled* gempa Iwate
- Lampiran 27** : *Ground motion* original dan *scaled* gempa Cape Mendocino
- Lampiran 28** : *Ground motion* original dan *scaled* gempa Chuetsu-oki
- Lampiran 29** : *Ground motion* original dan *scaled* gempa Iwate
- Lampiran 30** : *Ground motion* original dan *scaled* gempa El Mayor-Cuapah
- Lampiran 31** : *Ground motion* original dan *scaled* gempa Hokkaido



## DAFTAR SINGKATAN

|            |                                                                      |
|------------|----------------------------------------------------------------------|
| PuSGeN     | : Pusat Studi Gempa Nasional                                         |
| SNI        | : Standar Nasional Indonesia                                         |
| DSHA       | : Deterministic Seismic Hazard Analysis                              |
| PermenPUPR | : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat              |
| SSI        | : Soil-Structure Interaction                                         |
| LRB        | : Lead Rubber Bearing                                                |
| FEMA       | : Federal Emergency Management Agency                                |
| NLTHA      | : Nonlinear Time History Analysis                                    |
| GMPE       | : Ground Motion Prediction Equation                                  |
| PBSD       | : Performance Based Seismic Design                                   |
| AASHTO     | : American Association of State Highway and Transportation Officials |
| LRFD       | : Load and Resistance Factor Design                                  |
| ASD        | : Allowable Stress Design                                            |
| PSHA       | : Probabilistic Seismic Hazard Analysis                              |
| KKJTJ      | : Komisi Keamanan Jembatan dan Terowongan                            |
| IO         | : Immediate Occupancy                                                |
| LS         | : Life Safety                                                        |
| NGA        | : Next Generation Attenuation                                        |
| N-SPT      | : N-value of Standard Penetration Test                               |
| GSID       | : Guide Specification for Seismic Isolation Design                   |
| UHS        | : Uniform Seismic Hazard                                             |
| NCHRP      | : National Cooperative Highway Research Program                      |
| SDOF       | : Single Degree of Freedom                                           |
| SF         | : Safety Factor                                                      |

## DAFTAR NOTASI

|            |                                                                                                                 |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $R$        | : Faktor modifikasi respon                                                                                      |
| $L$        | : Panjang jembatan                                                                                              |
| $M$        | : Magnitudo                                                                                                     |
| $R$        | : Jarak situs terhadap sumber gempa                                                                             |
| $R_{RUP}$  | : Jarak terdekat ke bidang patahan (km)                                                                         |
| $R_{JB}$   | : Jarak terdekat ke proyeksi bidang patahan (km)                                                                |
| $R_X$      | : Jarak terdekat ke proyeksi sisi atas bidang patahan (km)                                                      |
| $W$        | : Lebar ke dalam dari bidang patahan (km)                                                                       |
| $F_{RV}$   | : Variable indikator untuk mekanisme <i>reverse</i> , bernilai 1 Untuk $30 < \lambda < 150$ dan 0 untuk lainnya |
| $F_{NM}$   | : Variable indikator untuk mekanisme normal, bernilai 1 Untuk $-150 < \lambda < -30$ dan 0 untuk lainnya        |
| $\lambda$  | : <i>Dip angle</i>                                                                                              |
| $Z_{TOR}$  | : Kedalaman dari bagian atas bidang patahan (km)                                                                |
| $\delta$   | : Nilai rata-rata <i>dip angle</i>                                                                              |
| $V_{S30}$  | : Kecepatan rata-rata gelombang geser untuk 30 m lapisan teratas (m/s)                                          |
| $A_{1100}$ | : PGA untuk batuan (g) yaitu, PGA dengan $V_{S30} = 1100$ m/s                                                   |
| $S_J$      | : Efek situs regional, bernilai 1 untuk Jepang, 0 untuk lainnya                                                 |
| $S_{2,5}$  | : Kedalaman dengan kecepatan gelombang geser 2,5 km/s (km)                                                      |
| $Z_{HYP}$  | : Kedalaman hiposenter (km)                                                                                     |
| $Z_1$      | : Kedalaman dengan kecepatan gelombang geser 2,5 km/s (km)                                                      |
| $y_{ij}$   | : Amplitudo gerak tanah untuk gempa $i$ pada stasiun $j$                                                        |

|              |                                                                              |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------|
| $y_{refij}$  | : Median untuk kondisi $V_{S30} = 1130$ m/s                                  |
| $F_{HW}$     | : Koefisien <i>Hanging Wall</i> , 1 untuk $R_x \geq 0$ dan 0 untuk $R_x < 0$ |
| $DPP$        | : <i>Direct point parameter for directivity effect</i>                       |
| $\Delta DPP$ | : <i>DPP rata-rata berdasarkan gempa spesifik</i>                            |
| $p$          | : Tahanan tanah per unit panjang dari tiang                                  |
| $K_h$        | : <i>Modulus subgrade reaction</i>                                           |
| $y$          | : Defleksi lateral dari tiang                                                |
| $E_p I_p$    | : Kekakuan lentur tiang                                                      |
| $D_r$        | : Kerapatan relatif                                                          |
| $\phi$       | : Sudut gesek dalam tanah                                                    |
| $\gamma$     | : Berat volume tanah                                                         |
| $c_u$        | : Kohesi <i>Undrained</i>                                                    |
| $(N_1)_{60}$ | : Nilai SPT terkoreksi terhadap pengaruh efisiensi tenaga 60%                |
| $C_N$        | : Faktor koreksi terhadap tegangan vertikal efektif (nilainya $\leq 1.70$ )  |
| $C_E$        | : Faktor koreksi terhadap rasio tenaga                                       |
| $C_B$        | : Faktor koreksi terhadap diameter bor                                       |
| $C_R$        | : Faktor koreksi terhadap Panjang batang                                     |
| $C_S$        | : Faktor koreksi terhadap cara pengambilan sampel                            |
| $B_L$        | : Koefisien Redaman                                                          |
| $\xi$        | : Ekuivalen <i>viscous damping ratio</i>                                     |
| $g$          | : Percepatan gravitasi                                                       |
| $S_{D1}$     | : Respon percepatan pada periode 1.0 detik                                   |
| $T_{eff}$    | : Periode efektif                                                            |
| $K_{eff}$    | : Kekakuan efektif                                                           |
| $W$          | : Total beban vertikal                                                       |
| $k_{sub}$    | : Kekakuan <i>substructure</i>                                               |
| $Q_d$        | : <i>Characteristic strength</i> dari isolator                               |

|                    |                                                                            |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| $d$                | : Total <i>displacement</i> dek jembatan terhadap tanah                    |
| $d_i$              | : <i>Displacement</i> desain isolator                                      |
| $d_{sub}$          | : <i>Diplacement</i> dari <i>substructure</i>                              |
| $d_y$              | : <i>Diplacement</i> dari <i>isolator</i> saat leleh                       |
| $\{F\}$            | : Vektor gaya                                                              |
| $\{D\}$            | : Vektor perpindahan                                                       |
| $[K]$              | : Matriks kekakuan                                                         |
| $[K_e]$            | : Matriks kekakuan linear elastis                                          |
| $[K_g]$            | : Matriks kekakuan geometri                                                |
| $f_c$              | : Tegangan beton                                                           |
| $\varepsilon_c$    | : Regangan beton                                                           |
| $f'_{co}$          | : Tegangan puncak pada beton tidak terkekang                               |
| $\varepsilon_{co}$ | : Regangan pada puncak tegangan untuk beton tidak terkekang                |
| $\varepsilon_u$    | : Regangan tekan ultimit pada beton tidak terkekang                        |
| $E_c$              | : Modulus elastisitas beton                                                |
| $\beta$            | : Faktor reduksi                                                           |
| $f'_l$             | : Tegangan efektif lateral pengekang                                       |
| $K_e$              | : Koefisien efektivitas pengekang                                          |
| $f_{yh}$           | : Tegangan leleh baja tulangan pengekang                                   |
| $s'$               | : Jarak netto tulangan pengekang                                           |
| $s$                | : Jarak bruto antara tulangan pengekang                                    |
| $d_s$              | : Diameter <i>centerline</i> tulangan pengekang lingkaran atau spiral      |
| $\rho_{cc}$        | : Rasio tulangan longitudinal terhadap luas inti beton                     |
| $\rho_s$           | : Rasio volume tulangan pengekang terhadap volume beton inti               |
| $A_{sp}$           | : Luas tulangan transversal                                                |
| $b_c$              | : Dimensi beton inti diukur dari centerline tulangan pengekang pada arah x |

|                    |                                                                            |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| $d_c$              | : Dimensi beton inti diukur dari centerline tulangan pengekang pada arah y |
| $A_{sx}$           | : Total luas tulangan pengekang pada arah x                                |
| $A_{sy}$           | : Total luas tulangan pengekang pada arah y                                |
| $f_s$              | : Tegangan baja                                                            |
| $\varepsilon_s$    | : Regangan baja                                                            |
| $E_s$              | : Modulus elastisitas baja                                                 |
| $\varepsilon_{sh}$ | : Regangan hardening baja                                                  |
| $f_{su}$           | : Tegangan baja pada kondisi maksimum                                      |
| $\varepsilon_{su}$ | : Regangan baja pada kondisi maksimum                                      |
| $f_{sb}$           | : Tegangan baja pada kondisi rupture                                       |
| $\varepsilon_{sb}$ | : Regangan baja pada kondisi rupture                                       |
| $SF$               | : <i>Scale factor</i>                                                      |
| $\bar{A}_i$        | : <i>Target response spectrum</i>                                          |
| $A_i$              | : <i>Response spectrum (unscaled)</i> dari ground motion                   |
| $S_{gm}(T)$        | : Nilai <i>geomean</i> dari respon spektrum suatu <i>ground motion</i>     |
| $S_x(T)$           | : Nilai percepatan dari respon spektrum arah x                             |
| $S_y(T)$           | : Nilai percepatan dari respon spektrum arah y                             |
| $T_M$              | : Periode efektif struktur dengan sistem isolasi                           |
| $R_d$              | : <i>Ductility reduction</i>                                               |
| $\Omega_d$         | : <i>Overstrength factor</i>                                               |
| $V_e$              | : <i>Elastic strength</i>                                                  |
| $V_y$              | : <i>Apparent strength</i>                                                 |
| $V_d$              | : <i>Design strength</i>                                                   |