



UNIVERSITAS  
**MERCU BUANA**

**NILAI MODIFIKASI RESPONS RIIL  
STRUKTUR BETON BERTULANG DENGAN METODA *PUSHOVER*  
PADA GEDUNG TIDAK BERATURAN HORIZONTAL**

**TESIS**

UNIVERSITAS  
**MERCU BUANA**  
**RIEN OCTAVIANI**

**55720020004**

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
2024**



UNIVERSITAS  
**MERCU BUANA**

**NILAI MODIFIKASI RESPONS RIIL  
STRUKTUR BETON BERTULANG DENGAN METODA PUSHOVER  
PADA GEDUNG TIDAK BERATURAN HORIZONTAL**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Pasca Sarjana  
Magister Teknik Sipil**

**Oleh :**

**RIEN OCTAVIANI**

**55720020004**

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA**

**2024**

## ABSTRAK

Negara Indonesia rawan terhadap gempa bumi, karena secara geografis Indonesia terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik, yaitu lempeng benua Asia, lempeng benua Australia, lempeng Samudera Hindia, dan lempeng samudera Pasifik. (<http://ilmusocial.net/region-rawanbencana-alam-gempa-bumi>). Gempa bumi merupakan suatu getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi secara tiba-tiba dari dalam sehingga menimbulkan gelombang seismik. Gempa bumi biasanya disebabkan oleh pergerakan kerak bumi (lempeng bumi). Perencanaan struktur bangunan tahan gempa di Indonesia sangatlah penting, karena sebagian besar wilayah di Indonesia berada pada daerah gempa yang cukup tinggi, sehingga telah dikeluarkan peraturan gempa yaitu SNI 1726-2019. Perencanaan ulang atau tindak lanjut desain dapat dilakukan dengan menggunakan nilai R nyata. Jika pada struktur SRPMK nilai R riil lebih besar dari R desain, maka perencana dapat menghemat perkuatan dengan menganalisis kembali struktur tersebut menggunakan R riil. Dengan hasil analisis penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa struktur SRPMK berbentuk horizontal ketidakteraturan pada lokasi Jakarta, menghasilkan nilai respon modifikasi nyata (R) (mengacu pada batas ATC-40 pada rasio simpangan antar lantai dan kapasitas putar komponen struktur) yang lebih kecil dari nilai maksimum yang ditentukan pada SNI. Sesuai dengan ketentuan ATC-40, seluruh konfigurasi struktur masuk dalam tingkat kategori *Damage Control* (DO) yang berarti peralihan antara *Immediate Occupancy* (IO) SP-1 dan *Life Safety* (LF) SP-3, yaitu bangunan masih mampu menahan kekuatan gempa yang terjadi, dengan resiko korban jiwa sangat kecil. Hanya struktur tanah menengah 8 lantai milik SRPMB yang masuk dalam kategori *Life Safety* (LF) level SP-3. Nilai R riil yang diperoleh pada struktur SRPMK bervariasi antara 9,4 dan 11,3. Hasil analisis ini tidak berbeda nyata dengan ketentuan yang ada, dan pada kondisi tanah lunak nilainya lebih besar dibandingkan pada struktur SRPMB. R nyata yang lebih besar dari ketentuan merupakan nilai maksimum yang dapat digunakan berdasarkan penelitian ini. Nilai R riil yang diperoleh pada struktur SRPMB bervariasi antara 3,4 dan 4,7. Hasil analisis ini sangat berbeda dengan ketentuan yang ada baik untuk kondisi tanah lunak maupun sedang; dan optimasi struktur telah dilakukan pada setiap konfigurasi bangunan, namun didapatkan dimensi penampang kolom dan balok SRPMB pada kondisi tanah lunak merupakan dimensi penampang paling besar dibandingkan dengan yang lain.

**Kata Kunci:** Struktur Bangunan, SPRMK, SPRMB, ETABS

## ABSTRACT

The country of Indonesia is prone to earthquakes, because geographically Indonesia is located at the meeting point of four tectonic plates, namely the Asian continental plate, the Australian continental plate, the Indian Ocean plate and the Pacific ocean plate. (<http://ilmusocial.net/region-rawanbencana-alam-gempa-bumi>). An earthquake is a vibration or shock that occurs on the surface of the earth due to the sudden release of energy from within, creating seismic waves. Earthquakes are usually caused by movements of the earth's crust (earth plates). Planning an earthquake-resistant building structure in Indonesia is very important, because most areas in Indonesia are in fairly high earthquake areas, so earthquake regulations, namely SNI 1726-2019, have been issued. Design re-planning or follow-up can be done using the real  $R$  value. If in the SRPMK structure the real  $R$  value is greater than the design  $R$ , then the planner can save reinforcement by re-analyzing the structure using real  $R$ . With the results of this research analysis, it can be concluded that the SRPMK structure with horizontal irregularities at the Jakarta location, produces a real modified response ( $R$ ) value (referring to the ATC-40 limit on the ratio of deviations between floors and the rotational capacity of structural components) which is smaller than the specified maximum value. on SNI. In accordance with the provisions of ATC-40, all structural configurations are included in the Damage Control (DO) category level, which means that the transition between Immediate Occupancy (IO) SP-1 and Life Safety (LF) SP-3, the building is still able to withstand the forces of the earthquake that occurred, with the risk of human loss is very small. Only SRPMB's 8-story medium ground structure is included in the Life Safety (LF) category level SP-3. The real  $R$  value obtained in the SRPMK structure varies between 9.4 and 11.3. The results of this analysis are not significantly different from existing provisions, and in soft soil conditions the value is bigger than for the SRPMB structure. The real  $R$  is greater than the provisions is the maximum value that can be used based on this research. The real  $R$  value obtained in the SRPMB structure varies between 3.4 and 4.7. The results of this analysis are very different from the existing provisions for both soft and medium soil conditions; and Structural optimization has been carried out in each building configuration, but it was found that the cross-sectional dimensions of the SRPMB columns and beams in soft soil conditions were the largest cross-sectional dimensions compared to the others.

**Keyword:** Structure Building, SPRMK, SPRMB, ETABS

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Nilai Modifikasi Respons Riil Struktur Beton Bertulang Dengan Metode  
*Pushover* pada Gedung Tidak Beraturan Horizontal

Bentuk Tesis : Penelitian

Nama : Rien Octaviani

NIM : 55720020004

Program : Magister Teknik Sipil

Tanggal : 21 Februari 2024

Mengesahkan

Pembimbing



U (Dr. Ir. Resmi Bestari Muin, MS.) S

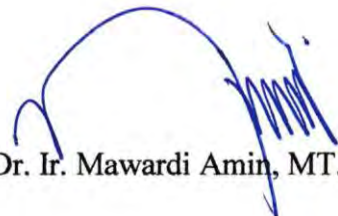
MERCU BUANA

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil



(Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.)



(Dr. Ir. Mawardi Amin, MT.)

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa semua pernyataan dalam Tesis ini:

Judul : Nilai Modifikasi Respons Riil Struktur Beton Bertulang Dengan Metode *Pushover* pada Gedung Tidak Beraturan Horizontal  
Bentuk Tesis : Penelitian  
Nama : Rien Octaviani  
NIM : 55720020004  
Program : Magister Teknik Sipil  
Tanggal : 21 Februari 2024

Merupakan hasil penelitian dan merupakan karya saya sendiri dengan bimbingan Dosen Pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Program Studi Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Mercu Buana.

Tesis ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan pada program sejenis di perguruan tinggi lain. Semua informasi, data, dan hasil pengolahan data yang disajikan, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

Jakarta, 21 Februari 2024

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA



## PERNYATAAN SIMILARITY CHECK

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh :

Nama : Rien Octaviani

NIM : 55720020004

Program Studi : Magister Teknik Sipil

Dengan Judul “Nilai Modifikasi Respons Riil Struktur Beton Bertulang Dengan Metode *Pushover* pada Gedung Tidak Beraturan Horizontal ”, telah dilakukan similarity dengan turnitin pada tanggal 20 Februari 2024 didapatkan nilai presentase sebesar 20%

Jakarta, 20 Februari 2024

Administrator Turnitin



A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Miyono', is placed over a light blue rectangular background.

Miyono, S.Kom

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT serta atas segala rahmat dan karunia-Nya pada penulis, akhirnya penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tesis yang berjudul: Nilai Modifikasi *Respons Riil* Struktur Beton Bertulang Dengan Metode *Pushover* pada Gedung Tidak Beraturan Horizontal.

Tesis ini ditulis dalam rangka memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Teknik Sipil pada Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana. Penulis menyadari bahwa Tesis ini diselesaikan berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang secara langsung atau tidak langsung memberikan kontribusi dalam penyelesaian penelitian ini. Secara khusus pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada Dr. Ir. Resmi Bestari Muin, MS., sebagai dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama penyusunan Tesis ini dari awal hingga akhir tesis ini dapat diselesaikan. Penulis juga berterima kasih kepada Pariatmono, M.Sc. Ph.D., selaku penguji pada Tesis, Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik, serta Dr. Ir. Mawardi Amin, MT. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil, beserta segenap jajarannya.

Demikian juga penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh dosen dan staf administrasi Program Studi Magister Teknik Sipil, termasuk rekan-rekan mahasiswa yang telah menaruh simpati dan bantuan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini. Akhirnya penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua, yang dengan penuh kasih sayang dan kesabaramnya mendorong penulis untuk menyelesaikan Tesis ini. Kiranya hasil penulisan ini dapat memberikan manfaat bagi penelitian perencanaan struktur lainnya di Indonesia.

Penulis



## DAFTAR ISI

|   |     |
|---|-----|
| <b>ABSTRAK</b> .....                        | i   |
| <b>ABSTRACT</b> .....                       | ii  |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....              | iii |
| <b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....              | iv  |
| <b>PERNYATAAN SIMILARITY CHECK</b> .....    | v   |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                 | vi  |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                     | vii |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                   | xii |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                  | xvi |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                | xix |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....              | 1   |
| 1.1 Latar Belakang .....                    | 1   |
| 1.2. Indentifikasi Masalah .....            | 4   |
| 1.3. Rumusan Masalah .....                  | 5   |
| 1.4. Tujuan Penelitian.....                 | 5   |
| 1.5. Manfaat Penelitian.....                | 5   |
| 1.6. Batasan Masalah .....                  | 6   |
| 1.7. Sistematika Penulisan.....             | 7   |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....        | 8   |
| 2.1. Bangunan Tahan Gempa .....             | 8   |
| 2.1.1. Konsep perencanaan bangunan.....     | 8   |
| 2.1.2. Sistem struktur bangunan.....        | 10  |
| 2.2. Elemen Struktur Beton Bertulang.....   | 10  |
| 2.2.1. Pelat Lantai .....                   | 10  |
| 2.2.2. Balok.....                           | 10  |
| 2.2.3. Kolom .....                          | 11  |
| 2.3. Beban Struktur Bangunan.....           | 11  |
| 2.3.1. Beban mati ( <i>Dead load</i> )..... | 11  |

|  |    |
|--|----|
| 2.3.2. Beban hidup ( <i>Live load</i> ) .....                      | 11 |
| 2.3.3. Beban gempa ( <i>Earthquake load</i> ) .....                | 11 |
| 2.4. Ketentuan Umum Perencanaan Ketahanan Gempa.....               | 12 |
| 2.4.1. Gempa rencana .....   | 12 |
| 2.4.2. Faktor keutamaan dan kategori risiko struktur bangunan..... | 12 |
| 2.4.3. Kombinasi beban terfaktor dan pengaruh beban layan.....     | 12 |
| 2.4.4. Menentukan klasifikasi situs.....                           | 12 |
| 2.4.5. Penentuan wilayah gempa .....                               | 12 |
| 2.4.6. Menentukan koefisien situs .....                            | 12 |
| 2.4.7. Spektrum respon desain .....                                | 12 |
| 2.4.8. Menentukan kategori desain seismik.....                     | 13 |
| 2.4.9. Pemilihan sistem struktur.....                              | 13 |
| 2.5. Redundansi .....  | 13 |
| 2.5.1. Untuk $\rho=1,0$ .....                                      | 13 |
| 2.5.2. Untuk $\rho$ pada kategori desain seismik D sampai F .....  | 13 |
| 2.6. Pengaruh Beban Seismik Terhadap Faktor Kuat Lebih .....       | 14 |
| 2.7. Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen.....                          | 14 |
| 2.7.1. Periode fundamental struktur.....                           | 14 |
| 2.7.2. Koefisien respon seismik .....                              | 14 |
| 2.7.3. Gaya geser dasar seismik.....                               | 15 |
| 2.7.4. Distribusi vertikal gaya gempa .....                        | 15 |
| 2.7.5. Distribusi horizontal gaya gempa .....                      | 15 |
| 2.7.6. Skala gaya gempa .....                                      | 15 |
| 2.7.7. Simpangan antar lantai.....                                 | 15 |
| 2.7.8. P-Delta .....   | 16 |
| 2.8. Desain Penulangan Elemen Struktur .....                       | 16 |
| 2.8.1. Penulangan balok .....                                      | 16 |
| 2.8.2. Penulangan kolom.....                                       | 17 |
| 2.9. Analisa Pushover .....  | 18 |
| 2.9.1. Sendi plastis .....   | 18 |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.9.2. Kurva kapasitas.....                            | 20        |
| 2.9.3. Spektrum kapasitas .....                        | 20        |
| 2.10. Faktor Modifikasi Respons (R) .....              | 20        |
| 2.10.1. Faktor modifikasi respons kuat lebih.....      | 21        |
| 2.10.2. Faktor modifikasi respons daktilitas .....     | 21        |
| 2.11. Analisis Kinerja Struktur .....                  | 21        |
| 2.12. Kerangka Berfikir .....                          | 22        |
| 2.13. Celah dan Posisi Penelitian .....                | 22        |
| 2.14. Penelitian Terdahulu.....                        | 26        |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>              | <b>33</b> |
| 3.1. Desain Perencanaan Struktur.....                  | 33        |
| 3.2. Metode Analisis Data .....                        | 35        |
| 3.3. Data Struktur Bangunan .....                      | 35        |
| 3.4. Variabel Penelitian .....                         | 35        |
| 3.5. Tahapan Penelitian .....                          | 35        |
| 3.5.1. Desain dan karakteristik gedung.....            | 36        |
| 3.5.2. Studi literatur .....                           | 36        |
| 3.5.3. Spesifikasi material dan elemen struktur .....  | 36        |
| 3.5.4. Desain pendahuluan elemen struktur .....        | 37        |
| 3.5.4.1. Balok .....                                   | 37        |
| 3.5.4.2. Pelat lantai.....                             | 37        |
| 3.5.4.3. Kolom.....                                    | 38        |
| 3.5.5. Pembebanan struktur .....                       | 42        |
| 3.5.6. Kombinasi pembebanan .....                      | 45        |
| 3.5.7. Penerapan konsep strong column-weak beam .....  | 47        |
| 3.5.8. Penentuan sendi plastis .....                   | 47        |
| 3.5.8.1 Mendefinisikan sendi plastis pada balok.....   | 47        |
| 3.5.8.2. Mendefinisikan sendi plastis pada kolom ..... | 47        |
| 3.5.8.3. <i>Running</i> program.....                   | 47        |
| 3.5.9. Analisis <i>pushover</i> .....                  | 48        |
| 3.5.10 Pembebanan <i>pushover</i> .....                | 48        |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.5.11. Analisa <i>output pushover</i> .....                    | 48        |
| 3.5.12. Faktor Modifikasi Respon (R) .....                      | 48        |
| 3.6. Bagan Alir Penelitian.....                                 | 49        |
| 3.7. Perhitungan Sederhana .....                                | 51        |
| 3.7.1. Pemodelan Struktur .....                                 | 51        |
| 3.7.2 Analisa Perilaku Struktur.....                            | 53        |
| 3.7.2.1. Periode Fundamental.....                               | 53        |
| 3.7.2.2. Gaya geser gempa .....                                 | 55        |
| 3.7.2.3. Faktor skala gaya gempa.....                           | 56        |
| 3.7.2.4. Simpangan Antar Lantai.....                            | 57        |
| 3.7.2.5. Pengecekan <i>P-Delta</i> .....                        | 60        |
| 3.7.3. Analisa <i>Pushover</i> .....                            | 65        |
| 3.7.3.1. Sendi Plastis .....                                    | 69        |
| 3.7.3.2. Kurva Kapasitas .....                                  | 72        |
| 3.7.3.3. Spektrum kapasitas .....                               | 76        |
| 3.7.4 Faktor Modifikasi Respons (R).....                        | 77        |
| <b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN</b> .....                      | <b>78</b> |
| 4.1. Pemodelan Struktur .....                                   | 78        |
| 4.1.1. Model struktur 8 lantai.....                             | 78        |
| 4.2. Analisa Perilaku Struktur.....                             | 78        |
| 4.2.1. Periode fundamental .....                                | 78        |
| 4.2.2. Gaya geser gempa.....                                    | 87        |
| 4.2.3. Faktor skala gaya gempa.....                             | 89        |
| 4.2.4. Simpangan Antar Lantai .....                             | 91        |
| 4.2.5. Pengecekan <i>p-delta</i> .....                          | 97        |
| 4.3. Desain Penulangan Elemen Struktur .....                    | 103       |
| 4.3.1. Desain Penulangan Balok .....                            | 103       |
| 4.3.2. Desain Penulangan Kolom.....                             | 114       |
| 4.4. Analisa <i>Pushover Nonlinier Static</i> .....             | 151       |
| 4.4.1. Penambahan tulangan terpasang pada elemen struktur ..... | 151       |
| 4.4.1.1. Tulangan elemen balok .....                            | 151       |

|   |     |
|---|-----|
| 4.4.1.2. Tulangan elemen kolom.....                       | 152 |
| 4.4.2. Membuat <i>nonlinier case</i> .....                | 153 |
| 4.4.2.1. Menentukan titik yang ditinjau .....             | 153 |
| 4.4.2.2. Penentuan <i>gravity nonlinier case</i> .....    | 154 |
| 4.4.2.3. Penentuan <i>nonlinier pushover case</i> .....   | 154 |
| 4.4.3. Memodelkan sendi plastis.....                      | 156 |
| 4.4.3.1. Pendefinisian sendi plastis pada balok.....      | 156 |
| 4.4.3.2. Pendefinisian sendi plastis pada kolom.....      | 157 |
| 4.4.4. <i>Running</i> program .....                       | 158 |
| 4.4.5. Menampilkan kurva kapasitas .....                  | 158 |
| 4.5. Metode spektrum kapasitas ATC-40 .....               | 162 |
| 4.6. Faktor Modifikasi Respon .....                       | 164 |
| 4.7. Perbandingan hasil dengan penelitian terdahulu ..... | 166 |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....                   | 173 |
| 5.1. Kesimpulan.....                                      | 173 |
| 5.2. Saran .....  | 175 |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....                               | 176 |
| <b>LAMPIRAN</b> .....                                     | 180 |



## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1. Posisi Penelitian.....  | 24 |
| Tabel 2.2. Hasil Penelitan Terdahulu.....                                | 26 |
| Tabel 3.1. Data Struktur Bangunan.....                                   | 35 |
| Tabel 3.2. Perhitungan Nilai $\alpha$ Pada Pelat Lantai.....             | 38 |
| Tabel 3.3. Perhitungan Tebal Pelat Lantai .....                          | 38 |
| Tabel 3.4. Perencanaan Beban Satu Lantai Pada Kolom.....                 | 38 |
| Tabel 3.5. Perencanaan Dimensi Kolom.....                                | 40 |
| Tabel 3.6. Dimensi Penampang Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMK.....    | 40 |
| Tabel 3.7. Dimensi Penampang Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMK .....  | 41 |
| Tabel 3.8. Dimensi Penampang Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMB.....    | 41 |
| Tabel 3.9. Dimensi Penampang Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMB.....    | 42 |
| Tabel 3.10. Dimensi Penampang Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMB.....  | 42 |
| Tabel 3.11. Beban Mati Tambahan Setiap Lantai .....                      | 43 |
| Tabel 3.12. Parameter Respon Spektra.....                                | 43 |
| Tabel 3.13. Kombinasi Pembebanan Untuk Tanah Sedang .....                | 46 |
| Tabel 3.14. Kombinasi Pembebanan Untuk Tanah Lunak .....                 | 46 |
| Tabel 3.15. Data Struktur Bangunan .....                                 | 52 |
| Tabel 3.16. Dimensi Penampang Struktur 4 Lantai Tanah Lunak SRPMK.....   | 52 |
| Tabel 3.17. Dimensi Penampang Struktur 4 Lantai Tanah Sedang SRPMK ..... | 52 |
| Tabel 3.18. Dimensi Penampang Struktur 4 Lantai Tanah Lunak SRPMB.....   | 52 |
| Tabel 3.19. Dimensi Penampang Struktur 4 Lantai Tanah Sedang SRPMB.....  | 53 |
| Tabel 3.20. Rekapitulasi <i>Modal Participating Mass Ratio</i> .....     | 54 |
| Tabel 3.21 Rekapitulasi <i>Modal Participating Mass Ratio</i> .....      | 54 |
| Tabel 3.22. Gaya Geser Dasar Statik.....                                 | 55 |
| Tabel 3.23. Gaya Geser Dasar Statik.....                                 | 55 |
| Tabel 3.24. Faktor Skala Gempa Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus .....  | 56 |
| Tabel 3.25. Faktor Skala Gempa Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa .....   | 56 |
| Tabel 3.26. Faktor Skala Gempa Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.....   | 56 |
| Tabel 3.27. Faktor Skala Gempa Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa .....   | 57 |

|  |    |
|--|----|
| Tabel 3.28. Simpangan Antar Lantai Struktur 4 Lantai Tanah Lunak SRPMK.....                | 57 |
| Tabel 3.29. Simpangan Antar Lantai Struktur 4 Lantai Tanah Sedang SRPMK.....               | 58 |
| Tabel 3.30. Simpangan Antar Lantai Struktur 4 Lantai Tanah Lunak SRPMB.....                | 58 |
| Tabel 3.31. Simpangan Antar Lantai Struktur 4 Lantai Tanah Sedang SRPMB.....               | 58 |
| Tabel 3.32. Simpangan Antar Lantai Struktur 4 Lantai Tanah Lunak SRPMK.....                | 58 |
| Tabel 3.33. Simpangan Antar Lantai Struktur 4 lantai Tanah Sedang SRPMK.....               | 59 |
| Tabel 3.34. Simpangan Antar Lantai Struktur 4 Lantai Tanah Lunak SRPMB.....                | 59 |
| Tabel 3.35. Simpangan Antar Lantai Struktur 4 Lantai Tanah Sedang SRPM.....                | 59 |
| Tabel 3.36. <i>P-Delta</i> Struktur 4 Lantai Tanah Lunak SRPMK.....                        | 61 |
| Tabel 3.37. <i>P-Delta</i> Struktur 4 Lantai Tanah Sedang SRPMK.....                       | 61 |
| Tabel 3.38. <i>P-Delta</i> Struktur 4 Lantai Tanah Lunak SRPMB.....                        | 62 |
| Tabel 3.39. <i>P-Delta</i> Struktur 4 Lantai Tanah Sedang SRPMB.....                       | 62 |
| Tabel 3.40. <i>P-Delta</i> Struktur 4 Lantai Tanah Lunak SRPMK.....                        | 63 |
| Tabel 3.41. <i>P-Delta</i> Struktur 4 Lantai Tanah Sedang SRPMK.....                       | 63 |
| Tabel 3.42. <i>P-Delta</i> Struktur 4 Lantai Tanah Lunak SRPMB.....                        | 64 |
| Tabel 3.43. <i>P-Delta</i> Struktur 4 Lantai Tanah Sedang SRPMB.....                       | 64 |
| Tabel 3.44. Level Kinerja Struktur berdasarkan Metode ATC 40.....                          | 76 |
| Tabel 3.45. Level Kinerja Struktur berdasarkan Metode ATC 4.....                           | 76 |
| Tabel 3.46. Perbandingan Nilai R sesuai Ketentuan dengan R riil.....                       | 77 |
| Tabel 4.1. <i>Modal participating Mass Ratio</i> Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMK.....  | 79 |
| Tabel 4.2. <i>Modal Participating Mass Ratio</i> Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMK..... | 81 |
| Tabel 4.3. <i>Modal Participating Mass Ratio</i> Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMB.....  | 83 |
| Tabel 4.4. <i>Modal Participating Mass Ratio</i> Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMB..... | 85 |
| Tabel 4.5. Rekapitulasi <i>Modal Participating Mass Ratio</i> .....                        | 86 |
| Tabel 4.6 Koefisien Respon <i>Seismic</i> .....  | 87 |
| Tabel 4.7. <i>Center of Mass and Rigidity</i> Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMK.....     | 87 |
| Tabel 4.8. <i>Center of Mass and Rigidity</i> Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMK.....    | 88 |
| Tabel 4.9. <i>Center of Mass and Rigidity</i> Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMB.....     | 88 |
| Tabel 4.10. <i>Center of Mass and Rigidity</i> Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMB.....   | 88 |
| Tabel 4.11. Gaya Geser Dasar Statik.....   | 89 |
| Tabel 4.12. <i>Base Reaction</i> Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMK.....                  | 89 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabel 4.13. <i>Base Reaction</i> Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMK .....            | 89  |
| Tabel 4.14. <i>Base Reaction</i> Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMB .....             | 90  |
| Tabel 4.15. <i>Base Reaction</i> Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMB.....             | 90  |
| Tabel 4.16. Faktor Skala Gempa Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus .....                | 90  |
| Tabel 4.17. Faktor Skala Gempa Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa .....                 | 90  |
| Tabel 4.18. Simpangan Antar Lantai Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMK.....            | 91  |
| Tabel 4.19. Simpangan Antar Lantai Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMK .....          | 93  |
| Tabel 4.20. Simpangan Antar Lantai Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMB.....            | 94  |
| Tabel 4.21. Simpangan Antar Lantai Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMB .....          | 96  |
| Tabel 4.22. <i>P-Delta</i> Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMK .....                   | 97  |
| Tabel 4.23. <i>P-Delta</i> Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMK.....                   | 99  |
| Tabel 4.24. <i>P-Delta</i> Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMB .....                   | 100 |
| Tabel 4.25. <i>P-Delta</i> Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMB.....                   | 102 |
| Tabel 4.26. Hasil Tulangan Desain Balok B2 275X550 dari Luasan Etabs.....              | 106 |
| Tabel 4.27. Hasil Momen Desain Balok B2 275X550 akibat Kombinasi Pembebanan .....      | 106 |
| Tabel 4.28. Hasil Momen Desain Balok Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMK .....         | 110 |
| Tabel 4.29. Kesimpulan Hasil Pengecekan Persyaratan dan Kebutuhan tulangan Balok ....  | 110 |
| Tabel 4.30. Hasil Momen Desain Balok Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMK.....         | 111 |
| Tabel 4.31. Kesimpulan Hasil Pengecekan Persyaratan dan Kebutuhan Tulangan Balok ...   | 111 |
| Tabel 4.32. Hasil Momen Desain Balok Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMB.....          | 112 |
| Tabel.4.33. Kesimpulan Hasil Pengecekan Persyaratan dan Kebutuhan Tulangan Balok....   | 112 |
| Tabel 4.34. Hasil Momen Desain Balok Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMB .....        | 113 |
| Tabel 4.35. Kesimpulan Hasil Pengecekan Persyaratan dan Kebutuhan Tulangan Balok...113 | 113 |
| Tabel.4.36. Gaya Dalam Kolom K550.....   | 118 |
| Tabel 4.37. <i>Output</i> Diagram Momen interaksi Kolom K550.....                      | 118 |
| Tabel 4.38. Output Diagram Momen Interaksi Kolom K550 Momen Beban Terfaktor.....       | 121 |
| Tabel 4.39. Gaya Dalam Kolom Maksimum Setiap Lantai Struktur 8 Lantai Tanah Lunak      | 122 |
| Tabel 4.40. Kesimpulan Hasil Pengecekan dan Kebutuhan Tulangan Struktur 8 Lantai ....  | 123 |
| Tabel 4.41. Gaya Dalam Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMK .....                      | 129 |
| Tabel 4.42. Kesimpulan Hasil Pengecekan dan Kebutuhan tulangan struktur 8 lantai.....  | 130 |
| Tabel 4.43. Gaya Dalam Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMB .....                       | 137 |



|   |     |
|---|-----|
| Tabel 4.44. Kesimpulan Hasil Pengecekan dan Kebutuhan Tulangan struktur 8 lantai .....                                    | 137 |
| Tabel 4.45. Gaya Dalam Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMB.....  | 144 |
| Tabel 4.46. Kesimpulan Hasil Pengecekan dan Kebutuhan tulangan struktur 8 lantai.....                                     | 144 |
| Tabel 4.47. Hasil Gaya Geser dan Perpindahan Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMK ...                                      | 159 |
| Tabel 4.48. Hasil Gaya Geser dan Perpindahan Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMK .                                       | 160 |
| Tabel 4.49. Hasil Gaya Geser dan Perpindahan Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMB ...                                      | 161 |
| Tabel 4.50. Hasil Gaya Geser dan Perpindahan Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMB..                                       | 162 |
| Tabel 4.51. Level Kinerja Struktur berdasarkan Metode ATC 40 .....  | 164 |
| Tabel 4.52. Parameter Perhitungan Nilai R <i>riil</i> .....   | 165 |
| Tabel 4.53. Hasil Nilai R <i>Riil</i> Sesuai dengan Konfigurasi Bangunan.....   | 165 |
| Tabel 4.54. Perbandingan Nilai R Sesuai Ketentuan dengan R <i>Riil</i> .....  | 165 |
| Tabel 4.55. Dimensi Penampang Struktur 8 Lantai.....  | 166 |
| Tabel 4.56. Dimensi Penampang Penelitian Terdahulu .....  | 167 |
| Tabel 4.57. Kebutuhan Tulangan Struktur 8 Lantai Tanah Lunak dan Sedang pada Penelitian ini .....                         | 168 |
| Tabel 4.58. Kebutuhan Tulangan Struktur 8 Lantai Tanah Lunak dan Sedang pada Penelitian sebelumnya (Damayanti, 2022)..... | 169 |
| Tabel 4.59. Nilai Modifikasi Respon (R) Hasil Penelitian.....   | 171 |
| Tabel 4.60. Nilai Modifikasi Respon (R) Hasil Penelitian Damayanti (2022).....  | 171 |
| Tabel 4.61. Hasil Analisa dari Parameter Nilai R .....  | 172 |

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 1.1. Ilustrasi Pergerakan Lempeng Tektonik di Indonesia .....                  | 1  |
| Gambar 1.2. Letak Indonesia yang Berada di Wilayah <i>Ring of Fire</i> .....          | 2  |
| Gambar 2.1. Tingkat Keruntuhan Bangunan.....  | 9  |
| Gambar 2.2. Posisi Sumbu Lokal Balok Struktur .....                                   | 19 |
| Gambar 2.3. Posisi Sumbu Lokal Kolom Struktur.....                                    | 19 |
| Gambar 2.4. Modifikasi Kurva Kapasitas Menjadi Spektrum Kapasitas.....                | 20 |
| Gambar 2.5. Kerangka Berfikir .....   | 22 |
| Gambar 3.1. Layout Perencanaan Struktur Bangunan .....                                | 33 |
| Gambar 3.2. Tampak Samping Struktur Bangunan 8 Lantai Potongan D .....                | 34 |
| Gambar 3.3. Tampak Samping Struktur Bangunan 8 Lantai Potongan C .....                | 34 |
| Gambar 3.4. Hasil Input Gempa Kondisi Tanah Lunak .....                               | 44 |
| Gambar 3.5. Grafik Respon Spektra Tanah Sedang Daerah DKI Jakarta.....                | 45 |
| Gambar 3.6. Grafik Respon Spektra Tanah Lunak Daerah DKI Jakarta.....                 | 45 |
| Gambar 3.7. Bagan Alir Penelitian.....  | 49 |
| Gambar 3.8. Layout Perencanaan Struktur Bangunan .....                                | 51 |
| Gambar 3.9. Tampak Samping Struktur Bangunan 4 lantai.....                            | 51 |
| Gambar 3.10. Model Struktur 4 Lantai .....  | 53 |
| Gambar 3.11. Hasil <i>Pushover Analysis</i> Struktur 4 Lantai Tanah Lunak SRPMK.....  | 65 |
| Gambar 3.12. Hasil <i>Pushover Analysis</i> Struktur 4 Lantai Tanah Sedang SRPMK..... | 65 |
| Gambar 3.13. Hasil <i>Pushover Analysis</i> Struktur 4 Lantai Tanah Lunak SRPMB ..... | 66 |
| Gambar 3.14. Hasil <i>Pushover Analysis</i> Struktur 4 Lantai Tanah Sedang SRPMB..... | 66 |
| Gambar 3.15. Hasil <i>Pushover Analysis</i> Struktur 4 Lantai Tanah Lunak SRPMK.....  | 67 |
| Gambar 3.16. Hasil <i>Pushover Analysis</i> Struktur 4 Lantai Tanah Sedang SRPMK..... | 67 |
| Gambar 3.17. Hasil <i>Pushover Analysis</i> Struktur 4 Lantai Tanah Lunak SRPMB ..... | 68 |
| Gambar 3.18. Hasil <i>Pushover Analysis</i> Struktur 4 Lantai Tanah Sedang SRPMB..... | 68 |
| Gambar 3.19. Input Sendi Plastis pada Balok .....                                     | 69 |
| Gambar 3.20. Input Sendi Plastis pada Balok .....                                     | 69 |
| Gambar 3.21. Input Sendi Plastis pada Kolom.....                                      | 70 |
| Gambar 3.22. Input Sendi Plastis pada Kolom.....                                      | 70 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 3.23. Memilih <i>Load Case</i> to Run .....                                  | 71 |
| Gambar 3.24. Memilih <i>Load Case</i> to Run .....                                  | 71 |
| Gambar 3.25. Kurva Kapasitas Struktur 4 Lantai Tanah Lunak SRPMK.....               | 72 |
| Gambar 3.26. Kurva Kapasitas Struktur 4 Lantai Tanah Lunak SRPMK.....               | 72 |
| Gambar 3.27. Kurva Kapasitas Struktur 4 Lantai Tanah Sedang SRPMK .....             | 73 |
| Gambar 3.28. Kurva Kapasitas Struktur 4 Lantai Tanah Sedang SRPMK .....             | 73 |
| Gambar 3.29. Kurva Kapasitas Struktur 4 Lantai Tanah Lunak SRPMB.....               | 74 |
| Gambar 3.30. Kurva Kapasitas Struktur 4 Lantai Tanah Lunak SRPMB.....               | 74 |
| Gambar 3.31. Kurva Kapasitas Struktur 4 Lantai Tanah Sedang SRPMB .....             | 75 |
| Gambar 3.32. Kurva Kapasitas Struktur 4 Lantai Tanah Sedang SRPMB .....             | 75 |
| Gambar 4.1. Model Struktur 8 Lantai .....   | 78 |
| Gambar 4.2. Hasil Ragam 1 Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMK .....                 | 79 |
| Gambar 4.3. Hasil Ragam 2 Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMK .....                 | 80 |
| Gambar 4.4. Hasil Ragam 3 Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMK .....                 | 80 |
| Gambar 4.5. Hasil Ragam 1 Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMK.....                 | 81 |
| Gambar 4.6. Hasil Ragam 2 Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMK.....                 | 82 |
| Gambar 4.7. Hasil Ragam 3 Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMK.....                 | 82 |
| Gambar 4.8. Hasil Ragam 1 Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMB.....                  | 83 |
| Gambar 4.9. Hasil Ragam 2 Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMB.....                  | 84 |
| Gambar 4.10. Hasil Ragam 3 Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMB.....                 | 84 |
| Gambar 4.11. Hasil Ragam 1 Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMB.....                | 85 |
| Gambar 4.12. Hasil Ragam 2 Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMB.....                | 86 |
| Gambar 4.13. Hasil Ragam 3 Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMB.....                | 86 |
| Gambar 4.14. Grafik Simpangan Antar Lantai Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMK .92  |    |
| Gambar 4.15. Grafik Simpangan Antar Lantai Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMK .92  |    |
| Gambar 4.16. Grafik Simpangan Antar Lantai Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMK .93 |    |
| Gambar 4.17. Grafik Simpangan Antar Lantai Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMK .94 |    |
| Gambar 4.18. Grafik Simpangan Antar Lantai Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMB .95  |    |
| Gambar 4.19. Grafik Simpangan Antar Lantai Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMB .95  |    |
| Gambar 4.20. Grafik Simpangan Antar Lantai Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMB .96 |    |
| Gambar 4.21. Grafik Simpangan Antar Lantai Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMB .97 |    |

|  |     |
|--|-----|
| Gambar 4.22. Grafik Pengaruh <i>P-Delta</i> Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMK .....  | 98  |
| Gambar 4.23. Grafik Pengaruh <i>P-Delta</i> Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMK .....  | 98  |
| Gambar 4.24. Grafik Pengaruh <i>P-Delta</i> Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMK ..... | 99  |
| Gambar 4.25. Grafik Pengaruh <i>P-Delta</i> Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMK ..... | 100 |
| Gambar 4.26. Grafik Pengaruh <i>P-Delta</i> Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMB .....  | 101 |
| Gambar 4.27. Grafik Pengaruh <i>P-Delta</i> Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMB .....  | 101 |
| Gambar 4.28. Grafik Pengaruh <i>P-Delta</i> Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMB ..... | 102 |
| Gambar 4.29. Grafik Pengaruh <i>P-Delta</i> Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMB ..... | 103 |
| Gambar 4.30. Lokasi Frame Balok B2 275X550 .....                                       | 103 |
| Gambar 4.31. Diagram Momen dan Geser pada Balok B2 275X550 .....                       | 104 |
| Gambar 4.32. Diagram Luasan Tumpuan dan Lapangan pada Balok B2 275X550 .....           | 105 |
| Gambar 4.33. Sketsa Tulangan pada Balok B2 275X550 .....                               | 106 |
| Gambar 4.34. Lokasi Frame Kolom K550 .....   | 115 |
| Gambar 4.35. Peng-input-an Gaya Dalam dan Ukuran Penampang Kolom .....                 | 117 |
| Gambar 4.36. Peng-input-an Jumlah dan Ukuran Tulangan Desain Awal .....                | 117 |
| Gambar 4.37. Hasil Diagram Interaksi Kolom K550 .....                                  | 118 |
| Gambar 4.38. Hasil Diagram Interaksi Kolom K650 dengan Momen Beban Terfaktor..         | 121 |
| Gambar 4.39. Input Tulangan pada Elemen Balok .....                                    | 152 |
| Gambar 4.40. Input Tulangan pada Elemen Kolom .....                                    | 153 |
| Gambar 4.41. Menentukan Titik yang Ditinjau (Label 13) .....                           | 153 |
| Gambar 4.42. <i>Input Static Nonlinear Case Gravity</i> .....                          | 154 |
| Gambar 4.43. <i>Static Nonlinear PUSH X</i> .....                                      | 155 |
| Gambar 4.44. <i>Load Application Control of Static Nonlinear PUSH X</i> .....          | 155 |
| Gambar 4.45. <i>Static Nonlinear Cases</i> .....                                       | 156 |
| Gambar 4.46. Input Sendi Plastis pada Balok .....                                      | 157 |
| Gambar 4.47. Input Sendi Plastis pada Kolom .....                                      | 157 |
| Gambar 4.48. Memilih <i>Load Case to Run</i> .....                                     | 158 |
| Gambar 4.49. Kurva Kapasitas Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMK .....                 | 158 |
| Gambar 4.50. Hasil <i>Pushover Analysis</i> Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMK .....  | 159 |
| Gambar 4.51. Kurva Kapasitas Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMK .....                | 159 |
| Gambar 4.52. Hasil <i>Pushover Analysis</i> Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMK ..... | 160 |

Gambar 4.53. Kurva Kapasitas Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMB..... 160  
Gambar 4.54. Hasil *Pushover Analysis* Struktur 8 Lantai Tanah Lunak SRPMB ..... 161  
Gambar 4.55. Kurva Kapasitas Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMB ..... 161  
Gambar 4.56. Hasil *Pushover Analysis* Struktur 8 Lantai Tanah Sedang SRPMB..... 162



## DAFTAR LAMPIRAN

### A. KEBUTUHAN TULANGAN ELEMEN BALOK

|   |     |
|---|-----|
| A. 1. Struktur 8 lantai tanah lunak SRPMK.....  | 182 |
| A. 2. Struktur 8 lantai tanah sedang SRPMK..... | 198 |
| A. 3. Struktur 8 lantai tanah lunak SRPMB.....  | 215 |
| A. 4. Struktur 8 lantai tanah sedang SRPMB..... | 230 |

### B. KEBUTUHAN TULANGAN ELEMEN KOLOM

|   |     |
|---|-----|
| B. 1. Struktur 8 lantai tanah lunak SRPMK.....  | 246 |
| B. 2. Struktur 8 lantai tanah sedang SRPMK..... | 254 |
| B. 3. Struktur 8 lantai tanah lunak SRPMB.....  | 262 |
| B. 4. Struktur 8 lantai tanah sedang SRPMB..... | 270 |

### C. HASIL *SP COLUMN* TULANGAN KOLOM

|   |     |
|---|-----|
| C. 1. Struktur 8 lantai tanah lunak SRPMK.....  | 280 |
| C. 2. Struktur 8 lantai tanah sedang SRPMK..... | 283 |
| C. 3. Struktur 8 lantai tanah lunak SRPMB.....  | 286 |
| C. 4. Struktur 8 lantai tanah sedang SRPMB..... | 289 |

