

Universitas Katolik Santo Thomas

Repositori Unika Santo Thomas

<http://eprints.ust.ac.id>

---

Fakultas Teknik (FT)  
Program Studi Teknik Sipil

Undergraduate Papers

---

Simatupang, Agus

2024

# Analisa dan Desain Elemen Struktur Bangunan Bertingkat dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (Studi Literatur)

---

<http://eprints.ust.ac.id/id/eprint/87>

*Downloaded from Repositori Institusi UST, Universitas Katolik Santo Thomas*

**ANALISA DAN DESAIN ELEMEN STRUKTUR BANGUNAN  
BERTINGKAT DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN  
MENENGAH DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS**

(Studi Literatur)

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi syarat untuk  
memperoleh gelar sarjana Teknik Sipil  
(Struktur)

Disusun Oleh :

**AGUS SIMATUPANG**

**180310031**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS KATOLIK SANTO THOMAS  
SUMATERA UTARA**

**MEDAN**

**2024**

**ANALISA DAN DESAIN ELEMEN STRUKTUR BANGUNAN  
BERTINGKAT DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN  
MENENGAH DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS**

(Studi Literatur)

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi syarat untuk  
memperoleh gelar sarjana Teknik Sipil  
(Struktur)

Disusun Oleh :

**AGUS SIMATUPANG**

**180310031**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS KATOLIK SANTO THOMAS  
SUMATERA UTARA**

**MEDAN**

**2024**

**ANALISA DAN DESAIN ELEMEN STRUKTUR BANGUNAN  
BERTINGKAT DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN  
MENENGAH DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS**

(Studi Literatur)

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar  
sarjana Teknik Sipil  
(Struktur)

Disusun Oleh :

AGUS SIMATUPANG  
180310031

Seminar Prposal : 11 November 2023  
Seminar isi : 09 Agustus 2024  
Sidang Sarjana : 30 Agustus 2024

Disetujui Oleh :

  
(Ir. Simon Dertha Parigan, MT)  
Pembimbing

  
(Ir. Oloan Sitohang, MT)  
Dekan Fakultas Teknik

  
(Gamswardi Baturbara, ST, MT)  
Kaprodi Teknik Sipil



**ANALISA DAN DESAIN ELEMEN STRUKTUR BANGUNAN  
BERTINGKAT DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN  
MENENGAH DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS**

(Studi Literatur)

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar  
sarjana Teknik Sipil  
(Struktur)

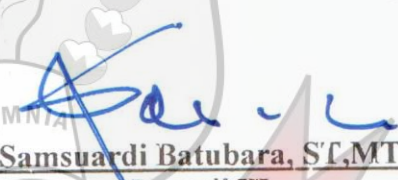
Disusun Oleh :

**AGUS SIMATUPANG**  
180310031

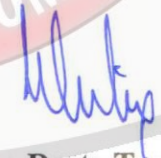
Seminar Proposal : 11 November 2023  
Seminar isi : 09 Agustus 2024  
Sidang Sarjana : 30 Agustus 2024

Disetujui Oleh :

  
**(Yohanes Sibagariang, ST,M.Sc)**  
Penguji IV

  
**(Samsuardi Batubara, ST,MT)**  
Penguji III

  
**(Ir. Martius Ginting. MT)**  
Penguji II

  
**(Ir. Simon Derta Tarigan. MT)**  
Penguji I

## LEMBAR PERNYATAAN

### ANALISA DAN DESAIN ELEMEN STRUKTUR BANGUNAN BERTINGKAT DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS

(Studi Literatur)

#### TUGAS AKHIR

Saya menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, 04 Oktober 2024

Penulis



**AGUS SIMATUPANG**

180310031

## MOTO DAN PERSEMBAHAN

MOTO :

"Not all of us can do great things.  
But we can do small things with great love."

-- Mother Teresa --

"Be faithful in small things  
because it is in them that your strength lies."

-- Mother Teresa --

"Live as if you were to die tomorrow. Learn as if  
you were to live forever."

-- Mahatma Gandhi --

"Strength does not come from physical capacity.  
It comes from an indomitable will."

-- Mahatma Gandhi --

"Takut akan TUHAN adalah permulaan pengetahuan, tetapi  
orang bodoh menghina hikmat dan didikan "

-- Amsal 1 : 7 --

PERSEMBAHAN :

Tugas Akhir ini dipersembahkan kepada keluarga besar penulis, yang selalu memberikan dukungan berupa materi maupun non materi. Kepada semua pihak yang selalu bertanya: "Kapan wisuda"?. Kalian adalah salah satu alasan penulis segera menyelesaikan Tugas Akhir ini.

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan kasih karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tugas akhir yang berjudul; **“Analisa dan Desain Elemen Struktur Bangunan Bertingkat Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus”** ini disusun sedemikian rupa untuk melengkapi persyaratan Ujian Sarjana Teknik Sipil di Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Sumatra Utara.

Selama penulisan tugas akhir ini, banyak pihak yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung, memberikan bimbingan, memberikan masukan, memberikan dukungan materi maupun non materi. Oleh karena itu penulis memberikan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Oloan Sitohang, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Sumatra Utara
2. Bapak Yulianto, ST, M. Eng selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Sumatra Utara
3. Bapak Samsuardi Batubara, ST, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Sumatra Utara.
4. Bapak Reynaldo Siahaan, ST, M. Eng selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Sumatra Utara
5. Bapak Ir. Simon Dertha Tarigan, MT selaku Koordinator Tugas Akhir dan selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk berdiskusi dan memberikan solusi terhadap masalah yang dihadapi penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini
6. Bapak Ir. Martius Ginting, MT selaku Dosen Pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu tenaga pikiran dan memberikan masukan pada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
7. Kepada seluruh Staf Pengajar dan Pegawai Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Sumatra Utara
8. Kepada orang tua tercinta (Ayah : H. Simatupang & Ibu : M. Butar-Butar) yang telah melahirkan dan membesarkan penulis.



9. Kepada saudara tercinta Roni Sarika Simatupang, Larno Simatupang, ST, Fitri Simatupang, dan Melani Simatupang yang telah memberikan dukungan langsung baik berupa materi maupun non materi
10. Kepada teman-teman mahasiswa angkatan 2018 Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Sumatra Utara yang memberi bantuan maupun dorongan pada saat penyusunan tugas akhir ini
11. Kepada Abang/Kakak dan Adik stambuk semua rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik Unika Santo Thomas Sumatra Utara yang memberikan dukungan maupun masukan selama penyusunan tugas akhir ini
12. Kepada semua pihak-pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu oleh penulis yang turut serta membantu dalam penulisan tugas akhir ini

Semoga Tuhan Yang Maha Esa selalu melimpahkan karunia-Nya kepada semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan dan bimbingan. Sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan oleh penulis.

Penulis yang miskin ilmu dan pengalaman ini menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini ada beberapa kekurangan. Oleh karena itu penulis meminta maaf kepada semua pihak yang kurang puas dalam membaca tugas akhir ini. Akhir kata penulis mengharapkan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi orang yang membacanya.

Medan, 04 Oktober 2024

Penulis



**AGUS SIMATUPANG**  
180310031

## ABSTRACT

Selection of a system for resisting seismic forces is one of the most important stages in building planning. The building analyzed is the Papua Bank which is located in Sentani. However, in this research, the building structure was modified in such a way that the structure falls into Seismic Design Category C so that it is permitted to use seismic force-bearing systems, Intermediate Moment Resisting Framing Systems and Special Moment Resisting Framing Systems. The location chosen was Makasar and the soil type was included in the SD site category (medium soil).

Earthquake load planning uses the Response Spectrum method in accordance with SNI 03-1726-2019.  $S_s$  and  $S_1$  parameters are taken from the Puskim 2021 website. The number of variations in the SRPMM and SRPMK analysis is taken in 40 modes and has fulfilled the requirements where the mass participation required in SNI 03-1726-2019 is more than 90%. Deviations between floors that occur below the clearance between levels of permission. The structure has Horizontal irregularities H1a H1b and H5. The structure has a V4 vertical irregularity. Diaphragm design force in SRPMM and SRPMK analysis increased by 25%

The design of structural elements refers to SNI 03-2847-2019 where the structural elements designed are beams and columns. The SRPMM Beam Element Design meets the requirements, obtained 5D19 top support, 3D19 bottom support, 3D19 top field, 5D19 bottom field, 2D13 middle reinforcement, 2D13-130 mm support stirrups, and 2D13-180 mm field stirrups. The SRPMK beam design obtained a configuration of 5D19 top support reinforcement, 3D19 bottom support, 3D19 top field, 4D19 bottom field, 2D10 middle reinforcement, 2D10-100 mm support stirrups, and 2D13-180 mm field stirrups.

The column element design was created with the help of the sp-Column program, with the output in the form of a column P-M interaction diagram. The capacity of the SRPMM and SRPMK columns has met the strength requirements where the ratio  $(M_u / \phi M_n) \leq 1$ . The configuration of the SRPMM column reinforcement is; 16D16 flexible reinforcement, 3D13-100 mm support stirrups, and 2D13-120 mm field stirrups. SRPMK column reinforcement configuration is; flexible reinforcement 16D16, support stirrups 3D13-90 mm, field stirrups 2D13-90 mm. For the SRPMK column design, the column capacity ratio is 0.58, which can still be optimized. However, in detail, it is found that the SRPMK and SRPMM columns are approaching the limit of  $\rho_{min} = 1\%$ . It was found that the reinforcement ratio for SRPMM and SRPMK columns was 1.060%

Keywords: Earthquake Load, SRPMM, SRPMK

## ABSTRAK

Pemilihan sitem pemikul gaya seismik merupakan salah satu tahap yang sangat penting dalam perencanaan Bangunan Gedung. Gedung yang dianalisis adalah bank Papua yang terletak di sentani. Namun dalam penelitian ini Struktur gedung dimodifikasi sedemikian rupa agar struktur masuk kedalam KDS C sehingga diperkenankan menggunakan sistem pemikul gaya seismik SRPMM dan SRPMK. Lokasi yang dipilih adalah Makasar dan jenis tanah masuk dalam keles situs SD (Tanah sedang).

Perencanaan beban gempa menggunakan metode Respons Spectrum sesuai dengan SNI 03-1726-2019. Parameter  $S_s$  dan  $S_1$  diambil dari wabsite Puskim 2021. Jumlah ragam pada Analisa SRPMM dan SRPMK diambil 40 mode dan telah memenuhi persyaratan dimana partisipasi masa yang disyaratkan dalam SNI 03-1726-2019 lebih dari 90%. Simpangan antar lantai yang terjadi dibawah sampangan antar tingkat izin. Struktur memiliki ketidakberaturan Horizontal H1a H1b dan H5. Struktur memiliki ketidakberaturan vertikal V4. Gaya desain diafragma pada analisa SRPMM dan SRPMK ditingkatkan sebesar 25%

Desain elemen struktur mengacu pada SNI 03-2847-2019 dimana elemen struktur yang di desain adalah balok dan kolom. Desain Elemen Balok SRPMM memenuhi persyaratan, didapat tumpuan atas 7D16, tumpuan bawah 4D16, lapangan atas 4D16, lapangan bawah 6D16, tulangan tengah 4D10, sengkang tumpuan 2D13-120 mm, dan sengkang lapangan 2D13-180 mm. Desain balok SRPMK didapat konfigurasi tulangan tumpuan atas 6D16, tumpuan bawah 4D16, lapangan atas 4D16, lapangan bawah 6D16, tulangan tengah 2D10, sengkang tumpuan 2D10-100 mm, dan sengkang lapangan 2D13-180 mm.

Desain elemen kolom dibuat dengan bantuan program *sp-Column*, dengan output berupa diagram intraksi P-M kolom. Kapasitas Kolom SRPMM dan SRPMK telah memenuhi syarat kekuatan dimana rasio  $(M_u / \phi M_n) \leq 1$ . Kofigurasi tulangan kolom SRPMM adalah; tulangan lentur 16D16, sengkang tumpuan 3D13-100 mm, dan sengkang lapangan 2D13-120 mm. Kofigurasi tulangan kolom SRPMK adalah; tulangan lentur 16D16, sengkang tumpuan 3D13-90 mm, sengkang lapangan 2D13-90 mm. Untuk desain kolom SRPMK rasio kapasitas kolom adalah 0,58 masih bisa di optimalkan. Namun dalam Pendetailan didapat pada kolom SRPMK maupun SRPMM telah mendekati batas  $\rho_{min} = 1\%$ . Didapat rasio tulangan kolom SRPMM dan SRPMK adalah 1,060%

Kata kunci : *Beban Gempa,SRPMM,SRPMK*

## DAFTAR ISI

|                                          |              |
|------------------------------------------|--------------|
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>               | <b>i</b>     |
| <b>ABSTRAK .....</b>                     | <b>iv</b>    |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                   | <b>v</b>     |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                | <b>x</b>     |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                | <b>xiv</b>   |
| <b>DAFTAR NOTASI.....</b>                | <b>xviii</b> |
| <br>                                     |              |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>            | <b>1</b>     |
| 1.1 Latar Belakang .....                 | 1            |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                 | 2            |
| 1.3 Maksud dan Tujuan.....               | 3            |
| 1.4 Batasan Masalah .....                | 3            |
| 1.5 Metodologi Pembahasan.....           | 4            |
| 1.6 Sistematika Penulisan .....          | 4            |
| <br>                                     |              |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>     | <b>5</b>     |
| 2.1 Umum .....                           | 5            |
| 2.2 Beton Bertulang .....                | 5            |
| 2.2.1 Kelebihan Beton Bertulang.....     | 6            |
| 2.2.2 Kelemahan Beton Bertulang.....     | 6            |
| 2.3 Elemen Struktur Beton Bertulang..... | 7            |
| 2.3.1 Kolom .....                        | 7            |
| 2.3.2 Balok.....                         | 9            |
| 2.3.3 Pelat.....                         | 9            |
| 2.4 Beban Mati.....                      | 11           |
| 2.5 Beban Hidup .....                    | 13           |
| 2.6 Perencanaan Ketahanan Gempa.....     | 18           |
| 2.6.1 Faktor Gempa Pada Struktur.....    | 18           |
| 2.6.2 Peta Wilayah Gempa.....            | 21           |
| 2.6.3 Klasifikasi Situs .....            | 23           |
| 2.6.4 Analisa Respons Spektrum .....     | 24           |

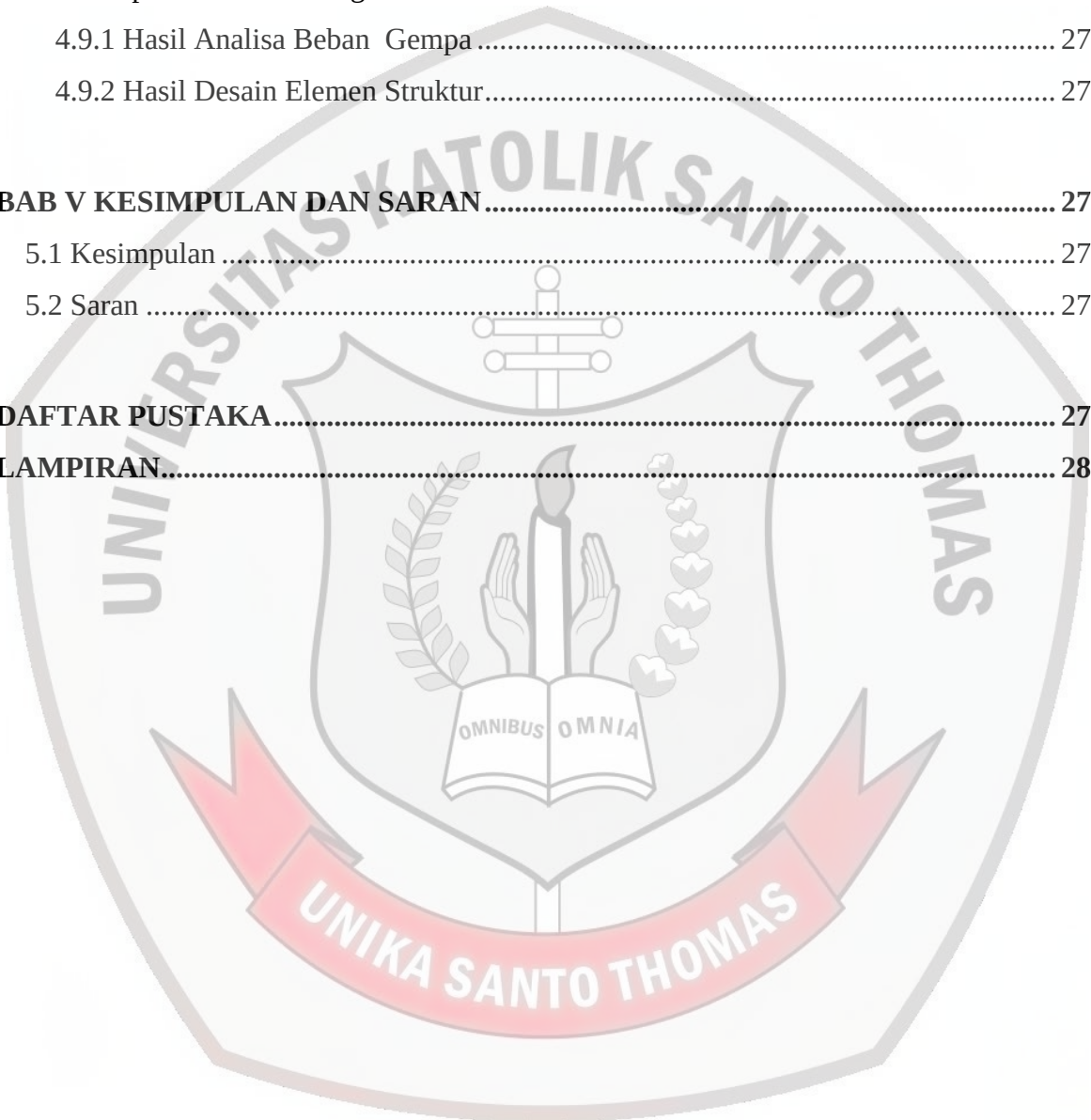


|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.6.5 Faktor keutamaan dan Kategori Resiko Struktur Bangunan.....         | 29 |
| 2.6.6 Kategori Desain Seismik (KDS).....                                  | 31 |
| 2.6.7 Pemilihan Sistem Struktur .....                                     | 33 |
| 2.6.8 Faktor Redundansi .....                                             | 39 |
| 2.7 Klasifikasi Struktur Beraturan dan Tidak Beraturan .....              | 39 |
| 2.7.1 Ketidakberaturan Horizontal.....                                    | 39 |
| 2.7.2 Ketidakberaturan Vertikal.....                                      | 41 |
| 2.8 Prosedur Analisa Statik Ekvivalen.....                                | 43 |
| 2.8.1 Gaya Dasar Seismik.....                                             | 43 |
| 2.8.2 Perhitungan Koefisien Respons Seismik .....                         | 43 |
| 2.8.3 Waktu Getar Alami .....                                             | 44 |
| 2.8.4 Distribusi Vertikal Gaya Seismik .....                              | 45 |
| 2.8.5 Distribusi Horizontal Gaya Seismik.....                             | 46 |
| 2.8.6 Torsi Bawaan .....                                                  | 46 |
| 2.8.7 Guling .....                                                        | 47 |
| 2.8.8 Simpangan Antar Lantai .....                                        | 47 |
| 2.8.9 P-delta .....                                                       | 50 |
| 2.9 Prosedur Analisa Dinamik (Spektrum Respons Ragam) .....               | 51 |
| 2.9.1 Jumlah Ragam.....                                                   | 51 |
| 2.9.2 Parameter Respons Ragam .....                                       | 51 |
| 2.9.3 Parameter Respons Terkombinasi.....                                 | 51 |
| 2.9.4 Skala Nilai Desain untuk Respons Terkombinasi.....                  | 52 |
| 2.9.5 Distribusi Geser Horizontal .....                                   | 52 |
| 2.9.6 Pengaruh P-delta .....                                              | 52 |
| 2.10 Kombinasi Pembebanan.....                                            | 53 |
| 2.11 Ketentuan Perencanaan Sesuai SNI 03-2847-2019 .....                  | 54 |
| 2.11.1 Ketentuan Perencanaan Struktur Rangka Pemikul Momen Biasa .....    | 55 |
| 2.11.2 Ketentuan Perencanaan Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah ..... | 56 |
| 2.11.3 Ketentuan Perencanaan Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus.....    | 61 |
| 2.11.4 Detailing SRPMM dan SRPMK .....                                    | 69 |
| 2.11.5 Perbandingan Desain Elemen Balok dan Kolom SRPMM dan SRPMK .....   | 73 |

|                                                                                                   |               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>                                                        | <b>83</b>     |
| 3.1 Tahap Penelitian.....                                                                         | 83            |
| 3.2 Modifikasi Struktur.....                                                                      | 84            |
| 3.3 Pengumpulan Data .....                                                                        | 84            |
| 3.4 Pemeriksaan Sistem Pemikul Gaya Seismik.....                                                  | 85            |
| 3.5 Skema Penelitian.....                                                                         | 88            |
| 3.5.1 Proses Perencanaan Struktur.....                                                            | 88            |
| 3.5.2 Penentuan Sistem Pemikul Gaya Seismik .....                                                 | 90            |
| 3.5.3 Penentuan Gaya Gempa.....                                                                   | 91            |
| <br><b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....</b>                                                     | <br><b>92</b> |
| 4.1 Pemodelan Struktur.....                                                                       | 92            |
| 4.2 Pembebanan Struktur .....                                                                     | 96            |
| 4.2.1 Beban Mati Struktur ( <i>Dead Load</i> ).....                                               | 96            |
| 4.2.2 Beban Mati Tambahan ( <i>Superimposed Dead Load</i> ).....                                  | 97            |
| 4.2.3 Beban Hidup ( <i>Live Load</i> ).....                                                       | 98            |
| 4.3 Perencanaan Beban Gempa Sistem Pemikul Gaya Seismik Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) ..... | 100           |
| 4.3.1 Perencanaan Beban Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2019.....                                   | 100           |
| 4.3.2 Menentukan Faktor Keutamaan Gempa .....                                                     | 103           |
| 4.3.3 Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS).....                                               | 103           |
| 4.3.4 Menentukan Faktor Sistem Pemikul Gaya Seismik.....                                          | 104           |
| 4.3.5 Periode Struktur .....                                                                      | 105           |
| 4.3.6 Bentuk dan Jumlah Ragam .....                                                               | 106           |
| 4.3.7 Gaya Geser Dasar Seismik.....                                                               | 110           |
| 4.3.8 Faktor Skala .....                                                                          | 112           |
| 4.3.9 Batasan Simpangan Antar Tingkat .....                                                       | 113           |
| 4.3.10 Pengaruh P-delta .....                                                                     | 116           |
| 4.3.11 Ketidakberaturan Vertikal dan Horizontal Struktur.....                                     | 120           |
| 4.3.12 Konsekuensi Ketidakberaturan Struktur .....                                                | 132           |
| 4.3.13 Perhitungan Gaya Desain Diafragma.....                                                     | 140           |
| 4.3.14 Kombinasi Pembebanan.....                                                                  | 145           |
| 4.4 Desain Elemen Balok Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus .....                                  | 149           |

|                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.4.1 Data Properti Material dan Penampang .....                                                   | 149 |
| 4.4.2 Output Gaya Dalam Hasil Analisa Struktur.....                                                | 150 |
| 4.4.3 Syarat Gaya dan Geometri Elemen Struktur Balok .....                                         | 150 |
| 4.4.4 Desain Tulangan Lentur Balok .....                                                           | 151 |
| 4.4.5 Desain Tulangan Geser Balok .....                                                            | 162 |
| 4.4.6 Deasain Tulangan Torsi Balok.....                                                            | 166 |
| 4.5 Desain Elemen Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus .....                                   | 173 |
| 4.5.1 Data Properti Material dan Penampang .....                                                   | 173 |
| 4.5.2 Output Gaya Dalam Hasil Analisa Struktur.....                                                | 174 |
| 4.5.3 Desain Tulangan Longitudinal Kolom.....                                                      | 174 |
| 4.5.4 Desain Tulangan Transversal Kolom.....                                                       | 177 |
| 4.6 Perencanaan Beban Gempa Sistem Pemikul Gaya Seismik Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)..... | 186 |
| 4.6.1 Perencanaan Beban Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2019 .....                                   | 186 |
| 4.6.2 Menentukan Faktor Keutamaan Gempa .....                                                      | 189 |
| 4.6.3 Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS).....                                                | 189 |
| 4.6.4 Menentukan Faktor Sistem Pemikul Gaya Seismik.....                                           | 190 |
| 4.6.5 Periode Struktur .....                                                                       | 191 |
| 4.6.6 Bentuk dan Jumlah Ragam .....                                                                | 192 |
| 4.6.7 Gaya Geser Dasar Seismik.....                                                                | 196 |
| 4.6.8 Faktor Skala .....                                                                           | 198 |
| 4.6.9 Batasan Simpangan Antar Tingkat .....                                                        | 199 |
| 4.6.10 Pengaruh P-delta .....                                                                      | 202 |
| 4.6.11 Ketidakberaturan Vertikal dan Horizontal Struktur.....                                      | 206 |
| 4.6.12 Konsekuensi Ketidakberaturan Struktur .....                                                 | 218 |
| 4.6.13 Perhitungan Gaya Desain Diafragma.....                                                      | 225 |
| 4.6.14 Kombinasi Pembebanan.....                                                                   | 231 |
| 4.7 Deain Elemen Balok Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah .....                                  | 235 |
| 4.7.1 Data Properti Material Penampang .....                                                       | 235 |
| 4.7.2 Output Gaya Dalam Hasil Analisa Struktur.....                                                | 236 |
| 4.7.3 Syarat Gaya dan Geometri Elemen Struktur Balok .....                                         | 236 |
| 4.7.4 Desain Tulangan Lentur Balok .....                                                           | 237 |
| 4.7.5 Desain Tulangan Geser Balok .....                                                            | 248 |

|                                                                             |            |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.7.6 Desain Tulangan Torsi Balok .....                                     | 251        |
| 4.8 Desain Elemen Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah .....          | 259        |
| 4.8.1 Data Properti Material dan Penampang .....                            | 259        |
| 4.8.2 Output Gaya Dalam Hasil Analisa Struktur.....                         | 260        |
| 4.8.3 Desain Tulangan Longitudinal Kolom.....                               | 260        |
| 4.8.4 Desain Tulangan Transversal Kolom.....                                | 263        |
| 4.9 Rekapitulasi Perbandingan Hasil Analisa dan Desain Elemen Struktur..... | 272        |
| 4.9.1 Hasil Analisa Beban Gempa .....                                       | 272        |
| 4.9.2 Hasil Desain Elemen Struktur.....                                     | 275        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>                                      | <b>278</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....                                                        | 278        |
| 5.2 Saran .....                                                             | 278        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                                                  | <b>279</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                                                        | <b>280</b> |





## DAFTAR GAMBAR

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2. 1 Gambar Struktur Beton Bertulang .....                     | 6  |
| Gambar 2. 2 Jenis Jenis Kolom Beton Bertulang .....                   | 8  |
| Gambar 2. 3 Jenis Jenis Balok Beton Bertulang.....                    | 9  |
| Gambar 2. 4 Pelat Struktur Beton Bertulang .....                      | 10 |
| Gambar 2. 5 Mekanisme Ideal Keruntuhan Struktur .....                 | 20 |
| Gambar 2. 6 Peta Respons Spektra Percepatan 0,2 detik ( $S_s$ ) ..... | 21 |
| Gambar 2. 7 Peta Respons Spektra Percepatan 1 detik ( $S_1$ ) .....   | 22 |
| Gambar 2. 8 Desain Spektra Indonesia.....                             | 22 |
| Gambar 2. 9 Spektrum Respons Desain .....                             | 28 |
| Gambar 2. 10 Grafik Respons Spektra Lokasi di Makasar .....           | 28 |
| Gambar 2. 11 Ketidakberaturan Horizontal Struktur.....                | 41 |
| Gambar 2. 12 Ketidakberaturan Vertikal Struktur .....                 | 43 |
| Gambar 2. 13 Penentuan Simpangan Antar Lantai.....                    | 48 |
| Gambar 2. 14 Gaya geser desain balok SRPMM .....                      | 58 |
| Gambar 2. 15 Ilustrasi sengkang pada ujung balok SRPMM.....           | 59 |
| Gambar 2. 16 Gaya geser desain kolom SRPMM .....                      | 60 |
| Gambar 2. 17 Ilustrasi Sengkang Pada Ujung Kolom SRPMM.....           | 61 |
| Gambar 2. 18 Gaya geser desain balok SRPMK .....                      | 64 |
| Gambar 2. 19 Ilustrasi sengkang pada ujung kolom SRPMK .....          | 66 |
| Gambar 2. 20 Geser desain kolom SRPMK .....                           | 67 |
| Gambar 2. 21 Detailing Balok SRPMK.....                               | 69 |
| Gambar 2. 22 Detailing Kolom SRPMM .....                              | 70 |
| Gambar 2. 23 Detailing Balok SRPMK.....                               | 71 |
| Gambar 2. 24 Detailing Kolom SRPMK .....                              | 72 |
| Gambar 3. 1 Proses Perencanaan Struktur .....                         | 89 |
| Gambar 3. 2 Penentuan Sistem Pemikul Gaya Seismik .....               | 90 |
| Gambar 3. 3 Proses Pemilihan Analisis Gaya Gempa .....                | 91 |
| Gambar 4. 1 Denah Basemen ( Elevasi -0,31 m ).....                    | 92 |
| Gambar 4. 2 Denah Story 1 ( Elevasi 0,00 m ).....                     | 93 |
| Gambar 4. 3 Denah Story Deck ( Elevasi 3,50 m ).....                  | 93 |
| Gambar 4. 4 Denah Story 2 ( Elevasi 4,00 m ).....                     | 94 |

|                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4. 5 Denah Story 3( Elevasi 8,00 m ) .....                                                    | 94  |
| Gambar 4. 6 Denah Story 4 ( Elevasi 12,00 m ) .....                                                  | 95  |
| Gambar 4. 7 Denah Story 5 ( Elevasi 15,00 m ) .....                                                  | 95  |
| Gambar 4. 8 Tampak Tiga Dimensi Struktur Gedung.....                                                 | 96  |
| Gambar 4. 9 Faktor Pengali Berat pada program ETABS .....                                            | 96  |
| Gambar 4. 10 Input Uniform Load Set Pada <i>ETABS</i> .....                                          | 99  |
| Gambar 4. 11 Peta Respons Spektra Percepatan 0,2 Detik Daerah Makasar .....                          | 100 |
| Gambar 4. 12 Peta Respons Spektra Percepatan 1 Detik Daerah Makasar .....                            | 101 |
| Gambar 4. 13 Desain Respons Spektrum Makasar.....                                                    | 103 |
| Gambar 4. 14 Modal Combination Method.....                                                           | 108 |
| Gambar 4. 15 Input Berat Seismik Efektif Pada Program ETABS .....                                    | 111 |
| Gambar 4. 16 Batasan Simpangan Antar Tingkat Izin .....                                              | 115 |
| Gambar 4. 17 Batas Koefisien Stabilitas Struktur .....                                               | 119 |
| Gambar 4. 18 Respons Ketidakberaturan Torsi dan Torsi berlebih.....                                  | 122 |
| Gambar 4. 19 Ketidakberaturan Sudut Dalam .....                                                      | 123 |
| Gambar 4. 20 Layout Denah Struktur.....                                                              | 124 |
| Gambar 4. 21 Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma .....                                         | 124 |
| Gambar 4. 22 Bukaannya Pada Salah Satu Tingkat .....                                                 | 125 |
| Gambar 4. 23 Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang .....                                            | 126 |
| Gambar 4. 24 Kolom Struktur Tidak Paralel Terhadap Sumbu Ortogonal .....                             | 126 |
| Gambar 4. 25 Pergeseran Arah Bidang Pemikul Gaya Lateral .....                                       | 130 |
| Gambar 4. 26 Ecc. Ratio (All Diaph.) Diambil Sebesar 5% Akibat Adanya Ketidakberaturan Struktur..... | 133 |
| Gambar 4. 27 Diafragma Semi Kaku.....                                                                | 134 |
| Gambar 4. 28 Input Momen Inersia Penampang Retak.....                                                | 136 |
| Gambar 4. 29 Pemodelan 3 Dimensi .....                                                               | 136 |
| Gambar 4. 30 Prosedur Kombinasi Ortogonal.....                                                       | 138 |
| Gambar 4. 31 Input Kombinasi Pembebanan Pada ETABS .....                                             | 148 |
| Gambar 4. 32 Elemen Struktur Balok yang ditinjau.....                                                | 149 |
| Gambar 4. 33 Tulangan Lentur Balok SRPMK.....                                                        | 162 |
| Gambar 4. 34 Tulangan Tengah Pada Balok SRPMK.....                                                   | 171 |
| Gambar 4. 35 Hasil Desain Tulangan Balok SRPMK .....                                                 | 172 |
| Gambar 4. 36 Elemen struktur yang ditinjau .....                                                     | 173 |

|                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4. 37 Diagram Intraksi P-M Kolom Dalam Bentuk 3D .....                                        | 175 |
| Gambar 4. 38 Diagram Intraksi Kolom Dalam Bentuk 3D .....                                            | 180 |
| Gambar 4. 39 Hasil Desain Tulangan Kolom SRPMK .....                                                 | 185 |
| Gambar 4. 40 Peta Respons Spektra Percepatan 0,2 Detik Daerah Makasar .....                          | 186 |
| Gambar 4. 41 Peta Respons Spektra Percepatan 1 Detik Daerah Makasar .....                            | 187 |
| Gambar 4. 42 Desain Respons Spektrum Makasar.....                                                    | 189 |
| Gambar 4. 43 Modal Combination Method.....                                                           | 194 |
| Gambar 4. 44 Input Berat Seismik Efektif Pada Program ETABS .....                                    | 197 |
| Gambar 4. 45 Batasan Simpangan Antar Tingkat Izin .....                                              | 201 |
| Gambar 4. 46 Batas Koefisien Stabilitas Struktur.....                                                | 205 |
| Gambar 4. 47 Ketidakberaturan Sudut Dalam.....                                                       | 209 |
| Gambar 4. 48 Layout Denah Struktur.....                                                              | 210 |
| Gambar 4. 49 Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma .....                                         | 210 |
| Gambar 4. 50 Buka pada Salah Satu Tingkat .....                                                      | 211 |
| Gambar 4. 51 Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang .....                                            | 212 |
| Gambar 4. 52 Kolom Struktur Tidak Paralel Terhadap Sumbu Ortogonal .....                             | 212 |
| Gambar 4. 53 Pergeseran Arah Bidang Pemikul Gaya Lateral .....                                       | 216 |
| Gambar 4. 54 Ecc. Ratio (All Diaph.) Diambil Sebesar 5% Akibat Adanya Ketidakberaturan Struktur..... | 219 |
| Gambar 4. 55 Diafragma Semi Kaku.....                                                                | 220 |
| Gambar 4. 56 Input Momen Inersia Penampang Retak.....                                                | 222 |
| Gambar 4. 57 Pemodelan 3 Dimensi .....                                                               | 222 |
| Gambar 4. 58 Penerapan Prosedur Kombinasi Ortogonal .....                                            | 224 |
| Gambar 4. 59 Input Kombinasi Pembebanan Pada ETABS.....                                              | 234 |
| Gambar 4. 60 Elemen Struktur Balok yang ditinjau.....                                                | 235 |
| Gambar 4. 61 Tinggi Efektif Balok .....                                                              | 237 |
| Gambar 4. 62 Tulangan Lentur Balok SRPMM .....                                                       | 248 |
| Gambar 4. 63 Tulangan Tengah Pada Balok SRPMM .....                                                  | 257 |
| Gambar 4. 64 Hasil Desain Tulangan Balok SRPMM .....                                                 | 258 |
| Gambar 4. 65 Elemen struktur yang ditinjau .....                                                     | 259 |
| Gambar 4. 66 Diagram Intraksi P-M Kolom Dalam Bentuk 3D .....                                        | 261 |
| Gambar 4. 67 Diagram Intraksi P-M Kolom Dalam Bentuk 3D .....                                        | 266 |
| Gambar 4. 68 Hasil Desain Tulangan Kolom SRPMK .....                                                 | 271 |

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4. 69 Simpangan Antar Tingkat Struktur SRPMM dan SRPMK ..... | 273 |
| Gambar 4. 70 Selisih Gaya Geser Dasar Seismik.....                  | 274 |





## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1. 1 Faktor $R$ , $\Omega_0$ , $C_d$ untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik.....                              | 2  |
| Tabel 2. 1 Berat Sendiri Bahan Bangunan.....                                                                   | 11 |
| Tabel 2. 2 Berat Sendiri Komponen Gedung.....                                                                  | 12 |
| Tabel 2. 3 Beban Hidup Terdistribusi Merata $L_0$ dan Terpusat Minimum.....                                    | 14 |
| Tabel 2. 4 Klasifikasi Situs .....                                                                             | 23 |
| Tabel 2. 5 Koefisien Situs $F_a$ .....                                                                         | 25 |
| Tabel 2. 6 Koefisien Situs $F_v$ .....                                                                         | 26 |
| Tabel 2. 7 Kategori Risiko Bangunan Gedung Nongedung dan Struktur Untuk Beban Gempa.....                       | 29 |
| Tabel 2. 8 Faktor Keutamaan Gempa .....                                                                        | 31 |
| Tabel 2. 9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Periode Pendek (SDS).....          | 32 |
| Tabel 2. 10 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Periode 1 detik (SD1).....        | 32 |
| Tabel 2. 11 Faktor $R$ , $C_d$ , dan $\Omega_0$ untuk sistem Penahan gaya gempa .....                          | 33 |
| Tabel 2. 12 Ketidakberaturan Horizontal Pada Struktur.....                                                     | 39 |
| Tabel 2. 13 Ketidakberaturan Vertikal Pada Struktur.....                                                       | 41 |
| Tabel 2. 14 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung.....                                         | 44 |
| Tabel 2. 15 Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_t$ dan $x$ .....                                             | 45 |
| Tabel 2. 16 Simpangan antar lantai ijin $\Delta_a^{a,b}$ .....                                                 | 49 |
| Tabel 2. 17 Kombinasi Beban.....                                                                               | 53 |
| Tabel 2. 18 Desain Balok SRPMM dan SRPMK .....                                                                 | 73 |
| Tabel 2. 19 Desain Kolom SRPMM dan SRPMK.....                                                                  | 79 |
| Tabel 3. 1 Modifikasi Struktur.....                                                                            | 84 |
| Tabel 3. 2 Koefisien Situs $F_v$ .....                                                                         | 85 |
| Tabel 3. 3 Koefisien Situs $F_a$ .....                                                                         | 86 |
| Tabel 3. 4 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Periode Pendek ( $S_{DS}$ ) .....  | 86 |
| Tabel 3. 5 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Periode 1 detik ( $S_{D1}$ ) ..... | 87 |
| Tabel 3. 6 Faktor $R$ , $\Omega_0$ , $C_d$ untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik.....                              | 87 |

|                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 4. 1 beban mati tambahan pada pelat lantai .....                                             | 97  |
| Tabel 4. 2 Beban mati tambahan untuk pelat atap .....                                              | 97  |
| Tabel 4. 3 Koefisien Situs $F_a$ .....                                                             | 101 |
| Tabel 4. 4 Koefisien Situs $F_v$ .....                                                             | 102 |
| Tabel 4. 5 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter $S_{DS}$ .....                            | 104 |
| Tabel 4. 6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter $S_{D1}$ .....                            | 104 |
| Tabel 4. 7 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ) .....                   | 105 |
| Tabel 4. 8 Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_t$ dan $\chi$ .....                               | 105 |
| Tabel 4. 9 Partisipasi massa rasio .....                                                           | 106 |
| Tabel 4. 10 Bentuk ragam Gerak Awal Struktur .....                                                 | 109 |
| Tabel 4. 11 Berat Seismik Efektif.....                                                             | 112 |
| Tabel 4. 12 Persyaratan Penskalaan Gaya .....                                                      | 113 |
| Tabel 4. 13 Batas Simpangan Antar Tingkat Izin.....                                                | 114 |
| Tabel 4. 14 Perpindahan Respons Inelastik Maksimum.....                                            | 115 |
| Tabel 4. 15 Batas Koefisien Stabilitas Struktur Terhadap Pengaruh P-delta dan $\theta_{max}$ ..... | 118 |
| Tabel 4. 16 Kosekuensi Ketidakberaturan Horizontal .....                                           | 120 |
| Tabel 4. 17 Kosekuensi Ketidakberaturan Vertikal .....                                             | 121 |
| Tabel 4. 18 Pengecekan Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebih .....                             | 123 |
| Tabel 4. 19 Persentase Buka pada Masing-masing Tingkat .....                                       | 125 |
| Tabel 4. 20 Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak ( $V1a$ dan $V1b$ ) .....                      | 128 |
| Tabel 4. 21 Ketidakberaturan berat massa ( $V2$ ).....                                             | 129 |
| Tabel 4. 22 Ketidakberaturan Geometri Vertikal ( $V3$ ).....                                       | 129 |
| Tabel 4. 23 Ketidakberaturan Kuat Lateral ( $V5a$ dan $V5b$ ) .....                                | 131 |
| Tabel 4. 24 Kosekuensi Ketidakberaturan Struktur Horizontal .....                                  | 132 |
| Tabel 4. 25 Kosekuensi Ketidakberaturan Vertikal .....                                             | 132 |
| Tabel 4. 26 Momen Inersia dan Luas Penampang Retak.....                                            | 135 |
| Tabel 4. 27 Pengaruh Momen Torsi Tak Terduga Arah X .....                                          | 137 |
| Tabel 4. 28 Pengaruh Momen Torsi tak Terduga Arah Y .....                                          | 137 |
| Tabel 4. 29 Berat Diafragma di masing-masing Tingkat ( $W_x$ ) .....                               | 142 |
| Tabel 4. 30 Luas Lantai Pada masing-masing Tingkat.....                                            | 142 |
| Tabel 4. 31 Parameter Perhitungan Nilai $F_i$ Arah X.....                                          | 143 |
| Tabel 4. 32 Parameter Perhitungan Nilai $F_i$ Arah Y.....                                          | 143 |
| Tabel 4. 33 Perhitungan Nilai $F_i$ .....                                                          | 143 |

|                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 4. 34 Gaya Desain Diafragma Per Satuan Luasan Pada masing-masing Tingkat Arah X.....         | 144 |
| Tabel 4. 35 Gaya Desain Diafragma Per Satuan Luasan Pada masing-masing Tingkat Arah Y.....         | 144 |
| Tabel 4. 36 Kombinasi Pembebanan (U).....                                                          | 145 |
| Tabel 4. 37 Kombinasi Pembebanan .....                                                             | 147 |
| Tabel 4. 38 Output Gaya Dalam Hasil Analisa Struktur .....                                         | 150 |
| Tabel 4. 39 Output Gaya Dalam Hasil Analisa Struktur .....                                         | 174 |
| Tabel 4. 40 Nilai Rasio Kuat Nominal Kolom .....                                                   | 176 |
| Tabel 4. 41 Output Control Point Pada Program <i>sp Column</i> .....                               | 176 |
| Tabel 4. 42 Nilai Rasio Kuat Nominal Kolom .....                                                   | 180 |
| Tabel 4. 43 Koefisien Situs $F_a$ .....                                                            | 187 |
| Tabel 4. 44 Koefisien Situs $F_v$ .....                                                            | 188 |
| Tabel 4. 45 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter $S_{DS}$ .....                           | 190 |
| Tabel 4. 46 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter $S_{D1}$ .....                           | 190 |
| Tabel 4. 47 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ).....                   | 191 |
| Tabel 4. 48 Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_t$ dan $x$ .....                                 | 191 |
| Tabel 4. 49 Partisipasi massa rasio .....                                                          | 192 |
| Tabel 4. 50 Bentuk ragam Gerak Awal Struktur .....                                                 | 195 |
| Tabel 4. 51 Berat Seismik Efektif.....                                                             | 198 |
| Tabel 4. 52 Persyaratan Penskalaan Gaya .....                                                      | 199 |
| Tabel 4. 53 Batas Simpangan Antar Tingkat Izin.....                                                | 200 |
| Tabel 4. 54 Perpindahan Respons Inelastik Maksimum.....                                            | 201 |
| Tabel 4. 55 Batas Koefisien Stabilitas Struktur Terhadap Pengaruh P-delta dan $\theta_{max}$ ..... | 204 |
| Tabel 4. 56 Kosekuensi Ketidakberaturan Horizontal .....                                           | 206 |
| Tabel 4. 57 Kosekuensi Ketidakberaturan Vertikal .....                                             | 207 |
| Tabel 4. 58 Pengecekan Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebih .....                             | 209 |
| Tabel 4. 59 Persentase Buka pada Masing-masing Tingkat .....                                       | 211 |
| Tabel 4. 60 Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak (V1a dan V1b) .....                            | 214 |
| Tabel 4. 61 Ketidakberaturan berat massa (V2) .....                                                | 215 |
| Tabel 4. 62 Ketidakberaturan Geometri Vertikal (V3).....                                           | 215 |
| Tabel 4. 63 Ketidakberaturan Kuat Latral (V5a dan V5b) .....                                       | 217 |
| Tabel 4. 64 Kosekuensi Ketidakberaturan Struktur Horizontal .....                                  | 218 |

|                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 4. 65 Kosekuensi Ketidakberaturan Struktur Vertikal .....                            | 218 |
| Tabel 4. 66 Momen Inersia dan Luas Penampang Retak.....                                    | 221 |
| Tabel 4. 67 Pengaruh Momen Torsi Tak Terduga Arah X .....                                  | 223 |
| Tabel 4. 68 Pengaruh Momen Torsi tak Terduga Arah Y .....                                  | 223 |
| Tabel 4. 69 Berat Diafragma di masing-masing Tingkat ( $W_x$ ) .....                       | 227 |
| Tabel 4. 70 Luas Lantai Pada masing-masing Tingkat.....                                    | 228 |
| Tabel 4. 71 Parameter Perhitungan Nilai $F_i$ Arah X.....                                  | 228 |
| Tabel 4. 72 Parameter Perhitungan Nilai $F_i$ Arah Y.....                                  | 228 |
| Tabel 4. 73 Perhitungan Nilai $F_i$ .....                                                  | 229 |
| Tabel 4. 74 Gaya Desain Diafragma Per Satuan Luasan Pada masing-masing Tingkat Arah X..... | 230 |
| Tabel 4. 75 Gaya Desain Diafragma Per Satuan Luasan Pada masing-masing Tingkat Arah Y..... | 230 |
| Tabel 4. 76 Kombinasi Pembebanan ( $U$ ).....                                              | 231 |
| Tabel 4. 77 Kombinasi Pembebanan .....                                                     | 233 |
| Tabel 4. 78 Output Gaya Dalam Hasil Analisa Struktur .....                                 | 236 |
| Tabel 4. 79 Output Gaya Dalam Hasil Analisa Struktur .....                                 | 260 |
| Tabel 4. 80 Nilai Rasio Kuat Nominal Kolom .....                                           | 262 |
| Tabel 4. 81 Output Control Point Pada Program <i>sp Column</i> .....                       | 262 |
| Tabel 4. 82 Nilai Rasio Kuat Nominal Kolom .....                                           | 266 |
| Tabel 4. 83 Rekapitulasi Hasil Analisa Beban Gempa.....                                    | 272 |
| Tabel 4. 84 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat.....                                      | 273 |
| Tabel 4. 85 Perbandingan gaya geser dasar Seismik SRPMM dan SRPMK.....                     | 274 |
| Tabel 4. 86 Perbandingan Ketidakberaturan Horizontal Struktur .....                        | 274 |
| Tabel 4. 87 Perbandingan Ketidakberaturan Vertikal Struktur .....                          | 275 |
| Tabel 4. 88 Luas Tulangan Lentur SRPMM dan SRPMK .....                                     | 275 |
| Tabel 4. 89 Kapasitas Tahan Geser Beton SRPMM dan SRPMK .....                              | 276 |
| Tabel 4. 90 Luas tulangan Torsi .....                                                      | 276 |
| Tabel 4. 91 Rekapitulasi perhitungan desain kolom.....                                     | 277 |



## DAFTAR NOTASI

|               |   |                                                                                                     |
|---------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $A_g$         | = | Luas Bruto Penampang                                                                                |
| $A_s$         | = | Luas Tulangan Terpasang                                                                             |
| $A_v$         | = | Luas Tulangan Geser Terpasang                                                                       |
| $c_1$         | = | Lebar Kolom Sumbuh Kuat                                                                             |
| $c_2$         | = | Lebar Kolom Sumbuh Lemah                                                                            |
| $c_c$         | = | Selimut bersih                                                                                      |
| $C_d$         | = | Faktor amplifikasi defleksi                                                                         |
| CQC           | = | Metode kombinasi kuadrat lengkap                                                                    |
| $C_s$         | = | Koefisien respons seismik                                                                           |
| $C_u$         | = | Hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung                                       |
| $C_{vx}$      | = | Faktor distribusi vertikal                                                                          |
| $\Delta$      | = | Simpangan antar tingkat desain                                                                      |
| $D$           | = | Beban Mati ( <i>Dead Load</i> )                                                                     |
| $d$           | = | Tinggi Efektif balok                                                                                |
| $D_b$         | = | Diameter Tulangan Utama                                                                             |
| $d_{bt}$      | = | Diameter tulangan Pinggang                                                                          |
| $d_c$         | = | Ketebalan total dari lapisan-lapisan tanah kohesif didalam lapisan 30 meter paling atas             |
| $d_i$         | = | Tebal setiap lapisan antara kedalaman 0 sampai 30 m.                                                |
| $D_s$         | = | Diameter Tulangan Sengkang                                                                          |
| $\Delta T$    | = | Selisih Periode Struktur                                                                            |
| $\delta_{xe}$ | = | Defleksi pada lokasi yang disyaratkan pada pasal ini yang ditentukan dengan analisis <i>elastic</i> |
| $e$           | = | Eksentrisitas antara pusat massa dan pusat kekakuan, yang dapat terjadi pada kedua arah x dan y.    |
| $e$           | = | Koefisien reduksi momen guling                                                                      |
| $E$           | = | Beban Gempa ( <i>Earth Quake Load</i> )                                                             |
| $E_h$         | = | Pengaruh beban gempa horisontal                                                                     |
| $E_v$         | = | Pengaruh beban gempa vertikal                                                                       |
| $f'_c$        | = | Kuat Tekan Beton                                                                                    |
| $F_i$         | = | Bagian dari geser dasar seismik (V) yang timbul di tingkat i, (kN)                                  |
| $F_{px}$      | = | Gaya desain diafragma di tingkat-x                                                                  |
| $F_X$         | = | Gaya gempa lateral                                                                                  |
| $f_y$         | = | Mutu Baja Tulangan Lentur                                                                           |
| $f_{ys}$      | = | Mutu Baja Tulangan Geser                                                                            |
| $h_i$ $h_x$   | = | Tinggi dasar sampai tingkat i atau x                                                                |
| $h_n$         | = | ketinggian struktur (m) diatas dasar sampai tingkat tertinggi struktur                              |

|                |                                                                                                                      |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $h_{sx}$       | = Tinggi tingkat di bawah tingkat x                                                                                  |
| k              | = Eksponen yang terkait dengan perioda struktur                                                                      |
| L              | = Beban Hidup ( <i>Live Load</i> )                                                                                   |
| le             | = Faktor Keutamaan Gempa                                                                                             |
| $l_n$          | = Tinggi bersih kolom                                                                                                |
| $L_n$          | = Tinggi Efektif                                                                                                     |
| lo             | = Daerah Sendi Plastis Pada Kolom                                                                                    |
| $L_r$          | = Beban Hidup Atap ( <i>Live Roof Load</i> )                                                                         |
| lu             | = Tinggi bersih kolom                                                                                                |
| $M_n$          | = Momen nominal                                                                                                      |
| $M_{nb}$       | = Momen nominal ujung bawah kolom                                                                                    |
| $M_{nl}$       | = Momen nominal balok ujung sebelah kiri ( <i>lift</i> )                                                             |
| $M_{nr}$       | = Momen nominal balok ujung sebelah kanan ( <i>right</i> )                                                           |
| $M_{nt}$       | = Momen nominal ujung atas kolom                                                                                     |
| $M_{pr1}$      | = Kuat momen lentur maksimum                                                                                         |
| $M_t$          | = Momen torsi bawaan.                                                                                                |
| $M_u$          | = Momen ultimate                                                                                                     |
| n              | = Jumlah lapisan tanah yang ada antara kedalaman 0 sampai 30 m.                                                      |
| $N_i$          | = Nilai hasil Uji Penetrasi Standar (SPT) lapisan tanah ke-i.                                                        |
| $P_u$          | = Gaya Aksial                                                                                                        |
| $P_x$          | = Beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat-x, (kN)                                                       |
| $\theta$       | = Koefisien stabilitas                                                                                               |
| QE             | = Pengaruh gaya gempa horizontal dari V atau $F_p$                                                                   |
| $\theta_{max}$ | = Koefisien stabilitas maksimum                                                                                      |
| R              | = Faktor modifikasi respons                                                                                          |
| R              | = Beban Hujan ( <i>Rain Load</i> )                                                                                   |
| $S_1$          | = Parameter percepatan respons spektral maksimum                                                                     |
| $S_{D1}$       | = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik                                                  |
| $S_{DS}$       | = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek                                                   |
| $S_{M1}$       | = Parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik                                                         |
| $s_{max}$      | = Jarak sengkang maksimum                                                                                            |
| $S_{MS}$       | = Parameter spektrum respons percepatan pada periode 0,2 detik                                                       |
| SRSS           | = Metode akar kuadrat jumlah kuadrat                                                                                 |
| $S_s$          | = Parameter percepatan batuan dasar untuk periode pendek 0,2 detik                                                   |
| $S_s^{(a)}$    | = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisa respon situs spesifik. Lihat SNI 03-1726-2019 Pasal 6.10.1 |
| $S_{ui}$       | = Kuat geser <i>undrained</i> (tak terdrainase) lapisan tanah ke-i.                                                  |
| T              | = Periode getar fundamental struktur                                                                                 |
| $T_a$          | = Periode pendekatan                                                                                                 |
| $T_L$          | = Peta transisi periode panjang                                                                                      |
| $T_u$          | = Gaya Torsi                                                                                                         |

|                |                                                                                                        |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $U$            | = Kombinasi Beban Terfaktor                                                                            |
| $V$            | = Gaya geser dasar seismik                                                                             |
| $V$            | = Gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur, dinyatakan dalam kiloniuton (kN)             |
| $V_c$          | = Tahanan Geser Beton                                                                                  |
| $V_e$          | = Gaya geser desain elemen balok                                                                       |
| $V_n$          | = Tahanan Geser Nominal                                                                                |
| $V_{si}$       | = Kecepatan gelombang geser lapisan $i$ (m/detik).                                                     |
| $V_u$          | = Gaya Geser Desain                                                                                    |
| $V_x$          | = Geser tingkat desain gempa di semua tingkat                                                          |
| $W$            | = Beban Angin ( <i>Wind Load</i> )                                                                     |
| $W_i$          | = Tributari berat sampai diafragma di tingkat-x                                                        |
| $w_i$ $w_x$    | = Bagian berat seismik efektif total ( $w$ ) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat $i$ atau $x$ |
| $W_u$          | = Beban Gravitasi ( $1,2 D + 1,0 L$ )                                                                  |
| $W_x$          | = Tributari berat sampai tingkat-i                                                                     |
| $\beta$        | = Rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat $x$ dan $x-1$                           |
| $\delta$       | = Perpindahan yang diperbesar                                                                          |
| $\delta_e$     | = Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan                          |
| $\Delta_i/L_i$ | = Rasio simpangan antar lantai                                                                         |
| $\rho$         | = Faktor redundansi                                                                                    |
| $\sum M_{nb}$  | = Jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka kedalam <i>joint</i>                              |
| $\sum M_{nc}$  | = Jumlah kekuatan lentur nominal kolom-kolom yang merangka kedalam <i>joint</i>                        |
| $\phi$         | = Faktor Reduksi                                                                                       |
| $\Omega_0$     | = Faktor Kuat Lebih                                                                                    |
| $\rho$         | = Rasio Tulangan                                                                                       |