

**TUGAS AKHIR**

**IMPLEMENTASI *BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)* SEBAGAI  
MEDIA PEMODELAN DAN INTEROPERABILITAS PERENCANAAN  
STRUKTUR BETON BERTULANG TAHAN GEMPA GEDUNG  
APARTEMEN 'AZ-ZAHR' DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN  
KHUSUS (SRPMK) DI KOTA PADANG**



**ALIEF FARHAN FEBRIANTO**

**NPM : 22.11.0020**

---

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS WIJAYA KUSUMA SURABAYA  
SURABAYA  
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST.)  
di Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

oleh :

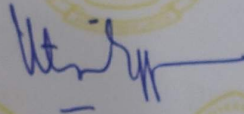
ALIEF FARHAN FEBRIANTO

NPM : 22.11.0020

Tanggal Ujian : 23 Juni 2026

Disetujui oleh:

Pembimbing,



Dr. Ir. Utari Khatulistiani, M.T.

NIK : 93190-ET

Mengetahui,

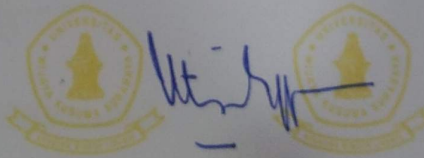
Dekan Fakultas Teknik,

Ketua Program Studi Teknik Sipil,



Dr. Ir. Anang Kukuh Adisusilo, ST., MT

NIP : 197802152015041001



Dr. Ir. Utari Khatulistiani, M.T.

NIK : 93190-ET

## LEMBAR PENGESAHAN REVISI

Judul : Implementasi *Building Information Modeling (BIM)* Sebagai Media  
Pemodelan dan Interoperabilitas Perencanaan Struktur Beton Bertulang  
Tahan Gempa Apartemen "Az-Zahr" Dengan Sistem Rangka Pemikul  
Momen Khusus di Kota Padang

Nama : Alief Farhan Febrianto

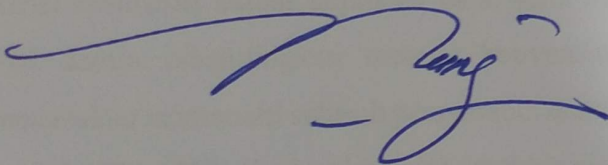
NPM : 22.11.0020

Tanggal Ujian : 23 Juni 2026

Disetujui oleh :

Dosen Penguji I,

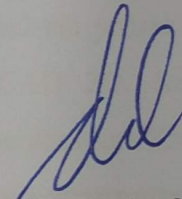
Dosen Penguji II,



**Dr. Ir. Soerjandani Priantoro**

**Machmoed, M.T.**

NIK : 94245-ET

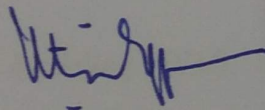


**Danang Setiwa Raharja, S.T., M.T.**

NIK : 93190-ET

Mengetahui,

Dosen Pembimbing,



**Dr. Ir. Utari Khatulistiani, M.T.**

NIK : 93190-ET

## ABSTRAK

Perencanaan struktur gedung bertingkat pada wilayah dengan tingkat seismisitas tinggi, seperti Kota Padang, memerlukan sistem struktur yang mampu menjamin kekuatan, kekakuan, dan daktilitas sesuai ketentuan peraturan nasional. Perencanaan ini bertujuan mengimplementasikan *Building Information Modeling (BIM)* melalui integrasi *Autodesk Revit* dan *Robot Structural Analysis Professional (RSAP)* dalam perencanaan struktur beton bertulang Gedung Apartemen Az-Zahr menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Metode perencanaan meliputi *preliminary design*, pemodelan tiga dimensi berbasis *Level of Development (LOD) 300*, analisis pembebanan gravitasi dan gempa berdasarkan SNI 1726:2019, evaluasi *inter-story drift*, verifikasi konsep *Strong Column–Weak Beam (SCWB)*, serta sinkronisasi model dua arah (*bi-directional interoperability*) antara *Revit* dan *RSAP*.

Hasil perencanaan menunjukkan bahwa penerapan *BIM* mampu menghasilkan model struktur terintegrasi yang meningkatkan akurasi koordinasi antar-elemen, meminimalkan potensi kesalahan akibat duplikasi data, serta meningkatkan efisiensi proses analisis dan revisi desain dibandingkan metode konvensional berbasis CAD 2D. Struktur yang direncanakan memenuhi seluruh persyaratan daktilitas SRPMK berdasarkan SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019. Evaluasi kinerja struktur menunjukkan bahwa simpangan antar lantai (*inter-story drift*) maksimum setelah amplifikasi faktor  $C_d = 5,5$  berada di bawah batas izin 80 mm, sehingga struktur dinyatakan aman terhadap pengaruh gempa rencana. Selain itu, verifikasi konsep *SCWB* menunjukkan total kapasitas momen kolom sebesar  $\sum M_{nc}$  sebesar 893 kNm lebih besar daripada persyaratan minimum  $1,2 \sum M_{nb}$  sebesar 396 kNm, sehingga mekanisme sendi plastis terjadi pada balok sesuai filosofi desain tahan gempa dan seluruh hubungan balok-kolom memenuhi persyaratan desain.

**Kata Kunci:** *Building Information Modeling (BIM)*, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), Interoperabilitas, *Inter-story Drift*, *Strong Column–Weak Beam*.

## ABSTRACT

*The structural design of multi-story buildings located in high seismic regions, such as Padang City, requires structural systems capable of providing adequate strength, stiffness, and ductility in accordance with applicable design standards. This study aims to implement Building Information Modeling (BIM) through the integration of Autodesk Revit and Robot Structural Analysis Professional (RSAP) in the reinforced concrete structural design of the Az-Zahr Apartment Building using a Special Moment Resisting Frame (SMRF) system. The research methodology consists of preliminary design, three-dimensional structural modeling based on Level of Development (LOD) 300, analysis of gravity and seismic loads in accordance with SNI 1726:2019, evaluation of inter-story drift, verification of the Strong Column–Weak Beam (SCWB) concept, and bidirectional interoperability between Revit and RSAP. The results indicate that the implementation of BIM produces an integrated structural model that improves coordination accuracy among structural elements, minimizes potential errors caused by duplicated data, and enhances the efficiency of structural analysis and design revisions compared with conventional two-dimensional CAD-based methods. The designed structure satisfies all ductility requirements for the SMRF system specified in SNI 2847:2019 and SNI 1726:2019. Structural performance evaluation shows that the maximum amplified inter-story drift using a response modification factor of  $C_d = 5.5$  remains below the allowable limit of 80 mm, confirming that the structure performs safely under the design earthquake. Furthermore, verification of the SCWB criterion demonstrates that the total column flexural capacity ( $\sum M_{nc} = 893 \text{ kNm}$ ) exceeds the minimum required value ( $1.2 \sum M_{nb} = 396 \text{ kNm}$ ), ensuring that plastic hinges develop in the beams as intended by the seismic design philosophy and that all beam-column joints comply with the code requirements.*

**Keywords:** *Building Information Modeling (BIM), Special Moment Resisting Frame (SMRF), Interoperability, Inter-story Drift, Strong Column–Weak Beam (SCWB).*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat-Nya Tugas Akhir berjudul Implementasi *Building Information Modeling (BIM)* Sebagai Media Pemodelan dan Interoperabilitas Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Apartemen “Az-Zahr” Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus di Kota Padang ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Utari Khatulistiani, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Wijaya Kusuma Surabaya Dosen wali sekaligus Dosen Pembimbing, yang dengan penuh kesabaran, ketelitian, dan dedikasi tinggi telah meluangkan waktu serta mencurahkan ilmu berharganya demi mengarahkan, mengoreksi, dan membimbing penulis dari awal pemodelan hingga Tugas Akhir ini dapat rampung dengan hasil terbaik.
2. Dr. Ir. Soerjandani Priantoro Machmoed, M.T. selaku Dosen Penguji I sekaligus mentor penulis dalam berorganisasi, yang tidak hanya memberikan koreksi tajam dan arahan akademis demi kesempurnaan Tugas Akhir ini, tetapi juga telah meluangkan waktu untuk mendidik, menginspirasi, serta menemani proses pendewasaan penulis dalam dunia organisasi kampus sebagai bekal kepemimpinan di masa depan.
3. Danang Setiya Raharja, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberi koreksi serta masukan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.
4. Pemerintah Republik Indonesia, khususnya Pusat Layanan Pembiayaan Pendidikan (Puslapdik) Kemendikbudristek, atas kepercayaan dan dukungan finansial melalui program Beasiswa Kartu Indonesia Pintar Kuliah (KIP-Kuliah), yang telah menjadi jembatan utama bagi penulis dalam menempuh dan menyelesaikan studi pendidikan tinggi di Fakultas Teknik Universitas Wijaya Kusuma Surabaya.
5. Kedua Orang tua, Bapak Sumargo dan Ibu Muji Astuti, yang selalu memberikan dukungan, semangat, do'a dan selalu mengorbankan segalanya demi kebahagiaan dan kesuksesan anak-nya.
6. Adik tersayang Isnaini Flora Febriany, yang selalu memberikan do'a dan semangat
7. Seluruh Kawan-kawan di Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Wijaya Kusuma Surabaya maupun Kawan-kawan di Forum Komunikasi Mahasiswa Teknik Sipil Indonesia Wilayah IX Jawa Timur yang memberi semangat dan juga berbagi ilmu.

8. Kopi Kenangan Mantan, dengan dua menu favorit andalan penulis yaitu *Americano* dan *Butterscotch Aren Latte*, yang selalu sukses menjadi pereda penat sekaligus penyambung nyawa dan fokus penulis dalam menuntaskan lembar demi lembar Tugas Akhir yang sempat terasa tanpa ujung.
  9. Band Perunggu, yang lewat barisan lirik magis dan alunan musik distorsinya di dalam *Playlist* andalan penulis mulai dari "Pikiran yang Matang", "33x", "Berhasil", hingga "Aku Ada Untukmu" selalu setia menyuarakan rasa lelah sekaligus memberikan suntikan energi di kala jenuh melanda; teman begadang terbaik yang sukses memaksa penulis untuk menolak menyerah dan terus melangkah hingga Bab Akhir ini tuntas
  10. Pihak - pihak yang pernah memandang sebelah mata dan meragukan kapasitas penulis; terima kasih yang tak terhingga atas segala skeptisisme kalian. Sudut pandang meremehkan yang kalian berikan justru sukses menjadi motivator terbaik yang menempa mental penulis untuk melangkah lebih jauh. Ketahuilah bahwa keberhasilan hari ini bukanlah akhir dari pembuktian penulis, melainkan awal dari pembuktian nyata bahwa batas kemampuan penulis berada jauh di atas prediksi rendah yang pernah kalian bayangkan.
  11. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
- Penulis menyadari Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna; kritik dan saran membangun sangat penulis harapkan agar karya ini semakin bermanfaat bagi semua pihak..

Surabaya, 22 Juni 2026

Alief Farhan Febrianto

## DAFTAR ISI

|                                                                                       |             |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>                                                         | <b>ii</b>   |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN REVISI .....</b>                                                 | <b>iii</b>  |
| <b>ABSTRAK.....</b>                                                                   | <b>iv</b>   |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                                                 | <b>v</b>    |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                                                           | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                                                               | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                                                             | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>                                                              | <b>xvi</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>                                                        | <b>1</b>    |
| 1.1. Latar Belakang.....                                                              | 1           |
| 1.2. Rumusan Masalah .....                                                            | 3           |
| 1.3. Batasan Masalah .....                                                            | 3           |
| 1.4. Maksud dan Tujuan .....                                                          | 4           |
| 1.5. Manfaat.....                                                                     | 5           |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>                                                  | <b>6</b>    |
| 2.1. Konsep & Evolusi <i>Building Information Modeling (BIM)</i> .....                | 6           |
| 2.2. Konsep <i>Level of Development (LOD)</i> dalam Pemodelan Struktural .....        | 6           |
| 2.2.1. Level of Development 100 ( <i>LOD 100 - Conceptual Design</i> ) .....          | 6           |
| 2.2.2. Level of Development 200 ( <i>LOD 200 - Schematic Design</i> ) .....           | 7           |
| 2.2.3. Level of Development 300 ( <i>LOD 300 - Detailed Design</i> ).....             | 8           |
| 2.2.4. Level of Development 350 ( <i>LOD 350 - Construction Documentation</i> ) ..... | 9           |
| 2.3. Perbandingan Antara <i>BIM</i> dan CAD Konvensional .....                        | 11          |
| 2.4. Teori dan Konsep Struktur Gedung Daktail .....                                   | 12          |
| 2.4.1. Filosofi Perencanaan Bangunan Tahan Gempa.....                                 | 12          |
| 2.4.2. Klasifikasi Daktilitas Menurut SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019 .....           | 12          |
| 2.4.3. Mekanisme Strong Column – Weak Beam .....                                      | 15          |
| 2.5. Sistem Penahan Gempa .....                                                       | 15          |
| 2.5.1. Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) .....                                       | 15          |
| 2.5.2. Sistem Dinding Geser (Shear Wall) .....                                        | 16          |
| 2.5.3. Sistem Ganda (Dual System) .....                                               | 17          |
| 2.6. Teori dan Pemodelan SRPMK dalam <i>BIM</i> .....                                 | 18          |

|                                                                       |                                                                                |           |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.7.                                                                  | Sistem Rangka Untuk Perencanaan Struktur Gedung .....                          | 19        |
| 2.8.                                                                  | Perencanaan Tahan Gempa Menggunakan <i>BIM</i> .....                           | 20        |
| 2.9.                                                                  | Resiko Gempa Tinggi .....                                                      | 21        |
| 2.10.                                                                 | Klasifikasi Situs.....                                                         | 22        |
| 2.11.                                                                 | Menentukan Respon Spektra.....                                                 | 24        |
| 2.12.                                                                 | Menentukan Kategori Desain Seismik .....                                       | 28        |
| 2.13.                                                                 | Pemilihan Sistem Struktur dan Parameter Sistem ( $R$ , $C_d$ , $\Omega$ )..... | 29        |
| 2.14.                                                                 | Perhitungan Geser Dasar Seismik .....                                          | 31        |
| 2.15.                                                                 | Distribusi Vertikal Gaya Seismik .....                                         | 32        |
| 2.16.                                                                 | Penentuan Batas Simpangan Antar Lantai.....                                    | 33        |
| 2.17.                                                                 | Detail Sambungan Kolom Balok Untuk daktilitas Tinggi.....                      | 34        |
| 2.18.                                                                 | Konfigurasi Ketidakberaturan Struktur Gedung.....                              | 35        |
|                                                                       | 2.18.1. Ketidakberaturan Horizontal.....                                       | 35        |
|                                                                       | 2.18.2. Ketidakberaturan Vertikal .....                                        | 36        |
| 2.19.                                                                 | <i>Parametric Design</i> dan Optimasi Elemen Beton Bertulang.....              | 38        |
| 2.20.                                                                 | Integrasi <i>BIM</i> Dengan <i>Software</i> Analisa Struktur .....             | 38        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>                                 |                                                                                | <b>39</b> |
| 3.1                                                                   | Diagram Alir Rencana .....                                                     | 39        |
| 3.2                                                                   | Penjelasan Diagram Alir Rencana .....                                          | 41        |
| <b>BAB IV <i>PRELIMINARY DESIGN</i> DAN PEMODELAN <i>BIM</i>.....</b> |                                                                                | <b>49</b> |
| 4.1.                                                                  | Data Perencanaan .....                                                         | 49        |
| 4.2.                                                                  | Perencanaan Dimensi Balok.....                                                 | 49        |
|                                                                       | 4.2.1.Perencanaan Dimensi Balok Induk.....                                     | 49        |
|                                                                       | 4.2.2.Perencanaan Dimensi Balok Anak.....                                      | 49        |
| 4.3.                                                                  | Perencanaan Dimensi Plat .....                                                 | 50        |
|                                                                       | 4.3.1.Perencanaan Plat Atap.....                                               | 50        |
|                                                                       | 4.3.2.Perencanaan Plat Lantai .....                                            | 55        |
| 4.4.                                                                  | Perencanaan Dimensi Kolom .....                                                | 59        |
|                                                                       | 4.4.1.Pembebanan Pada Kolom .....                                              | 60        |
|                                                                       | 4.4.2.Menentukan Dimensi Pada Kolom .....                                      | 61        |
| 4.5.                                                                  | Pemodelan Awal Pada <i>BIM</i> .....                                           | 62        |
|                                                                       | 4.5.1.Persiapan Data Pemodelan.....                                            | 62        |

|                                                                  |                                                                                     |           |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.5.2.                                                           | Pembuatan Level dan Grid Bangunan .....                                             | 63        |
| 4.5.3.                                                           | Pemodelan Kolom.....                                                                | 65        |
| 4.5.4.                                                           | Pemodelan Balok .....                                                               | 66        |
| 4.5.5.                                                           | Pemodelan Pelat Lantai.....                                                         | 67        |
| 4.5.6.                                                           | Penerapan Parameter BIM .....                                                       | 67        |
| 4.5.7.                                                           | Hasil Model Awal.....                                                               | 68        |
| 4.6.                                                             | Rekapitulasi Model Awal.....                                                        | 69        |
| 4.6.1.                                                           | Rekapitulasi Dimensi Elemen Struktur Awal.....                                      | 69        |
| 4.6.2.                                                           | Rekapitulasi Material Struktur .....                                                | 70        |
| 4.6.3.                                                           | Rekapitulasi Geometri Model Awal .....                                              | 71        |
| <b>BAB V IMPLEMENTASI PARAMETRIK DAN INTEROPERABILITAS .....</b> |                                                                                     | <b>72</b> |
| 5.1.                                                             | Alur Kerja ( <i>Workflow</i> ) Perencanaan Berbasis BIM.....                        | 72        |
| 5.1.1                                                            | Pemodelan Fisik dan Geometri Struktur ( <i>Autodesk Revit</i> ) .....               | 72        |
| 5.1.2                                                            | Otomatisasi Model Analitis ( <i>Autodesk Revit</i> ) .....                          | 73        |
| 5.1.3                                                            | Interoperabilitas Ekspor Model ke <i>RSAP</i> .....                                 | 73        |
| 5.1.4                                                            | Analisis & Desain Struktur ( <i>RSAP</i> ) .....                                    | 73        |
| 5.1.5                                                            | Verifikasi & Perhitungan Penulangan ( <i>RSAP</i> ) .....                           | 73        |
| 5.1.6                                                            | Sinkronisasi Balik Dua Arah ( <i>Revit</i> ).....                                   | 74        |
| 5.2                                                              | Penerapan Elemen Parametrik <i>dan Level of Development (LOD) 300</i> .....         | 74        |
| 5.3.                                                             | Analisis Interoperabilitas Dua Arah ( <i>Bi-directional synchronization</i> ) ..... | 75        |
| 5.4.                                                             | Evaluasi Komparatif Aktivitas Desain (Konvensional (2D CAD) vs <i>BIM</i> ) .....   | 77        |
| <b>BAB VI STRUKTUR SEKUNDER .....</b>                            |                                                                                     | <b>80</b> |
| 6.1.                                                             | Sekunder .....                                                                      | 80        |
| 6.2.                                                             | Perencanaan Plat Atap .....                                                         | 80        |
| 6.2.1.                                                           | Pembebanan Plat Atap .....                                                          | 80        |
| 6.2.2.                                                           | Perhitungan Momen Plat Atap .....                                                   | 80        |
| 6.2.3.                                                           | Perhitungan Penulangan Plat Atap .....                                              | 82        |
| 6.3.                                                             | Perencanaan Pelat Lantai.....                                                       | 86        |
| 6.3.1.                                                           | Pembebanan Plat Lantai.....                                                         | 86        |
| 6.3.2.                                                           | Perhitungan Momen Plat Lantai .....                                                 | 86        |
| 6.3.3.                                                           | Perhitungan Momen Plat Lantai .....                                                 | 88        |
| 6.4.                                                             | Perencanaan Balok Anak Atap .....                                                   | 93        |

|                                     |                                                         |            |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------|
| 6.4.1.                              | Pembebanan Balok Anak Atap.....                         | 93         |
| 6.4.2.                              | Penulangan Lentur Balok Anak Atap (BA 25/40cm).....     | 97         |
| 6.4.3.                              | Penulangan Geser Balok Anak Atap (BA 25/40cm) .....     | 99         |
| 6.5.                                | Perencanaan Balok Anak Lantai.....                      | 101        |
| 6.5.1.                              | Pembebanan Balok Anak Lantai .....                      | 101        |
| 6.5.2.                              | Penulangan Lentur Balok Anak Lantai (BA 25/40 cm) ..... | 105        |
| 6.5.3.                              | Penulangan Geser Balok Anak Lantai (BA 25/40) .....     | 107        |
| 6.6.                                | Perencanaan Tangga .....                                | 110        |
| 6.6.1.                              | Pembebanan Tangga.....                                  | 112        |
| 6.6.2.                              | Analisa Statika Tangga.....                             | 113        |
| 6.6.3.                              | Penulangan Plat Tangga .....                            | 115        |
| 6.6.4.                              | Penulangan Plat Bordes .....                            | 116        |
| 6.6.5.                              | Perencanaan Balok Bordes.....                           | 117        |
| 6.7.                                | Perencanaan Balok Penggantung Lift.....                 | 121        |
| 6.7.1.                              | Koefisien Kejut Beban Hidup Oleh Crane.....             | 122        |
| 6.7.2.                              | Pembebanan Balok Penggantung Lift.....                  | 122        |
| 6.7.3.                              | Analisa Statik Balok Lift .....                         | 123        |
| 6.7.4.                              | Penulangan Balok Penggantung Lift.....                  | 125        |
| <b>BAB VII STRUKTUR PRIMER.....</b> |                                                         | <b>130</b> |
| 7.1.                                | Struktur Primer .....                                   | 130        |
| 7.2.                                | Data Perencanaan Struktur Primer .....                  | 130        |
| 7.3.                                | Pembebanan.....                                         | 131        |
| 7.3.1.                              | Perhitungan Beban Gravitasi .....                       | 131        |
| 7.3.2.                              | Perhitungan Beban Gempa .....                           | 135        |
| 7.4.                                | Perencanaan Balok Induk .....                           | 146        |
| 7.3.3.                              | Penulangan Lentur Balok Induk .....                     | 149        |
| 7.3.4.                              | Penulangan Geser Balok Induk.....                       | 153        |
| 7.3.5.                              | Penulangan Torsi Balok Induk .....                      | 157        |
| 7.5.                                | Perencanaan Kolom.....                                  | 158        |
| 7.5.1.                              | Desain Tulangan Memanjang Kolom .....                   | 159        |
| 7.5.2.                              | Perhitungan Kuat Tekan Maksimal Kolom.....              | 162        |
| 7.5.3.                              | Syarat Pendetailan Kolom.....                           | 162        |
| 7.5.4.                              | Pendetailan Kolom Strong Column Weak Beam .....         | 163        |

|                                          |                                                                   |            |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.5.5.                                   | Perhitungan Tulangan Confinement .....                            | 165        |
| 7.5.6.                                   | Perhitungan Tulangan Geser .....                                  | 167        |
| 7.5.7.                                   | Sambungan Lewatan Tulangan Pada Kolom .....                       | 169        |
| 7.6.                                     | Desain Hubungan Balok Kolom.....                                  | 169        |
| 7.6.1.                                   | Desain Hubungan Balok Kolom Terkekang Empat Balok .....           | 170        |
| 7.7.1.                                   | Desain Hubungan Balok Kolom Terkekang Tiga atau Dua Balok .....   | 171        |
| <b>BAB VIII PERENCANAAN PONDASI.....</b> |                                                                   | <b>174</b> |
| 8.1.                                     | Umum .....                                                        | 174        |
| 8.2.                                     | Daya Dukung Tiang Pancang .....                                   | 174        |
| 8.3.                                     | Perencanaan Pondasi Tiang Pancang.....                            | 174        |
| 8.3.1.                                   | Daya Dukung Tiang Pondasi Tipe Satu Berdasarkan Kekuatan Material | 175        |
| 8.3.2.                                   | Daya Dukung Tiang Pondasi Berdasarkan Kekuatan Tanah.....         | 175        |
| 8.3.3.                                   | Berdasarkan Data Sondir (CPT) .....                               | 176        |
| 8.3.4.                                   | Kebutuhan Tiang Pancang Pada Pondasi .....                        | 178        |
| 8.3.5.                                   | Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Pancang.....                 | 182        |
| 8.3.6.                                   | Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang .....                      | 185        |
| 8.3.7.                                   | Penurunan (settlement) Pondasi Tiang Pancang .....                | 187        |
| 8.4.                                     | Perencanaan <i>Pile Cap</i> .....                                 | 189        |
| 8.4.1.                                   | Kontrol Tebal <i>Pile Cap</i> .....                               | 190        |
| 8.4.2.                                   | Kontrol Geser Pondasi .....                                       | 190        |
| 8.4.3.                                   | Penulangan <i>Pile Cap</i> .....                                  | 191        |
| 8.5.                                     | Perencanaan Sloof .....                                           | 194        |
| 8.5.1.                                   | Analisa Gaya Dalam .....                                          | 195        |
| 8.5.2.                                   | Tulangan Longitudinal .....                                       | 195        |
| 8.5.3.                                   | Tulangan Geser .....                                              | 196        |
| <b>BAB IX KESIMPULAN DAN SARAN .....</b> |                                                                   | <b>197</b> |
| 9.1.                                     | Kesimpulan.....                                                   | 197        |
| 9.2.                                     | Saran .....                                                       | 198        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>              |                                                                   | <b>199</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>                    |                                                                   | <b>202</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2. 1 Detail penulangan kolom pada Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) .....    | 13 |
| Gambar 2. 2 Detail penulangan kolom pada Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) ..... | 14 |
| Gambar 2. 3 Detail penulangan kolom pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) .....   | 14 |
| Gambar 2. 4 Sistem Struktur Beton Bertulang Penahan Gempa Bumi .....                        | 16 |
| Gambar 2. 5 Sistem Struktur Beton Bertulang Penahan Gempa Bumi .....                        | 17 |
| Gambar 2. 6 Sistem Struktur Beton Bertulang Penahan Gempa Bumi .....                        | 18 |
| Gambar 2. 7 Spektrum Respon Desain.....                                                     | 26 |
| Gambar 2. 8 Grafik Respon Spektra Lokasi Kota Padang .....                                  | 27 |
| Gambar 2. 9 Ketidakberaturan Horizontal .....                                               | 35 |
| Gambar 2. 10 Ketidakberaturan Vertikal .....                                                | 37 |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir Perencanaan.....                                                   | 39 |
| Gambar 3. 2 Denah Lantai 1.....                                                             | 42 |
| Gambar 3. 3 Denah Lantai 2.....                                                             | 43 |
| Gambar 3. 4 Denah Lantai 3-10 .....                                                         | 43 |
| Gambar 3. 5 Tampak Depan .....                                                              | 44 |
| Gambar 3. 6 Tampak Belakang .....                                                           | 44 |
| Gambar 3. 7 Tampak Samping Kanan.....                                                       | 45 |
| Gambar 3. 8 Tampak Samping Kiri.....                                                        | 45 |
| Gambar 4. 1 Perencanaan Plat Atap .....                                                     | 50 |
| Gambar 4. 2 Penampang Balok Induk Plat Atap .....                                           | 51 |
| Gambar 4. 3 Penampang Balok Anak Plat Atap.....                                             | 53 |
| Gambar 4. 4 Penampang Balok Anak Plat Lantai .....                                          | 57 |
| Gambar 4. 5 Tributary area Kolom.....                                                       | 59 |
| Gambar 4. 6 Pemodelan Level .....                                                           | 64 |
| Gambar 4. 7 Pemodelan Grid .....                                                            | 65 |
| Gambar 4. 8 Pemodelan Kolom .....                                                           | 66 |
| Gambar 4. 9 Pemodelan Balok dan Plat.....                                                   | 67 |
| Gambar 4. 10 Model awal Pada <i>BIM</i> .....                                               | 68 |

|                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 5. 1 Perencanaan Plat Lantai.....                                                      | 55  |
| Gambar 5. 2 Penampang Balok Plat Lantai.....                                                  | 56  |
| Gambar 6. 1 Tipe Plat.....                                                                    | 81  |
| Gambar 6. 2 Denah Plat Lantai Ekvivalen .....                                                 | 86  |
| Gambar 6. 3 Tipe Plat Lantai.....                                                             | 87  |
| Gambar 6. 4 Denah Plat Atap Ekvivalen.....                                                    | 93  |
| Gambar 6. 5 Pembebanan Trapesium Pada Balok Anak Atap (25/40).....                            | 94  |
| Gambar 6. 6 Pembebanan Segitiga Pada Balok Anak Atap (25/40).....                             | 96  |
| Gambar 6. 7 Pembebanan Trapesium Pada Balok Anak Lantai (25/40) .....                         | 102 |
| Gambar 6. 8 Pembebanan Segitiga Pada Balok Anak Lantai (25/40).....                           | 104 |
| Gambar 6. 9 (a) Denah Tangga (b) Sket Tangga Tampak samping .....                             | 111 |
| Gambar 6. 10 Sket Pembebanan Tangga .....                                                     | 113 |
| Gambar 6. 11 Analisa Statik Tangga .....                                                      | 114 |
| Gambar 6. 12 Statika Pembebanan.....                                                          | 123 |
| Gambar 6. 13 Momen Lentur ( $M_u$ ) Pada Balok Penggantung <i>Lift</i> .....                  | 123 |
| Gambar 6. 14 Gaya Geser ( $V_u$ ) Pada Balok Penggantung Lift.....                            | 123 |
| Gambar 6. 15 Gaya Dalam Lapangan Balok Penggantung Lift.....                                  | 124 |
| Gambar 6. 16 Gaya Dalam Tumpuan Balok Penggantung <i>Lift</i> .....                           | 124 |
| Gambar 7. 1 Gambar Pemodelan 3D.....                                                          | 130 |
| Gambar 7. 2 Respon Spektrum Kota Padang .....                                                 | 138 |
| Gambar 7. 3 Perhitungan Beban Gempa Statik Ekvivalen ( $F_i$ ) Tiap Lantai .....              | 139 |
| Gambar 7. 4(a)Gaya Gempa Tiap Lantai Arah X ;(b)Gaya Gemp Tiap Lantai Arah Y ....             | 140 |
| Gambar 7. 5 Kombinasi Pembebanan .....                                                        | 141 |
| Gambar 7. 6 Bentuk 3D Gedung Apartemen Az Zahr.....                                           | 142 |
| Gambar 7. 7 Simpangan Simpangan Yang Terjadi di arah X.....                                   | 143 |
| Gambar 7. 8 Simpangan Yang Terjadi di arah Y .....                                            | 143 |
| Gambar 7. 9 simpangan tiapLantai Pada sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.....                 | 144 |
| Gambar 7. 10 Analisis Modal .....                                                             | 146 |
| Gambar 7. 11 Diagram Geser .....                                                              | 155 |
| Gambar 7. 12 Nomogram Faktor Kekakuan Kolom (Struktur Tidak Bergoyang).....                   | 160 |
| Gambar 7. 13 <i>Output</i> analisa Kolom Menggunakan SPColumn.....                            | 161 |
| Gambar 7. 14 Diagram Interaksi Gaya Aksial dan Momen Pada Garis spColumn Nilai $M_{nc}$ ..... | 165 |

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 8. 1 Ujung Tian Pancang Yang Mengalami Keruntuha Geser ..... | 175 |
| Gambar 8. 2 Pondasi.....                                            | 182 |
| Gambar 8. 3 Denah Pondasi .....                                     | 186 |
| Gambar 8. 4 Diagram Interaksi Mn-Pn ( <i>Output</i> spColumn) ..... | 196 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 2. 1 Klasifikasi Situs .....                                                                     | 23  |
| Tabel 2. 2 Koefisien Situs ( $F_a$ ) .....                                                             | 24  |
| Tabel 2. 3 Koefisien situs ( $F_v$ ) .....                                                             | 25  |
| Tabel 2. 4 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek.....   | 28  |
| Tabel 2. 5 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik ..... | 29  |
| Tabel 2. 6 Faktor $R$ , $C_d$ , dan $\Omega$ untuk sistem pemikul gaya seismic.....                    | 30  |
| Tabel 2. 7 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung.....                                  | 30  |
| Tabel 2. 8 Nilai parameter periode pendekatan $C_t$ dan $x$ .....                                      | 31  |
| Tabel 2. 9 Simpangan antar tingkat izin, $\Delta a a . b$ .....                                        | 33  |
| Tabel 2. 10 Ketidakberturan Horizontal .....                                                           | 36  |
| Tabel 2. 11 Ketidakberaturan vertikal pada struktur.....                                               | 37  |
| Tabel 4. 1 Data Pemodelan .....                                                                        | 63  |
| Tabel 4. 2 Level bangunan pada Model <i>BIM</i> .....                                                  | 63  |
| Tabel 4. 3 Parameter Elemen Struktur Pada Model <i>BIM</i> .....                                       | 68  |
| Tabel 4. 4 Rekapitulasi Elemen Struktur .....                                                          | 69  |
| Tabel 4. 5 Rekapitulasi Material Struktur.....                                                         | 70  |
| Tabel 4. 6 Rekapitulasi Geometri Model Awal.....                                                       | 71  |
| Tabel 5. 1 <i>Level Of Development</i> .....                                                           | 75  |
| Tabel 5. 2 Komparasi Aktivitas Desain Metode Konvensional vs Metode Integrasi <i>BIM</i> ..            | 77  |
| Tabel 6. 1 Tabel Momen Plat Atap .....                                                                 | 81  |
| Tabel 6. 2 Momen Plat Lantai .....                                                                     | 88  |
| Tabel 6. 3 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak dan Balok Lantai .....                                   | 110 |
| Tabel 6. 4 Perletkan Momen Tangga .....                                                                | 114 |
| Tabel 6. 5 Perletakan Momen Bordes.....                                                                | 114 |
| Tabel 6. 6 Rekapitulasi Balok Penggantung Lift.....                                                    | 129 |
| Tabel 7. 1 Berat Tiap Lantai .....                                                                     | 134 |
| Tabel 7. 2 Perhitungan Jenis Tanah Kota Padang.....                                                    | 136 |
| Tabel 7. 3 Tabel <i>T-Rayleigh</i> Arah X .....                                                        | 144 |
| Tabel 7. 4 Tabel <i>T-Rayleigh</i> Arah Y .....                                                        | 145 |

|                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 7. 5 Rekapitulasi Balok Induk .....                                                           | 158 |
| Tabel 7. 6 Tabel Gaya Dalam Kolom .....                                                             | 159 |
| Tabel 7. 7 Rekapitulasi Pengecekan <i>SCWB</i> pada HBK Interior dan Eksterior Tiap Lantai<br>..... | 172 |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Secara geotektonik, wilayah Indonesia merupakan salah satu zona paling dinamis di dunia karena berada pada titik konvergensi tiga lempeng tektonik mayor: Eurasia, Indo-Australia, dan Pasifik. Kota Padang, yang terletak di pesisir barat Sumatera, memiliki profil risiko seismik yang sangat signifikan akibat aktivitas subduksi lempeng pada zona *Mentawai Megathrust* serta keberadaan sesar darat aktif. Kondisi seismisitas ini memberikan tantangan teknis yang krusial dalam perencanaan infrastruktur, khususnya untuk bangunan gedung bertingkat seperti Apartemen "Az-Zahr" yang direncanakan memiliki elevasi struktur hingga 10 lantai.

Dalam merespons risiko tersebut, regulasi perencanaan struktur di Indonesia telah menetapkan standar yang ketat melalui SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Untuk wilayah dengan tingkat seismisitas desain yang tinggi, penggunaan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) merupakan sebuah keharusan teknis guna memastikan struktur memiliki daktilitas memadai melalui kepatuhan terhadap SNI 2847:2019 mengenai Persyaratan Beton Struktural. Implementasi SRPMK ini menuntut tercapainya mekanisme sendi plastis yang terencana melalui kriteria *Strong Column-Weak Beam (SCWB)* serta pemenuhan aspek kekakuan (*stiffness*) berupa batasan simpangan antar lantai izin (*Inter-story drift*). Berdasarkan regulasi, simpangan yang terjadi tidak boleh melampaui batas ( $\Delta$ ) sebesar 0,020h guna menjamin stabilitas struktur dan meminimalisir kerusakan pada elemen non-struktural saat terjadi beban gempa rencana.

Namun, dalam praktiknya, perencanaan SRPMK pada gedung 10 lantai di zona gempa tinggi melibatkan variabel teknis yang sangat kompleks dan iteratif. Perencana sering kali dihadapkan pada hambatan koordinasi data saat mentransfer Model fisik ke dalam *Software* analisis struktur, yang berpotensi menyebabkan fragmentasi informasi. Oktavianus et al. (2024) menekankan bahwa penggunaan alur kerja konvensional berbasis 2D CAD pada bangunan tinggi memiliki risiko *Human error* yang signifikan dalam manajemen revisi dan integritas data dibandingkan dengan metode berbasis objek digital.

Sebagai solusi atas kompleksitas tersebut, perencanaan ini mengimplementasikan metodologi *Building Information Modeling (BIM)*. *BIM* diposisikan sebagai transformasi

paradigma dari sekadar dokumentasi grafis menjadi pemodelan objek yang memiliki integritas informasi tinggi. Fokus utama perencanaan ini adalah mengoptimalkan efisiensi alur kerja (*Workflow*) dan presisi teknis melalui integrasi dua perangkat lunak utama dari ekosistem *Autodesk*, yaitu *Autodesk Revit* dan *Robot Structural Analysis Professional (RSAP)*. Penggunaan *BIM* memungkinkan sinkronisasi antara Model fisik dan analitis secara *real-time*, yang menurut Salsabila & Arya (2024), mampu mereduksi waktu pemodelan ulang secara signifikan saat terjadi perubahan parameter dimensi struktur.

*Autodesk Revit* digunakan sebagai platform pemodelan parametrik untuk membangun *Physical Model* dan *Analytical Model* secara simultan hingga *Level of Development (LOD)* 300. *LOD 300* didefinisikan sebagai tingkat kedalaman pemodelan di mana elemen struktur direpresentasikan secara spesifik sebagai sistem atau objek yang akurat dalam hal kuantitas, dimensi geometri, lokasi koordinat, serta orientasi. Pada level ini, elemen Model tidak lagi bersifat generik, melainkan telah memiliki data teknis yang matang sehingga siap digunakan untuk analisis rekayasa dan dokumentasi konstruksi. Hal ini menjamin konsistensi basis data tunggal (*Single Source of Truth*) yang memuat informasi geometri dan properti material beton  $f'c$  35 MPa sesuai standar pembebanan SNI 1727:2020 serta spesifikasi baja tulangan berdasarkan SNI 2052:2017.

Perencanaan ini diperkuat dengan pemanfaatan *RSAP* untuk analisis beban lateral dan dinamis menggunakan metode *Finite Element Analysis (FEA)*. Wang & Zhang (2024) menyatakan bahwa integrasi simulasi beban lateral dalam ekosistem *BIM* sangat mempermudah perencana dalam melakukan validasi kriteria *drift* (simpangan) dan performa struktur pada bangunan beton bertulang secara komprehensif.

Keunggulan teknis yang menjadi determinan utama dalam perencanaan ini terletak pada manifestasi Interoperabilitas melalui fitur *Bi-directional synchronization* antara *Revit* dan *RSAP*. Integrasi ini menciptakan sebuah ekosistem perencanaan yang bersifat *Closed-loop*, di mana setiap modifikasi penampang hasil validasi pada *RSAP* guna memenuhi kriteria *SCWB* serta limitasi simpangan antar lantai dapat diartikulasikan kembali ke dalam Model fisik *Revit* secara *real-time* tanpa adanya redundansi data. Meskipun objek studi ini merupakan bangunan swasta, implementasi *BIM* tetap menjadi relevan sebagai bentuk adaptasi terhadap kemajuan industri konstruksi 4.0 di Indonesia yang menuntut rigiditas parameter teknis dan integritas struktural pada bangunan berkategori risiko tinggi (*High-rise building*). Dengan demikian, penerapan duet *Revit* dan *RSAP* diharapkan dapat menghasilkan perencanaan struktur Apartemen "Az-Zahr" yang tidak hanya efisien secara

durasi, namun juga tangguh dan patuh terhadap seluruh regulasi teknis SRPMK di Kota Padang.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan paparan latar belakang tentang penerapan *Building Information Modeling (BIM)* dalam perancangan struktur beton bertulang Gedung Apartemen “Az-Zahr” menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) di Kota Padang, maka persoalan yang akan dikaji adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan *Building Information Modeling (BIM)* dapat meningkatkan akurasi koordinasi antar-elemen dan mereduksi siklus revisi dalam alur perencanaan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) pada gedung Apartemen Az-Zahr?
2. Sejauh mana integrasi Model *BIM* memfasilitasi analisis beban gempa yang presisi, penyesuaian dimensi elemen SRPMK agar memenuhi kriteria kapasitas, serta perhitungan simpangan antar lantai (*Inter-story drift*) untuk menjamin ketahanan struktural Apartemen Az-Zahr pada kondisi Klasifikasi Situs Tanah Lunak (Situs SE) dengan Kategori Desain Seismik (KDS) E di Kota Padang?
3. Bagaimana *BIM* digunakan untuk memverifikasi dan mensimulasikan perilaku sambungan kolom – balok pada SRPMK, termasuk kurasi detailing tulangan sesuai persyaratan daktilitas SNI 2847 : 2019 dan distribusi simpangan, guna memastikan Model digital sepenuhnya memenuhi standar ketahanan gempa nasional ?

## **1.3. Batasan Masalah**

Pembahasan dalam Tugas Akhir ini difokuskan pada aspek perencanaan struktur beton bertulang gedung Apartemen “Az-Zahr” di Kota Padang dengan menggunakan pendekatan *Building Information Modeling (BIM)* dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Secara lebih rinci, ruang lingkup penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Pembuatan Model 3D dilakukan menggunakan perangkat lunak *Autodesk Revit* yang difokuskan secara eksklusif pada elemen struktur utama beton bertulang (balok, kolom, dan pelat). Detail arsitektural, elemen *Mechanical, Electrical, and Plumbing (MEP)*, serta elemen non-struktural lainnya tidak termasuk dalam lingkup pembahasan.

2. Analisis respons gempa dibatasi pada evaluasi simpangan antar lantai (*Inter-story drift*) berdasarkan parameter beban gempa Kota Padang yang merujuk pada pedoman SNI 1726:2019.
3. Pendetailan elemen struktur dan persyaratan daktilitas tinggi mengacu sepenuhnya pada SNI 2847:2019, dengan fokus utama pada pemodelan penulangan sambungan balok-kolom SRPMK. Penelitian ini tidak membahas elemen beton prategang maupun struktur dinding penahan tanah (*retaining wall*).
4. Iterasi atau perubahan dimensi elemen struktur (balok, kolom, dan pelat) dilakukan semata-mata untuk mencapai kapasitas penampang yang memadai serta memenuhi syarat kekakuan (simpangan antar lantai). Tidak dilakukan optimasi untuk pengurangan volume material atau penghematan jumlah tulangan.
5. Penelitian ini tidak membahas estimasi biaya (RAB), metode pelaksanaan konstruksi, maupun manajemen proyek. Perbandingan dengan metode konvensional hanya dibatasi pada aspek alur kerja (*Workflow*) dan akurasi koordinasi, tidak mencakup perbandingan durasi pengerjaan atau biaya secara kuantitatif.

#### **1.4. Maksud dan Tujuan**

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengimplementasikan metodologi *Building Information Modeling (BIM)* dalam proses perencanaan struktur beton bertulang pada Gedung Apartemen “Az-Zahr”. Mengingat lokasi pembangunan berada di Kota Padang yang dikategorikan sebagai wilayah dengan risiko seismik sangat tinggi akibat kedekatannya dengan jalur patahan aktif dan zona *megathrust* maka perencanaan ini menuntut tingkat akurasi dan rigiditas yang ekstrem. Penggunaan *BIM* dimaksudkan untuk memfasilitasi analisis Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) secara lebih komprehensif, guna memastikan integritas struktural gedung 10 lantai tersebut tetap terjaga di zona gempa kritis melalui alur kerja yang terintegrasi, akurat, dan efisien:

1. Menganalisis efektivitas penerapan *BIM* dalam meningkatkan akurasi koordinasi antar-elemen struktur serta kemampuannya dalam mereduksi siklus revisi desain pada perencanaan SRPMK dibandingkan dengan alur kerja konvensional.
2. Mengevaluasi integrasi Model *BIM* (interoperabilitas *Revit-RSAP*) dalam memfasilitasi analisis gempa dinamis yang presisi, serta melakukan validasi terhadap pemenuhan

- kriteria kapasitas penampang dan batasan simpangan antar lantai (*Inter-story drift*) sesuai standar SNI 1726:2019 pada zona gempa tinggi.
3. Memverifikasi pemodelan detail penulangan (*detailing*) pada sambungan balok-kolom SRPMK berbasis digital dengan tingkat kedalaman Model *LOD* 300, guna memastikan seluruh parameter pengekangan dan daktilitas memenuhi persyaratan ketat SNI 2847:2019.

### **1.5. Manfaat**

Tugas Akhir ini diharapkan mampu memberikan kontribusi yang signifikan, baik dalam pengembangan kompetensi personal, penguatan literatur akademis, maupun implementasi praktis di industri konstruksi. Secara personal, pelaksanaan studi ini menjadi instrumen strategis bagi penulis untuk menguasai ekosistem *Building Information Modeling (BIM)*, khususnya melalui integrasi parametrik antara *Autodesk Revit* dan *Robot Structural Analysis Professional (RSAP)* dalam memvalidasi kriteria daktilitas SRPMK di wilayah dengan risiko seismik ekstrem. Secara akademis, hasil penelitian ini diposisikan sebagai referensi ilmiah bagi Program Studi Teknik Sipil Universitas Wijaya Kusuma Surabaya mengenai aplikasi *Interoperability* dalam mitigasi bencana melalui perencanaan digital yang akurat, serta menjadi landasan bagi peneliti selanjutnya dalam mengeksplorasi potensi pemodelan *Level of Development (LOD)* 300. Lebih lanjut, bagi praktisi dan industri konstruksi, penelitian ini menawarkan Model alur kerja (*Workflow*) yang lebih sistematis dan efisien guna meminimalisir risiko kegagalan desain yang bersifat fatal pada bangunan tinggi (*High-rise building*) di Kota Padang. Dengan mengintegrasikan validasi parameter keamanan seperti *Inter-story drift* dan *Strong Column-Weak Beam* secara *real-time*, penelitian ini membuktikan peran vital transformasi digital Konstruksi 4.0 dalam menjamin integritas struktural, akurasi koordinasi data, dan keselamatan publik di masa depan.

## DAFTAR ISI

|                                                                                       |             |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>                                                         | <b>ii</b>   |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN REVISI .....</b>                                                 | <b>iii</b>  |
| <b>ABSTRAK.....</b>                                                                   | <b>iv</b>   |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                                                 | <b>v</b>    |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                                                           | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                                                               | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                                                             | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>                                                              | <b>xvi</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>                                                        | <b>1</b>    |
| 1.1. Latar Belakang.....                                                              | 1           |
| 1.2. Rumusan Masalah .....                                                            | 3           |
| 1.3. Batasan Masalah .....                                                            | 3           |
| 1.4. Maksud dan Tujuan .....                                                          | 4           |
| 1.5. Manfaat.....                                                                     | 5           |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>                                                  | <b>6</b>    |
| 2.1. Konsep & Evolusi <i>Building Information Modeling (BIM)</i> .....                | 6           |
| 2.2. Konsep <i>Level of Development (LOD)</i> dalam Pemodelan Struktural .....        | 6           |
| 2.2.1. Level of Development 100 ( <i>LOD 100 - Conceptual Design</i> ) .....          | 6           |
| 2.2.2. Level of Development 200 ( <i>LOD 200 - Schematic Design</i> ) .....           | 7           |
| 2.2.3. Level of Development 300 ( <i>LOD 300 - Detailed Design</i> ).....             | 8           |
| 2.2.4. Level of Development 350 ( <i>LOD 350 - Construction Documentation</i> ) ..... | 9           |
| 2.3. Perbandingan Antara <i>BIM</i> dan CAD Konvensional .....                        | 11          |
| 2.4. Teori dan Konsep Struktur Gedung Daktail .....                                   | 12          |
| 2.4.1. Filosofi Perencanaan Bangunan Tahan Gempa.....                                 | 12          |
| 2.4.2. Klasifikasi Daktilitas Menurut SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019 .....           | 12          |
| 2.4.3. Mekanisme Strong Column – Weak Beam .....                                      | 15          |
| 2.5. Sistem Penahan Gempa .....                                                       | 15          |
| 2.5.1. Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) .....                                       | 15          |
| 2.5.2. Sistem Dinding Geser (Shear Wall) .....                                        | 16          |
| 2.5.3. Sistem Ganda (Dual System) .....                                               | 17          |
| 2.6. Teori dan Pemodelan SRPMK dalam <i>BIM</i> .....                                 | 18          |

|                                                                       |                                                                                |           |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.7.                                                                  | Sistem Rangka Untuk Perencanaan Struktur Gedung .....                          | 19        |
| 2.8.                                                                  | Perencanaan Tahan Gempa Menggunakan <i>BIM</i> .....                           | 20        |
| 2.9.                                                                  | Resiko Gempa Tinggi .....                                                      | 21        |
| 2.10.                                                                 | Klasifikasi Situs.....                                                         | 22        |
| 2.11.                                                                 | Menentukan Respon Spektra.....                                                 | 24        |
| 2.12.                                                                 | Menentukan Kategori Desain Seismik .....                                       | 28        |
| 2.13.                                                                 | Pemilihan Sistem Struktur dan Parameter Sistem ( $R$ , $C_d$ , $\Omega$ )..... | 29        |
| 2.14.                                                                 | Perhitungan Geser Dasar Seismik .....                                          | 31        |
| 2.15.                                                                 | Distribusi Vertikal Gaya Seismik .....                                         | 32        |
| 2.16.                                                                 | Penentuan Batas Simpangan Antar Lantai.....                                    | 33        |
| 2.17.                                                                 | Detail Sambungan Kolom Balok Untuk daktilitas Tinggi.....                      | 34        |
| 2.18.                                                                 | Konfigurasi Ketidakberaturan Struktur Gedung.....                              | 35        |
|                                                                       | 2.18.1. Ketidakberaturan Horizontal.....                                       | 35        |
|                                                                       | 2.18.2. Ketidakberaturan Vertikal .....                                        | 36        |
| 2.19.                                                                 | <i>Parametric Design</i> dan Optimasi Elemen Beton Bertulang.....              | 38        |
| 2.20.                                                                 | Integrasi <i>BIM</i> Dengan <i>Software</i> Analisa Struktur .....             | 38        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>                                 |                                                                                | <b>39</b> |
| 3.1                                                                   | Diagram Alir Rencana .....                                                     | 39        |
| 3.2                                                                   | Penjelasan Diagram Alir Rencana .....                                          | 41        |
| <b>BAB IV <i>PRELIMINARY DESIGN</i> DAN PEMODELAN <i>BIM</i>.....</b> |                                                                                | <b>49</b> |
| 4.1.                                                                  | Data Perencanaan .....                                                         | 49        |
| 4.2.                                                                  | Perencanaan Dimensi Balok.....                                                 | 49        |
|                                                                       | 4.2.1.Perencanaan Dimensi Balok Induk.....                                     | 49        |
|                                                                       | 4.2.2.Perencanaan Dimensi Balok Anak.....                                      | 49        |
| 4.3.                                                                  | Perencanaan Dimensi Plat .....                                                 | 50        |
|                                                                       | 4.3.1.Perencanaan Plat Atap.....                                               | 50        |
|                                                                       | 4.3.2.Perencanaan Plat Lantai .....                                            | 55        |
| 4.4.                                                                  | Perencanaan Dimensi Kolom .....                                                | 59        |
|                                                                       | 4.4.1.Pembebanan Pada Kolom .....                                              | 60        |
|                                                                       | 4.4.2.Menentukan Dimensi Pada Kolom .....                                      | 61        |
| 4.5.                                                                  | Pemodelan Awal Pada <i>BIM</i> .....                                           | 62        |
|                                                                       | 4.5.1.Persiapan Data Pemodelan.....                                            | 62        |

|                                                                  |                                                                                     |           |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.5.2.                                                           | Pembuatan Level dan Grid Bangunan .....                                             | 63        |
| 4.5.3.                                                           | Pemodelan Kolom.....                                                                | 65        |
| 4.5.4.                                                           | Pemodelan Balok .....                                                               | 66        |
| 4.5.5.                                                           | Pemodelan Pelat Lantai.....                                                         | 67        |
| 4.5.6.                                                           | Penerapan Parameter BIM .....                                                       | 67        |
| 4.5.7.                                                           | Hasil Model Awal.....                                                               | 68        |
| 4.6.                                                             | Rekapitulasi Model Awal.....                                                        | 69        |
| 4.6.1.                                                           | Rekapitulasi Dimensi Elemen Struktur Awal.....                                      | 69        |
| 4.6.2.                                                           | Rekapitulasi Material Struktur .....                                                | 70        |
| 4.6.3.                                                           | Rekapitulasi Geometri Model Awal .....                                              | 71        |
| <b>BAB V IMPLEMENTASI PARAMETRIK DAN INTEROPERABILITAS .....</b> |                                                                                     | <b>72</b> |
| 5.1.                                                             | Alur Kerja ( <i>Workflow</i> ) Perencanaan Berbasis BIM.....                        | 72        |
| 5.1.1                                                            | Pemodelan Fisik dan Geometri Struktur ( <i>Autodesk Revit</i> ) .....               | 72        |
| 5.1.2                                                            | Otomatisasi Model Analitis ( <i>Autodesk Revit</i> ) .....                          | 73        |
| 5.1.3                                                            | Interoperabilitas Ekspor Model ke <i>RSAP</i> .....                                 | 73        |
| 5.1.4                                                            | Analisis & Desain Struktur ( <i>RSAP</i> ) .....                                    | 73        |
| 5.1.5                                                            | Verifikasi & Perhitungan Penulangan ( <i>RSAP</i> ) .....                           | 73        |
| 5.1.6                                                            | Sinkronisasi Balik Dua Arah ( <i>Revit</i> ).....                                   | 74        |
| 5.2                                                              | Penerapan Elemen Parametrik <i>dan Level of Development (LOD) 300</i> .....         | 74        |
| 5.3.                                                             | Analisis Interoperabilitas Dua Arah ( <i>Bi-directional synchronization</i> ) ..... | 75        |
| 5.4.                                                             | Evaluasi Komparatif Aktivitas Desain (Konvensional (2D CAD) vs <i>BIM</i> ) .....   | 77        |
| <b>BAB VI STRUKTUR SEKUNDER .....</b>                            |                                                                                     | <b>80</b> |
| 6.1.                                                             | Sekunder .....                                                                      | 80        |
| 6.2.                                                             | Perencanaan Plat Atap .....                                                         | 80        |
| 6.2.1.                                                           | Pembebanan Plat Atap .....                                                          | 80        |
| 6.2.2.                                                           | Perhitungan Momen Plat Atap .....                                                   | 80        |
| 6.2.3.                                                           | Perhitungan Penulangan Plat Atap .....                                              | 82        |
| 6.3.                                                             | Perencanaan Pelat Lantai.....                                                       | 86        |
| 6.3.1.                                                           | Pembebanan Plat Lantai.....                                                         | 86        |
| 6.3.2.                                                           | Perhitungan Momen Plat Lantai .....                                                 | 86        |
| 6.3.3.                                                           | Perhitungan Momen Plat Lantai .....                                                 | 88        |
| 6.4.                                                             | Perencanaan Balok Anak Atap .....                                                   | 93        |

|                                     |                                                         |            |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------|
| 6.4.1.                              | Pembebanan Balok Anak Atap.....                         | 93         |
| 6.4.2.                              | Penulangan Lentur Balok Anak Atap (BA 25/40cm).....     | 97         |
| 6.4.3.                              | Penulangan Geser Balok Anak Atap (BA 25/40cm) .....     | 99         |
| 6.5.                                | Perencanaan Balok Anak Lantai.....                      | 101        |
| 6.5.1.                              | Pembebanan Balok Anak Lantai .....                      | 101        |
| 6.5.2.                              | Penulangan Lentur Balok Anak Lantai (BA 25/40 cm) ..... | 105        |
| 6.5.3.                              | Penulangan Geser Balok Anak Lantai (BA 25/40) .....     | 107        |
| 6.6.                                | Perencanaan Tangga .....                                | 110        |
| 6.6.1.                              | Pembebanan Tangga.....                                  | 112        |
| 6.6.2.                              | Analisa Statika Tangga.....                             | 113        |
| 6.6.3.                              | Penulangan Plat Tangga .....                            | 115        |
| 6.6.4.                              | Penulangan Plat Bordes .....                            | 116        |
| 6.6.5.                              | Perencanaan Balok Bordes.....                           | 117        |
| 6.7.                                | Perencanaan Balok Penggantung Lift.....                 | 121        |
| 6.7.1.                              | Koefisien Kejut Beban Hidup Oleh Crane.....             | 122        |
| 6.7.2.                              | Pembebanan Balok Penggantung Lift.....                  | 122        |
| 6.7.3.                              | Analisa Statik Balok Lift .....                         | 123        |
| 6.7.4.                              | Penulangan Balok Penggantung Lift.....                  | 125        |
| <b>BAB VII STRUKTUR PRIMER.....</b> |                                                         | <b>130</b> |
| 7.1.                                | Struktur Primer .....                                   | 130        |
| 7.2.                                | Data Perencanaan Struktur Primer .....                  | 130        |
| 7.3.                                | Pembebanan.....                                         | 131        |
| 7.3.1.                              | Perhitungan Beban Gravitasi .....                       | 131        |
| 7.3.2.                              | Perhitungan Beban Gempa .....                           | 135        |
| 7.4.                                | Perencanaan Balok Induk .....                           | 146        |
| 7.3.3.                              | Penulangan Lentur Balok Induk .....                     | 149        |
| 7.3.4.                              | Penulangan Geser Balok Induk.....                       | 153        |
| 7.3.5.                              | Penulangan Torsi Balok Induk .....                      | 157        |
| 7.5.                                | Perencanaan Kolom.....                                  | 158        |
| 7.5.1.                              | Desain Tulangan Memanjang Kolom .....                   | 159        |
| 7.5.2.                              | Perhitungan Kuat Tekan Maksimal Kolom.....              | 162        |
| 7.5.3.                              | Syarat Pendetailan Kolom.....                           | 162        |
| 7.5.4.                              | Pendetailan Kolom Strong Column Weak Beam .....         | 163        |

|                                          |                                                                   |            |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.5.5.                                   | Perhitungan Tulangan Confinement .....                            | 165        |
| 7.5.6.                                   | Perhitungan Tulangan Geser .....                                  | 167        |
| 7.5.7.                                   | Sambungan Lewatan Tulangan Pada Kolom .....                       | 169        |
| 7.6.                                     | Desain Hubungan Balok Kolom.....                                  | 169        |
| 7.6.1.                                   | Desain Hubungan Balok Kolom Terkekang Empat Balok .....           | 170        |
| 7.7.1.                                   | Desain Hubungan Balok Kolom Terkekang Tiga atau Dua Balok .....   | 171        |
| <b>BAB VIII PERENCANAAN PONDASI.....</b> |                                                                   | <b>174</b> |
| 8.1.                                     | Umum .....                                                        | 174        |
| 8.2.                                     | Daya Dukung Tiang Pancang .....                                   | 174        |
| 8.3.                                     | Perencanaan Pondasi Tiang Pancang.....                            | 174        |
| 8.3.1.                                   | Daya Dukung Tiang Pondasi Tipe Satu Berdasarkan Kekuatan Material | 175        |
| 8.3.2.                                   | Daya Dukung Tiang Pondasi Berdasarkan Kekuatan Tanah.....         | 175        |
| 8.3.3.                                   | Berdasarkan Data Sondir (CPT) .....                               | 176        |
| 8.3.4.                                   | Kebutuhan Tiang Pancang Pada Pondasi .....                        | 178        |
| 8.3.5.                                   | Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Pancang.....                 | 182        |
| 8.3.6.                                   | Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang .....                      | 185        |
| 8.3.7.                                   | Penurunan (settlement) Pondasi Tiang Pancang .....                | 187        |
| 8.4.                                     | Perencanaan <i>Pile Cap</i> .....                                 | 189        |
| 8.4.1.                                   | Kontrol Tebal <i>Pile Cap</i> .....                               | 190        |
| 8.4.2.                                   | Kontrol Geser Pondasi .....                                       | 190        |
| 8.4.3.                                   | Penulangan <i>Pile Cap</i> .....                                  | 191        |
| 8.5.                                     | Perencanaan Sloof .....                                           | 194        |
| 8.5.1.                                   | Analisa Gaya Dalam .....                                          | 195        |
| 8.5.2.                                   | Tulangan Longitudinal .....                                       | 195        |
| 8.5.3.                                   | Tulangan Geser .....                                              | 196        |
| <b>BAB IX KESIMPULAN DAN SARAN .....</b> |                                                                   | <b>197</b> |
| 9.1.                                     | Kesimpulan.....                                                   | 197        |
| 9.2.                                     | Saran .....                                                       | 198        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>              |                                                                   | <b>199</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>                    |                                                                   | <b>202</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2. 1 Detail penulangan kolom pada Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) .....    | 13 |
| Gambar 2. 2 Detail penulangan kolom pada Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) ..... | 14 |
| Gambar 2. 3 Detail penulangan kolom pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) .....   | 14 |
| Gambar 2. 4 Sistem Struktur Beton Bertulang Penahan Gempa Bumi .....                        | 16 |
| Gambar 2. 5 Sistem Struktur Beton Bertulang Penahan Gempa Bumi .....                        | 17 |
| Gambar 2. 6 Sistem Struktur Beton Bertulang Penahan Gempa Bumi .....                        | 18 |
| Gambar 2. 7 Spektrum Respon Desain.....                                                     | 26 |
| Gambar 2. 8 Grafik Respon Spektra Lokasi Kota Padang .....                                  | 27 |
| Gambar 2. 9 Ketidakberaturan Horizontal .....                                               | 35 |
| Gambar 2. 10 Ketidakberaturan Vertikal .....                                                | 37 |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir Perencanaan.....                                                   | 39 |
| Gambar 3. 2 Denah Lantai 1.....                                                             | 42 |
| Gambar 3. 3 Denah Lantai 2.....                                                             | 43 |
| Gambar 3. 4 Denah Lantai 3-10 .....                                                         | 43 |
| Gambar 3. 5 Tampak Depan .....                                                              | 44 |
| Gambar 3. 6 Tampak Belakang .....                                                           | 44 |
| Gambar 3. 7 Tampak Samping Kanan.....                                                       | 45 |
| Gambar 3. 8 Tampak Samping Kiri.....                                                        | 45 |
| Gambar 4. 1 Perencanaan Plat Atap .....                                                     | 50 |
| Gambar 4. 2 Penampang Balok Induk Plat Atap .....                                           | 51 |
| Gambar 4. 3 Penampang Balok Anak Plat Atap.....                                             | 53 |
| Gambar 4. 4 Penampang Balok Anak Plat Lantai .....                                          | 57 |
| Gambar 4. 5 Tributary area Kolom.....                                                       | 59 |
| Gambar 4. 6 Pemodelan Level .....                                                           | 64 |
| Gambar 4. 7 Pemodelan Grid .....                                                            | 65 |
| Gambar 4. 8 Pemodelan Kolom .....                                                           | 66 |
| Gambar 4. 9 Pemodelan Balok dan Plat.....                                                   | 67 |
| Gambar 4. 10 Model awal Pada <i>BIM</i> .....                                               | 68 |

|                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 5. 1 Perencanaan Plat Lantai.....                                                      | 55  |
| Gambar 5. 2 Penampang Balok Plat Lantai.....                                                  | 56  |
| Gambar 6. 1 Tipe Plat.....                                                                    | 81  |
| Gambar 6. 2 Denah Plat Lantai Ekvivalen .....                                                 | 86  |
| Gambar 6. 3 Tipe Plat Lantai.....                                                             | 87  |
| Gambar 6. 4 Denah Plat Atap Ekvivalen.....                                                    | 93  |
| Gambar 6. 5 Pembebanan Trapesium Pada Balok Anak Atap (25/40).....                            | 94  |
| Gambar 6. 6 Pembebanan Segitiga Pada Balok Anak Atap (25/40).....                             | 96  |
| Gambar 6. 7 Pembebanan Trapesium Pada Balok Anak Lantai (25/40) .....                         | 102 |
| Gambar 6. 8 Pembebanan Segitiga Pada Balok Anak Lantai (25/40).....                           | 104 |
| Gambar 6. 9 (a) Denah Tangga (b) Sket Tangga Tampak samping .....                             | 111 |
| Gambar 6. 10 Sket Pembebanan Tangga .....                                                     | 113 |
| Gambar 6. 11 Analisa Statik Tangga .....                                                      | 114 |
| Gambar 6. 12 Statika Pembebanan.....                                                          | 123 |
| Gambar 6. 13 Momen Lentur ( $M_u$ ) Pada Balok Penggantung <i>Lift</i> .....                  | 123 |
| Gambar 6. 14 Gaya Geser ( $V_u$ ) Pada Balok Penggantung Lift.....                            | 123 |
| Gambar 6. 15 Gaya Dalam Lapangan Balok Penggantung Lift.....                                  | 124 |
| Gambar 6. 16 Gaya Dalam Tumpuan Balok Penggantung <i>Lift</i> .....                           | 124 |
| Gambar 7. 1 Gambar Pemodelan 3D.....                                                          | 130 |
| Gambar 7. 2 Respon Spektrum Kota Padang .....                                                 | 138 |
| Gambar 7. 3 Perhitungan Beban Gempa Statik Ekvivalen ( $F_i$ ) Tiap Lantai .....              | 139 |
| Gambar 7. 4(a)Gaya Gempa Tiap Lantai Arah X ;(b)Gaya Gemp Tiap Lantai Arah Y ....             | 140 |
| Gambar 7. 5 Kombinasi Pembebanan .....                                                        | 141 |
| Gambar 7. 6 Bentuk 3D Gedung Apartemen Az Zahr.....                                           | 142 |
| Gambar 7. 7 Simpangan Simpangan Yang Terjadi di arah X.....                                   | 143 |
| Gambar 7. 8 Simpangan Yang Terjadi di arah Y .....                                            | 143 |
| Gambar 7. 9 simpangan tiapLantai Pada sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.....                 | 144 |
| Gambar 7. 10 Analisis Modal .....                                                             | 146 |
| Gambar 7. 11 Diagram Geser .....                                                              | 155 |
| Gambar 7. 12 Nomogram Faktor Kekakuan Kolom (Struktur Tidak Bergoyang).....                   | 160 |
| Gambar 7. 13 <i>Output</i> analisa Kolom Menggunakan SPColumn.....                            | 161 |
| Gambar 7. 14 Diagram Interaksi Gaya Aksial dan Momen Pada Garis spColumn Nilai $M_{nc}$ ..... | 165 |

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 8. 1 Ujung Tian Pancang Yang Mengalami Keruntuha Geser ..... | 175 |
| Gambar 8. 2 Pondasi.....                                            | 182 |
| Gambar 8. 3 Denah Pondasi .....                                     | 186 |
| Gambar 8. 4 Diagram Interaksi Mn-Pn ( <i>Output</i> spColumn) ..... | 196 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 2. 1 Klasifikasi Situs .....                                                                     | 23  |
| Tabel 2. 2 Koefisien Situs ( $F_a$ ) .....                                                             | 24  |
| Tabel 2. 3 Koefisien situs ( $F_v$ ) .....                                                             | 25  |
| Tabel 2. 4 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek.....   | 28  |
| Tabel 2. 5 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik ..... | 29  |
| Tabel 2. 6 Faktor $R$ , $C_d$ , dan $\Omega$ untuk sistem pemikul gaya seismic.....                    | 30  |
| Tabel 2. 7 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung.....                                  | 30  |
| Tabel 2. 8 Nilai parameter periode pendekatan $C_t$ dan $x$ .....                                      | 31  |
| Tabel 2. 9 Simpangan antar tingkat izin, $\Delta a a . b$ .....                                        | 33  |
| Tabel 2. 10 Ketidakberturan Horizontal .....                                                           | 36  |
| Tabel 2. 11 Ketidakberaturan vertikal pada struktur.....                                               | 37  |
| Tabel 4. 1 Data Pemodelan .....                                                                        | 63  |
| Tabel 4. 2 Level bangunan pada Model <i>BIM</i> .....                                                  | 63  |
| Tabel 4. 3 Parameter Elemen Struktur Pada Model <i>BIM</i> .....                                       | 68  |
| Tabel 4. 4 Rekapitulasi Elemen Struktur .....                                                          | 69  |
| Tabel 4. 5 Rekapitulasi Material Struktur.....                                                         | 70  |
| Tabel 4. 6 Rekapitulasi Geometri Model Awal.....                                                       | 71  |
| Tabel 5. 1 <i>Level Of Development</i> .....                                                           | 75  |
| Tabel 5. 2 Komparasi Aktivitas Desain Metode Konvensional vs Metode Integrasi <i>BIM</i> ..            | 77  |
| Tabel 6. 1 Tabel Momen Plat Atap .....                                                                 | 81  |
| Tabel 6. 2 Momen Plat Lantai .....                                                                     | 88  |
| Tabel 6. 3 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak dan Balok Lantai .....                                   | 110 |
| Tabel 6. 4 Perletkan Momen Tangga .....                                                                | 114 |
| Tabel 6. 5 Perletakan Momen Bordes.....                                                                | 114 |
| Tabel 6. 6 Rekapitulasi Balok Penggantung Lift.....                                                    | 129 |
| Tabel 7. 1 Berat Tiap Lantai .....                                                                     | 134 |
| Tabel 7. 2 Perhitungan Jenis Tanah Kota Padang.....                                                    | 136 |
| Tabel 7. 3 Tabel <i>T-Rayleigh</i> Arah X .....                                                        | 144 |
| Tabel 7. 4 Tabel <i>T-Rayleigh</i> Arah Y .....                                                        | 145 |

|                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 7. 5 Rekapitulasi Balok Induk .....                                                           | 158 |
| Tabel 7. 6 Tabel Gaya Dalam Kolom .....                                                             | 159 |
| Tabel 7. 7 Rekapitulasi Pengecekan <i>SCWB</i> pada HBK Interior dan Eksterior Tiap Lantai<br>..... | 172 |

## ABSTRAK

Perencanaan struktur gedung bertingkat pada wilayah dengan tingkat seismisitas tinggi, seperti Kota Padang, memerlukan sistem struktur yang mampu menjamin kekuatan, kekakuan, dan daktilitas sesuai ketentuan peraturan nasional. Perencanaan ini bertujuan mengimplementasikan *Building Information Modeling (BIM)* melalui integrasi *Autodesk Revit* dan *Robot Structural Analysis Professional (RSAP)* dalam perencanaan struktur beton bertulang Gedung Apartemen Az-Zahr menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Metode perencanaan meliputi *preliminary design*, pemodelan tiga dimensi berbasis *Level of Development (LOD) 300*, analisis pembebanan gravitasi dan gempa berdasarkan SNI 1726:2019, evaluasi *inter-story drift*, verifikasi konsep *Strong Column–Weak Beam (SCWB)*, serta sinkronisasi model dua arah (*bi-directional interoperability*) antara *Revit* dan *RSAP*.

Hasil perencanaan menunjukkan bahwa penerapan *BIM* mampu menghasilkan model struktur terintegrasi yang meningkatkan akurasi koordinasi antar-elemen, meminimalkan potensi kesalahan akibat duplikasi data, serta meningkatkan efisiensi proses analisis dan revisi desain dibandingkan metode konvensional berbasis CAD 2D. Struktur yang direncanakan memenuhi seluruh persyaratan daktilitas SRPMK berdasarkan SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019. Evaluasi kinerja struktur menunjukkan bahwa simpangan antar lantai (*inter-story drift*) maksimum setelah amplifikasi faktor  $C_d = 5,5$  berada di bawah batas izin 80 mm, sehingga struktur dinyatakan aman terhadap pengaruh gempa rencana. Selain itu, verifikasi konsep *SCWB* menunjukkan total kapasitas momen kolom sebesar  $\sum M_{nc}$  sebesar 893 kNm lebih besar daripada persyaratan minimum  $1,2\sum M_{nb}$  sebesar 396 kNm, sehingga mekanisme sendi plastis terjadi pada balok sesuai filosofi desain tahan gempa dan seluruh hubungan balok-kolom memenuhi persyaratan desain.

**Kata Kunci:** *Building Information Modeling (BIM)*, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), Interoperabilitas, *Inter-story Drift*, *Strong Column–Weak Beam*.