

**EVALUASI KOMPARATIF PENULANGAN STRUKTUR ATAS  
RUMAH SUSUN POLDA SUMATERA UTARA  
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**SUPRIADI SITUMEANG  
218110014**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2025**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 13/6/25

Access From (repository.uma.ac.id)13/6/25

# **EVALUASI KOMPARATIF PENULANGAN STRUKTUR ATAS RUMAH SUSUN POLDA SUMATERA UTARA MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

## **SKRIPSI**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area

**Oleh:**

**SUPRIADI SITUMEANG  
218110014**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2025**

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Evaluasi Komparatif Penulangan Struktur Atas Rumah  
Susun Polda Sumatera Utara Menggunakan Metode  
Elemen Hingga  
Nama : Supriadi Situmeang  
NPM : 218110014  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:  
Komisi Pembimbing



Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, S.T., M.T  
Pembimbing



Supriadi Situmeang, S.T., M.T

Penyusun



Dika Emilia Wulandari, S.T., M.T

Ka. Program Studi

Tanggal Lulus : 18 Maret 2025

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



Medan, 18 Maret 2025



Supriadi Situmeang  
210110014

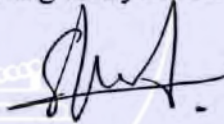
## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Supriadi Situmeang  
NPM : 218110014  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Evaluasi Komparatif Penulangan Struktur Atas Rumah Susun Poldas Sumatera Utara. Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan  
Pada tanggal : 18 Maret 2025  
Yang menyatakan



(Supriadi Situmeang)

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Lumban Siantar Dolok Pada tanggal 15 Juni 1999 dari Ayah Monang Situmeang dan Ibu Lasma Simanungkalit. Penulis merupakan putra ke-2 dari 4 bersaudara. Tahun 2017 Penulis lulus dari SMA N 1 SIPOHOLON dan pada tahun 2021 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Pada tahun 2024 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Rumah Susun Polda Sumut, Jl.Bhayangkara, Indra Kasih, Medan, Sumatera Utara.



## KATA PENGHANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah Penulangan Struktur Atas dengan judul Evaluasi Komparatif Penulangan Struktur Atas Rumah Susun Polda Sumatera Utara Menggunakan Komputasi Numerik. Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada seluruh jajaran dosen serta karyawan Fakultas Teknik Universitas Medan Area dan juga untuk teman-teman kelas malam Teknik Sipil UMA Stambuk 2021 yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan motivasi yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktu. Terakhir, ucapan terima kasih kepada seseorang EDS yang pernah menjadi motivasi penulis selama perkuliahan semoga disana juga sukses dan selalu bahagia. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



(Supriadi Situmeang)

## ABSTRAK

Pembangunan rumah susun menjadi solusi dalam mengatasi keterbatasan lahan perkotaan dan memenuhi kebutuhan hunian yang terus meningkat. Rumah Susun Polda Sumatera Utara merupakan salah satu proyek yang dirancang untuk memberikan hunian bagi personel kepolisian. Dalam perencanaan struktur bangunan bertingkat, aspek penulangan menjadi faktor krusial dalam menjamin keamanan dan durabilitas bangunan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi secara komparatif desain penulangan struktur atas rumah susun tersebut dengan menggunakan metode elemen hingga. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif dengan pendekatan komparatif. Data diperoleh melalui pengumpulan informasi dari gambar kerja proyek eksisting dan analisis ulang menggunakan perangkat lunak STAAD.Pro Connection Edition V22. Evaluasi dilakukan terhadap elemen struktural utama, yaitu balok, kolom, dan pelat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat peningkatan jumlah penulangan pada struktur atas dibandingkan dengan desain awal proyek. Peningkatan penulangan pada kolom mencapai 50%, pada balok sebesar 37,5%, dan jarak tulangan pelat meningkat hingga 100%. Perubahan ini mengindikasikan adanya perbaikan dalam aspek keamanan dan ketahanan struktur sesuai dengan standar terbaru. Namun, ditemukan bahwa desain yang diterapkan belum sepenuhnya optimal dalam aspek efisiensi material dan biaya. Berdasarkan hasil penelitian, direkomendasikan untuk melakukan evaluasi lebih lanjut terhadap desain kolom dan balok guna memastikan semua faktor pembebanan dan kondisi lingkungan diperhitungkan dengan baik. Selain itu, optimalisasi penggunaan jenis tulangan yang lebih efisien perlu dilakukan untuk meningkatkan efektivitas desain. Pengujian dan pemantauan berkala juga disarankan untuk memastikan stabilitas struktur dalam jangka panjang. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu teknik sipil, khususnya dalam evaluasi dan optimasi desain struktur bangunan tinggi.

**Kata Kunci:** Penulangan Struktur, Metode Elemen Hingga, STAAD.Pro, Evaluasi Komparatif.

## ABSTRACT

*The construction of flats became a solution to overcome the limited urban land and meet the increasing demand for housing. The North Sumatra Police Flats was one of the projects designed to provide housing for police personnel. In the planning of multi-storey building structures, reinforcement was a crucial factor in ensuring the safety and durability of the building. Therefore, this research aimed to comparatively evaluate the reinforcement design of the upper structure of the flats using the finite element method. The research method used was quantitative with a comparative approach. Data were obtained through information collection from the working drawings of the existing project and reanalysis using STAAD.Pro Connection Edition V22 software. The evaluation was conducted on the main structural elements, namely beams, columns, and slabs. The research results showed that there was an increase in the amount of reinforcement in the upper structure compared to the initial project design. The increase in column reinforcement reached 50%, beam reinforcement 37.5%, and slab reinforcement spacing increased up to 100%. These changes indicated improvements in structural safety and resilience aspects according to the latest standards. However, it was found that the applied design was not yet fully optimal in terms of material and cost efficiency. Based on the research results, it was recommended to further evaluate the column and beam designs to ensure that all load factors and environmental conditions were well considered. In addition, optimization of the use of more efficient types of reinforcement needed to be conducted to increase design effectiveness. Periodic testing and monitoring were also suggested to ensure the long-term structural stability. This research was expected to contribute to the development of civil engineering science, particularly in the evaluation and optimization of high-rise building structure designs.*

**Keywords:** *Structural Reinforcement, Finite Element Method, STAAD.Pro, Comparative Evaluation.*



## DAFTAR ISI

|                                                                                      | Halaman |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| COVER .....                                                                          | i       |
| HALAMAN JUDUL .....                                                                  | ii      |
| HALAMAN PENGESAHAN .....                                                             | iii     |
| HALAMAN PERNYATAAN .....                                                             | iv      |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI<br>SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS ..... | v       |
| RIWAYAT HIDUP .....                                                                  | vi      |
| KATA PENGHANTAR .....                                                                | vii     |
| ABSTRAK .....                                                                        | viii    |
| ABSTRACT .....                                                                       | ix      |
| DAFTAR ISI .....                                                                     | x       |
| DAFTAR TABEL .....                                                                   | xii     |
| DAFTAR GAMBAR .....                                                                  | xiii    |
| <br>BAB I. PENDAHULUAN .....                                                         | <br>1   |
| 1.1 Latar Belakang .....                                                             | 1       |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                                            | 2       |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                                                          | 3       |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....                                                         | 3       |
| 1.5 Batasan Masalah .....                                                            | 4       |
| <br>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....                                                   | <br>5   |
| 2.1 Kajian Penelitian Terdahulu .....                                                | 5       |
| 2.2 Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu .....                                      | 6       |
| 2.3 Konsep Dasar Metode Elemen Hingga.....                                           | 7       |
| 2.4 Perangkat Lunak STAAD.PRO <i>Connection Edition</i> V22.....                     | 8       |
| 2.4.1 Fitur dan Fungsi Utama Dalam Analisis Struktur .....                           | 9       |
| 2.4.2 Keunggulan dan Keterbatasan Dibanding <i>Software</i><br>Lain .....            | 12      |
| 2.5 Penulangan Struktur Atas Bangunan Bertingkat .....                               | 14      |
| 2.5.1 Prinsip Dasar Perencanaan dan Perhitungan<br>Penulangan .....                  | 14      |
| 2.5.2 Standar dan Regulasi Terkait (SNI 2847:2019, ACI,<br>Eurocode).....            | 16      |
| 2.6 Pembebanan pada Struktur Gedung Bertingkat .....                                 | 17      |
| 2.7 Perencanaan Penulangan Dalam Praktek Konsultan.....                              | 25      |
| 2.7.1 Metode Umum Yang Digunakan Dalam Proyek<br>Nyata.....                          | 25      |
| 2.7.2 Tantangan dan Faktor Yang Mempengaruhi Desain<br>Penulangan .....              | 27      |
| <br>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....                                             | <br>28  |
| 3.1 Deskripsi Penelitian .....                                                       | 28      |
| 3.1.1 Pendekatan Penelitian .....                                                    | 28      |

|        |                                                                                  |      |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------|------|
| 3.1.2  | Jenis Data Yang Digunakan .....                                                  | 28   |
| 3.2    | Lokasi dan Waktu Penelitian .....                                                | 29   |
| 3.3    | Metode Pengumpulan Data .....                                                    | 30   |
| 3.3.1  | Data Eksisting Dari Proyek.....                                                  | 30   |
| 3.3.2  | Proses Pemodelan Ulang Dengan STAAD.Pro<br>Connection Edition V22 .....          | 31   |
| 3.4    | Tahap Analisis Data .....                                                        | 32   |
| 3.3.1  | Parameter Perbandingan Hasil Data.....                                           | 32   |
| 3.3.2  | Evaluasi Jumlah dan Pendistribusian Penulangan.....                              | 33   |
| 3.3.3  | Perbandingan Efisiensi Perencanaan Dari Segi Waktu<br>Dan Ketepatan Desain ..... | 34   |
| 3.5    | Diagram Alir Penelitian .....                                                    | 36   |
| BAB IV | HASIL DAN PEMBAHASAN .....                                                       | 37   |
| 4.1    | Deskripsi Data Penelitian.....                                                   | 37   |
| 4.4.1  | Beban Hidup Struktur.....                                                        | 38   |
| 4.4.2  | Beban Mati Struktur .....                                                        | 38   |
| 4.4.3  | Beban Gempa.....                                                                 | 39   |
| 4.4.4  | Kombinasi Pembebanan .....                                                       | 42   |
| 4.4.5  | Beban Angin.....                                                                 | 42   |
| 4.2    | Hasil Pemodelan Struktur Menggunakan STAAD.Pro<br>Connection Edition V22.....    | 42   |
| 4.3    | Hasil Analisis STAAD.Pro Connection Edition V22 .....                            | 46   |
| 4.3.1  | Balok.....                                                                       | 46   |
| 4.3.2  | Kolom .....                                                                      | 60   |
| 4.3.3  | Pelat .....                                                                      | 84   |
| 4.4    | Hasil Eksisting Dari Data Proyek .....                                           | 97   |
| 4.5    | Pembahasan .....                                                                 | 101  |
| 4.5.1  | Perbandingan Kuantitatif Jumlah Tulangan Yang<br>Digunakan .....                 | 101  |
| 4.5.2  | Analisis Efisiensi Desain Berdasarkan Standar Yang<br>Berlaku.....               | 102  |
| 4.5.3  | Evaluasi Dari Segi Kecepatan dan Ketepatan.....                                  | 103  |
| 4.5.4  | Implikasi Hasil Penelitian Terhadap Praktik<br>Rekayasa Struktur.....            | 104  |
| BAB V  | KESIMPULAN DAN SARAN .....                                                       | 107  |
| 5.1    | Kesimpulan .....                                                                 | 107  |
| 5.2    | Saran .....                                                                      | 107  |
|        | DAFTAR PUSTAKA .....                                                             | xiii |
|        | LAMPIRAN                                                                         |      |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                                | Halaman |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Tabel 1 Koefisien situs, $F_a$ (SNI 1726-2019 halaman 34) .....                                                                | 20      |
| Tabel 2 Koefisien situs, $F_v$ (SNI 1726-2019 halaman 34) .....                                                                | 21      |
| Tabel 3 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek (SNI 1726-2019 halaman 37) .....  | 22      |
| Tabel 4 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik (SNI 1726-2019 halaman 37) ..... | 22      |
| Tabel 5 Kategori bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa (SNI 1726-2019 halaman 24) .....                              | 22      |
| Tabel 6 Faktor keutamaan gempa (SNI 1726-2019 halaman 25) .....                                                                | 24      |
| Tabel 7 Nilai parameter periode pendekatan $C_t$ dan $x$ .....                                                                 | 24      |
| Tabel 8 Dimensi komponen struktur .....                                                                                        | 31      |
| Tabel 9 Output gaya dalam pada balok .....                                                                                     | 46      |
| Tabel 10 Hasil penulangan pada balok .....                                                                                     | 59      |
| Tabel 11 Output gaya dalam pada kolom .....                                                                                    | 60      |
| Tabel 12 Rekap nilai $M_n$ dan $P_n$ kolom 1 .....                                                                             | 65      |
| Tabel 13 Rekap nilai $M_n$ dan $P_n$ kolom 2 .....                                                                             | 77      |
| Tabel 14 Hasil penulangan kolom lantai 1 .....                                                                                 | 84      |
| Tabel 15 Output gaya dalam pada pelat .....                                                                                    | 84      |
| Tabel 16 Hasil penulangan pelat .....                                                                                          | 97      |
| Tabel 17 Perbandingan tulangan kolom .....                                                                                     | 101     |
| Tabel 18 Perbandingan tulangan balok .....                                                                                     | 101     |
| Tabel 19 Perbandingan tulangan pelat .....                                                                                     | 102     |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                      | Halaman |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Gambar 1 Aplikasi Staad.Pro Connection Edition V22 .....                                                             | 9       |
| Gambar 2 Pembuatan Model 3D .....                                                                                    | 10      |
| Gambar 3 Analisis Struktur dan Penerapan Beban.....                                                                  | 11      |
| Gambar 4 Penulangan Struktur Atas.....                                                                               | 14      |
| Gambar 5 Ss gempa untuk wilayah medan (Puskim desain spektra indonesia 2021) .....                                   | 19      |
| Gambar 6 S1 gempa untuk wilayah medan (Puskim desain spektra indonesia 2021) .....                                   | 19      |
| Gambar 7 Percepatan gempa dasar SNNI 03-1726-2002 (BSN, SNI 03-2002 standar perencanaan ketahanan gempa, 2002) ..... | 20      |
| Gambar 8 Pengerjaan penulangan struktur atas .....                                                                   | 26      |
| Gambar 9 Lokasi Proyek.....                                                                                          | 29      |
| Gambar 10 Diagram alir penelitian .....                                                                              | 36      |
| Gambar 11 Pemodelan struktur .....                                                                                   | 43      |
| Gambar 12 Input dimensi penampang .....                                                                              | 43      |
| Gambar 13 Input material .....                                                                                       | 44      |
| Gambar 14 Input pembebanan.....                                                                                      | 44      |
| Gambar 15 Beban yang bekerja pada struktur .....                                                                     | 45      |
| Gambar 16 Output gaya dalam .....                                                                                    | 45      |
| Gambar 17 Diagram interaksi Mn-Pn pada kolom k1 .....                                                                | 65      |
| Gambar 18 Diagram interaksi Mn-Pn pada kolom k2 .....                                                                | 77      |
| Gambar 19 Denah eksisting .....                                                                                      | 97      |
| Gambar 20 Eksisting detail kolom 1 .....                                                                             | 98      |
| Gambar 21 Eksisting detail kolom 2.....                                                                              | 98      |
| Gambar 22 Eksisting detail balok 1 .....                                                                             | 99      |
| Gambar 23 Eksisting detail balok 2 .....                                                                             | 99      |
| Gambar 24 Eksisting detail balok 3 .....                                                                             | 99      |
| Gambar 25 Eksisting denah pelat lantai.....                                                                          | 100     |
| Gambar 26 Eksisting denah pelat dak.....                                                                             | 100     |

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pembangunan rumah susun merupakan solusi efektif dalam mengatasi keterbatasan lahan di perkotaan. Seiring dengan meningkatnya urbanisasi, kebutuhan hunian yang layak semakin tinggi, sementara ketersediaan lahan semakin terbatas. Pembangunan rumah susun menjadi strategi utama dalam mengatasi backlog perumahan dengan mengoptimalkan penggunaan lahan yang terbatas (Fadli 2021). Hal ini sejalan dengan pernyataan bahwa pengembangan hunian vertikal dalam bentuk rumah susun dapat menghemat penggunaan lahan hingga 65% dibandingkan dengan perumahan horizontal, serta mampu mengurangi fenomena urban sprawl (Ndari 2015). Salah satu implementasi konsep hunian vertikal yang efisien adalah Rumah Susun Polda Sumut.

Dalam perencanaan struktur bangunan bertingkat, penulangan memegang peran krusial untuk memastikan keamanan dan durabilitas bangunan. Konfigurasi dan detailing penulangan yang tepat berkontribusi hingga 70% terhadap kinerja struktur dalam menahan beban gempa dan gravitasi (Utama 2024). Selain itu, evaluasi berkala terhadap kondisi penulangan struktur eksisting menjadi langkah penting dalam memastikan keandalan bangunan. Sekitar 45% kegagalan struktur berawal dari degradasi kapasitas tulangan (Gusty et al 2022). Oleh karena itu, diperlukan metode analisis yang akurat untuk mengevaluasi kondisi penulangan secara menyeluruh.

Perkembangan teknologi memungkinkan analisis struktur yang lebih presisi melalui metode elemen hingga. Implementasi metode elemen hingga dengan

software terkini dapat memodelkan perilaku struktur dengan akurasi hingga 97% (Siregar 2019). Metode ini juga dapat memprediksi distribusi tegangan dan regangan pada tulangan dengan deviasi maksimum 3% dibandingkan dengan hasil eksperimental (Dewobroto 2014). Oleh karena itu, penerapan metode elemen hingga dalam evaluasi penulangan struktur Rumah Susun Polda Sumut diharapkan dapat memberikan hasil analisis yang lebih mendalam dan akurat.

Penelitian ini berfokus pada evaluasi komparatif kondisi penulangan eksisting Rumah Susun Polda Sumut dengan standar terkini serta hasil analisis menggunakan metode elemen hingga. Perbandingan sistematis antara kondisi aktual dengan persyaratan SNI 2847:2019 dapat mengidentifikasi hingga 85% potensi kelemahan struktur yang memerlukan perkuatan (Farrizqie 2024). Analisis komparatif menggunakan metode elemen hingga dapat mengungkap perbedaan hingga 30% antara asumsi desain awal dengan kondisi pembebanan aktual (Nugraha 2017). Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu teknik sipil, khususnya dalam analisis struktur bangunan tinggi, serta menjadi referensi bagi pengembangan metode evaluasi struktur berbasis elemen hingga.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dalam konteks pembangunan infrastruktur yang semakin kompleks, analisis yang mendalam terhadap desain penulangan struktur menjadi sangat penting untuk memastikan keamanan dan keberlanjutan bangunan. Oleh karena itu, penelitian ini merumuskan masalah tentang: Bagaimana perbandingan desain penulangan pada

struktur atas rumah susun POLDA Sumatera Utara menggunakan metode elemen hingga dengan hasil penulangan pada proyek eksisting?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi dan membandingkan desain penulangan pada struktur atas rumah susun POLDA Sumatera Utara yang dihitung menggunakan metode elemen hingga dengan desain penulangan pada proyek eksisting.

### 1.4 Manfaat Penelitian

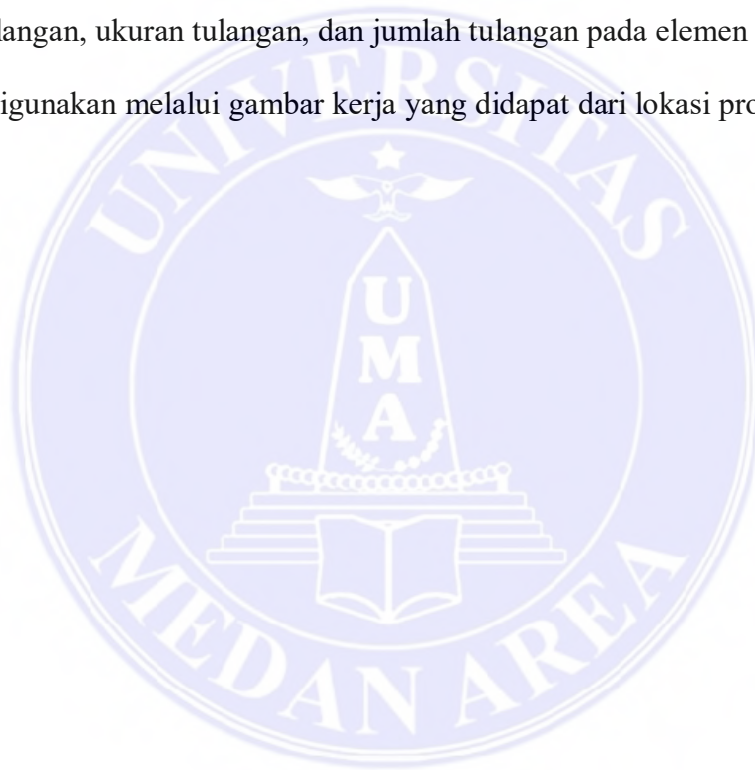
Adapun manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagi penulis, penelitian ini menjadi sarana pengembangan kompetensi teknis yang sangat berharga, khususnya dalam meningkatkan pemahaman tentang analisis struktur menggunakan metode elemen hingga.
2. Bagi Universitas, penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan akademik dengan menambah referensi penelitian dalam bidang evaluasi struktur dan memperkaya database kasus studi struktur bangunan. Memberikan wawasan tentang potensi optimasi desain penulangan menggunakan metode elemen hingga.
3. Manfaat yang diperoleh lokasi proyek, penelitian ini memiliki manfaat yang cukup bagi proyek pembangunan rumah susun Polda Sumatera Utara. Dengan melakukan evaluasi dan optimasi desain penulangan, diperoleh struktur yang lebih aman, efisien, dan tahan lama. Selain itu, penelitian ini

juga memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil.

### **1.5 Batasan Masalah**

Evaluasi penulangan perencanaan struktur atas Rumah Susun Polda Sumut, dengan mempertimbangkan elemen-elemen struktural seperti balok, kolom, dan pelat. Evaluasi dilakukan berdasarkan distribusi tulangan, yang mencakup jarak antar tulangan, ukuran tulangan, dan jumlah tulangan pada elemen struktural. Data yang digunakan melalui gambar kerja yang didapat dari lokasi proyek.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kajian Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai penulangan struktur bangunan, khususnya pada rumah susun, telah banyak dilakukan untuk meningkatkan keamanan dan ketahanan bangunan terhadap beban yang diterima. Salah satu metode yang sering digunakan dalam analisis struktur adalah metode elemen hingga (*finite element method*/FEM). Penggunaan metode elemen hingga dalam analisis struktur memungkinkan insinyur untuk memodelkan perilaku material dan geometri yang kompleks, sehingga dapat memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan dengan metode analisis konvensional (Iriyanto et al 2025). Hal ini sangat penting dalam perancangan rumah susun yang harus memenuhi standar keselamatan yang tinggi, terutama dalam menghadapi beban dinamis seperti gempa bumi.

Dalam kajian lain, pentingnya evaluasi komparatif dalam perancangan struktur bangunan ditekankan oleh (Wiraguna 2024). Mereka menyatakan bahwa dengan melakukan evaluasi komparatif, perancang dapat memilih metode penulangan yang paling efisien dan efektif untuk digunakan dalam proyek tertentu (Kartini et al 2022). Penelitian mereka menunjukkan bahwa penggunaan metode elemen hingga tidak hanya meningkatkan akurasi analisis, tetapi juga membantu dalam penghematan biaya dan waktu konstruksi. Dengan demikian, evaluasi komparatif menjadi alat yang penting dalam pengambilan keputusan desain struktur.

Lebih lanjut, penerapan metode elemen hingga dalam analisis penulangan struktur dapat mengidentifikasi titik-titik lemah dalam desain yang mungkin tidak

terlihat dengan metode analisis tradisional (Nasution 2024). Mereka menemukan bahwa dengan menggunakan FEM, insinyur dapat melakukan simulasi berbagai kondisi beban dan mendapatkan informasi yang lebih mendalam mengenai perilaku struktur (Marpaung et al 2025). Hal ini sangat relevan untuk rumah susun yang memiliki banyak unit dan memerlukan perhatian khusus terhadap distribusi beban, sehingga dapat meningkatkan keselamatan dan kenyamanan penghuni.

Terakhir, pentingnya integrasi teknologi dalam analisis struktur (Wiraguna et al 2024). Mereka berpendapat bahwa dengan kemajuan teknologi, metode elemen hingga semakin mudah diakses dan digunakan oleh para insinyur (Khairi et al 2022). Penelitian mereka menunjukkan bahwa penggunaan software FEM modern dapat mempercepat proses analisis dan memberikan hasil yang lebih komprehensif. Dengan demikian, penerapan metode ini dalam evaluasi penulangan struktur rumah susun, seperti yang dilakukan pada Polda Sumut, menjadi sangat relevan dan bermanfaat untuk meningkatkan kualitas dan keamanan bangunan, serta memenuhi standar yang ditetapkan oleh regulasi yang berlaku.

## **2.2 Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu**

### **1. Fokus Studi Kasus**

Penelitian sebelumnya seringkali bersifat umum dan membahas struktur gedung bertingkat atau sistem struktur tertentu seperti sistem flat slab atau balok-plat konvensional (Sari & Putra, 2020; Aditya et al., 2018). Sementara itu, penelitian ini lebih spesifik, yaitu berfokus pada rumah susun Polda Sumatera Utara, yang merupakan proyek nyata dan memiliki karakteristik serta kebutuhan desain yang khas. Fokus ini menjadikan penelitian Anda

lebih relevan untuk aplikasi praktis dan lebih terarah pada kondisi spesifik suatu proyek.

## 2. Spesifik Metodologi dan Software

Penelitian sebelumnya sering menggunakan perangkat lunak analisis seperti SAP2000, ETABS, atau Abaqus untuk analisis struktur (Widodo et al., 2021). Penelitian ini mungkin menggunakan perangkat lunak yang sama atau berbeda yaitu STAAD.Pro, namun lebih menitik beratkan pada penerapan metode elemen hingga untuk menganalisis penulangan struktur atas rumah susun yang melibatkan perhitungan beban vertikal dan horizontal, serta pengaruh gempa atau kondisi lingkungan yang spesifik di Sumatera Utara.

### 2.3 Konsep Dasar Metode Elemen Hingga

Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*, FEM) adalah teknik numerik yang digunakan untuk menyelesaikan berbagai masalah dalam rekayasa, termasuk analisis struktur, transfer panas, dan dinamika fluida. Dalam konteks teknik sipil, metode ini digunakan untuk menganalisis perilaku struktur terhadap berbagai jenis pembebanan dengan membagi sistem kompleks menjadi elemen-elemen kecil yang lebih mudah dianalisis.

Prinsip Dasar FEM dalam Analisis Struktur:

#### 1. Diskretisasi Struktur

Struktur dibagi menjadi elemen-elemen kecil (*finite elements*) yang saling terhubung di titik simpul (*nodes*). Elemen-elemen ini dapat berbentuk segitiga, persegi, atau bentuk lainnya tergantung pada kompleksitas geometri dan kebutuhan analisis.

## 2. Pemilihan Fungsi Pendekatan

Setiap elemen memiliki fungsi pendekatan yang menggambarkan bagaimana perpindahan terjadi dalam elemen tersebut. Fungsi ini biasanya berupa polinomial yang memenuhi kondisi keseimbangan dan kompatibilitas antar elemen.

## 3. Formulasi Matriks Kekakuan

Berdasarkan hukum keseimbangan dan teori elastisitas, setiap elemen memiliki matriks kekakuan yang menggambarkan hubungan antara gaya dan deformasi.

## 4. Penerapan Kondisi Batas dan Gaya

Setelah matriks kekakuan global terbentuk, kondisi batas dan gaya luar diterapkan untuk menyelesaikan sistem persamaan yang menentukan respons struktur.

## 5. Analisis Tegangan dan Regangan

Setelah perpindahan dihitung, nilai tegangan dan regangan dalam setiap elemen dapat dievaluasi untuk menilai keamanan dan efisiensi desain struktur.

Metode elemen hingga memungkinkan simulasi perilaku struktur dengan akurasi tinggi, sehingga menjadi alat penting dalam perencanaan dan optimasi desain penulangan bangunan bertingkat.

### 2.4 Perangkat Lunak STAAD.Pro *Connect Edition* V22

STAAD.Pro *Connect Edition* V22 adalah perangkat lunak analisis dan desain struktur yang dikembangkan oleh Bentley Systems. Perangkat lunak ini

digunakan oleh insinyur sipil dan struktural untuk menganalisis dan merancang berbagai jenis struktur, seperti bangunan, jembatan, menara komunikasi, dan lain-lain. Pada Gambar 1 menunjukkan tampilan dari perangkat lunak Staad.Pro *Connect Edition V22*.



Gambar 1. Aplikasi Staad.Pro *Connect Edition V22*, (Google Search)

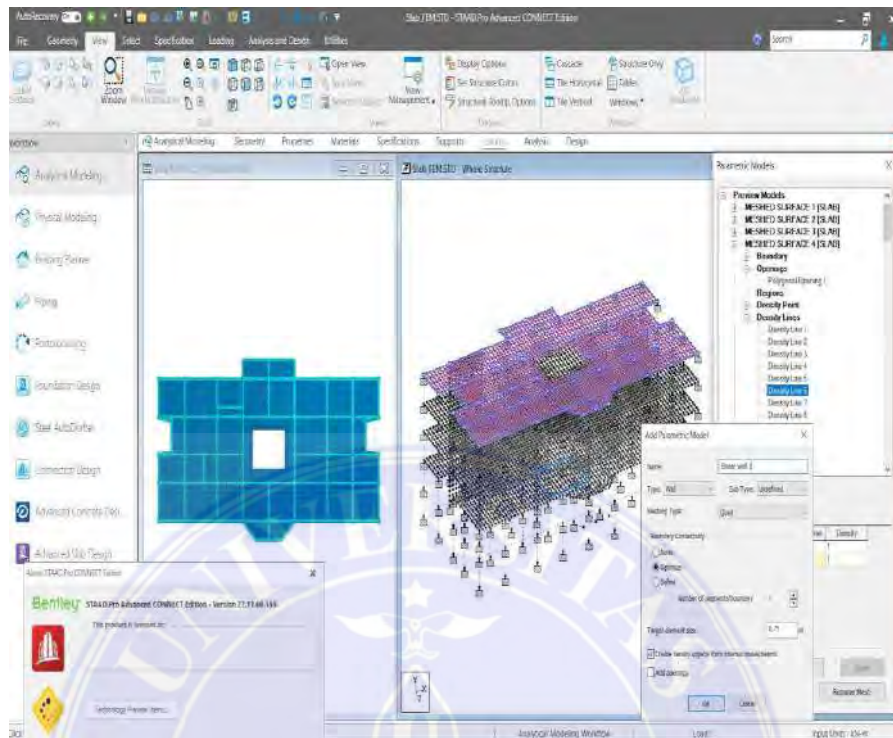
#### 2.4.1 Fitur dan Fungsi Utama Dalam Analisis Struktur

##### 1. Fitur Utama STAAD.Pro *Connect Edition v22*

Modeling yang Fleksibel:

- a. Pembuatan Model 3D: Memungkinkan pengguna untuk membuat model 3D dari struktur gedung dengan mudah, termasuk elemen-elemen seperti kolom, balok, pelat, dan dinding.
- b. Penggunaan Template: Menyediakan template untuk mempercepat proses modeling struktur beton bertulang.

Proses pembuatan model 3D dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Pembuatan model 3D (Surojit Ghosh, 2022)

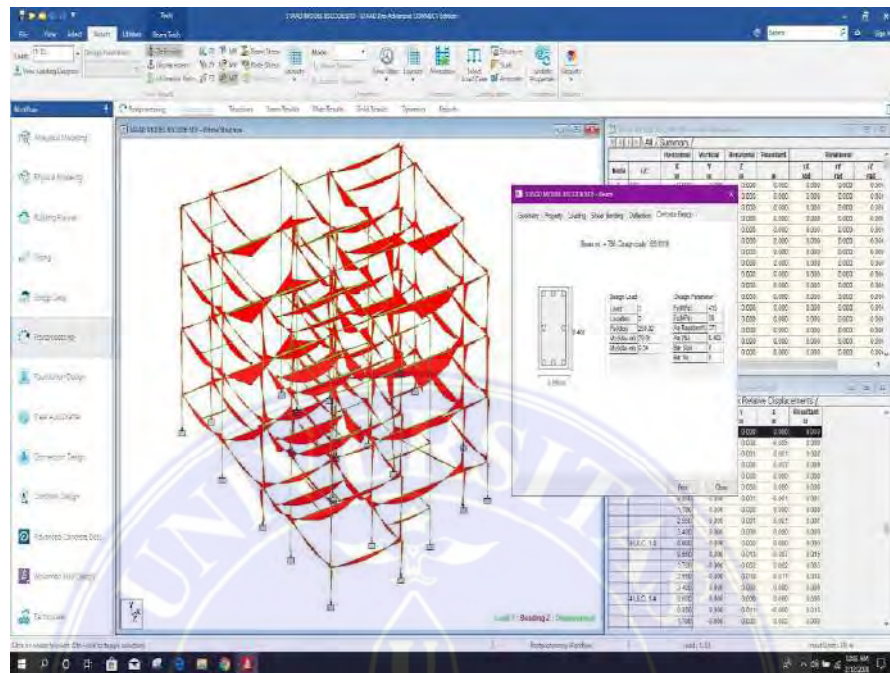
#### Analisis Struktural:

- a. Analisis Statik dan Dinamik: Mendukung analisis statik, analisis dinamik, dan analisis respons spektrum untuk mengevaluasi perilaku struktur terhadap beban gempa.
- b. Analisis Pushover: Memungkinkan analisis pushover untuk menilai kapasitas struktur dalam menghadapi beban lateral.

#### Penerapan Beban:

- a. Beban Terapan yang Beragam: Memungkinkan pengguna untuk menerapkan berbagai jenis beban, termasuk beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa.
- b. Pengaturan *Load Combinations*: Memudahkan pengguna dalam mengatur kombinasi beban sesuai dengan standar yang berlaku.

Pada Gambar 3 menunjukkan analisis struktur serta reaksi struktur akibat beban yang diterapkan.



Gambar 3. Analisis struktur dan penerapan beban (Decode BD, 2020)

## 2. Fungsi Utama STAAD.Pro *Connect Edition* v22

- a. Analisis Kekuatan dan Stabilitas: Memungkinkan analisis kekuatan dan stabilitas struktur gedung terhadap berbagai kondisi beban.
- b. Desain Elemen Struktural: Memfasilitasi desain elemen-elemen struktural seperti kolom, balok, dan pelat beton bertulang dengan mempertimbangkan faktor keamanan dan efisiensi material.
- c. Evaluasi Kinerja Struktural: Menyediakan alat untuk mengevaluasi kinerja struktural gedung dalam menghadapi beban dinamis, seperti gempa bumi dan angin.
- d. Optimasi Desain: Memungkinkan pengguna untuk melakukan optimasi desain dengan mempertimbangkan berbagai parameter, seperti ukuran elemen dan jenis material.

Dengan fitur dan fungsi ini, STAAD.Pro *Connect Edition* v22 menjadi alat yang sangat berguna bagi insinyur dalam merancang dan menganalisis gedung beton bertulang secara efisien dan akurat.

#### 2.4.2 Keunggulan dan Keterbatasan Dibandingkan Software Lain

##### 1. Keunggulan STAAD.Pro *Connect Edition* v22

###### a. Komprehensif dan Serbaguna:

STAAD.Pro mendukung analisis berbagai jenis struktur, termasuk beton bertulang, baja, dan struktur komposit.

###### b. Antarmuka Pengguna yang Intuitif:

Antarmuka pengguna yang ramah dan intuitif memudahkan pengguna baru untuk belajar dan menggunakan perangkat lunak ini.

###### c. Kemampuan Analisis yang Kuat:

Menyediakan berbagai metode analisis, termasuk analisis statik, dinamik, dan non-linier. Ini memungkinkan insinyur untuk melakukan analisis yang lebih mendalam terhadap perilaku struktur.

###### d. Visualisasi Hasil yang Baik:

Menyediakan alat visualisasi yang kuat untuk menampilkan hasil analisis dalam bentuk grafik 3D, diagram, dan laporan yang mudah dipahami.

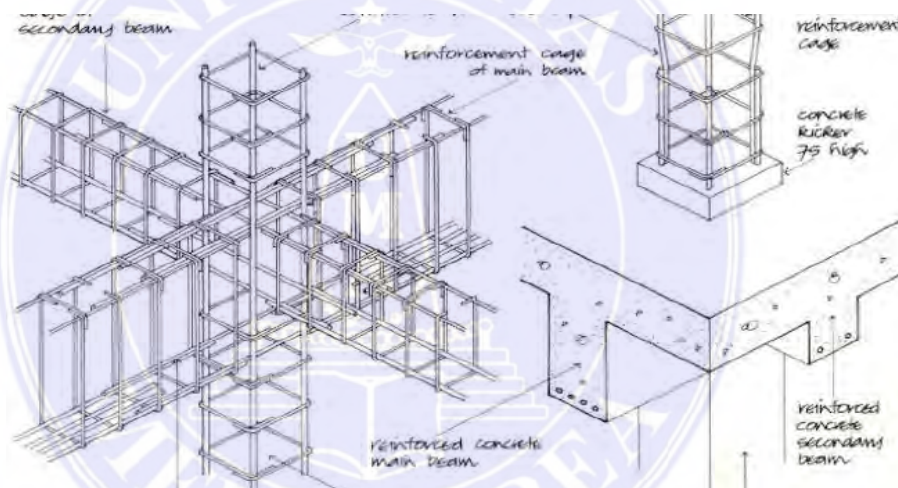
##### 2. Keterbatasan STAAD.Pro *Connect Edition* v22

###### a. Biaya Lisensi: STAAD.Pro adalah perangkat lunak berbayar dengan biaya lisensi yang relatif tinggi dibandingkan dengan beberapa alternatif open-source atau perangkat lunak lain yang lebih terjangkau.

- b. Kebutuhan Sumber Daya Komputer: Perangkat lunak ini memerlukan spesifikasi komputer yang cukup tinggi untuk menjalankan analisis yang kompleks, terutama untuk model besar.
  - c. Keterbatasan dalam Desain Arsitektural: STAAD.Pro lebih fokus pada analisis dan desain struktural, sehingga tidak memiliki fitur desain arsitektural yang lengkap seperti beberapa perangkat lunak BIM (*Building Information Modeling*) lainnya.
  - d. Keterbatasan dalam Analisis Dinamik: Meskipun mendukung analisis dinamik, beberapa pengguna melaporkan bahwa fitur ini tidak sekuat perangkat lunak khusus yang dirancang untuk analisis dinamik.
3. Perbandingan dengan Software Lain
- a. SAP2000:  
SAP2000 juga merupakan perangkat lunak analisis struktur yang kuat, dengan kemampuan analisis dinamik yang lebih baik. Namun, STAAD.Pro sering dianggap lebih mudah digunakan untuk pemodelan awal.
  - b. ETABS:  
ETABS lebih fokus pada desain gedung bertingkat dan memiliki fitur yang lebih kuat untuk analisis gedung tinggi. STAAD.Pro lebih fleksibel untuk berbagai jenis struktur.
  - c. Robot Structural Analysis:  
Robot menawarkan integrasi yang lebih baik dengan BIM dan memiliki fitur analisis yang kuat, tetapi STAAD.Pro lebih dikenal di kalangan insinyur sipil untuk analisis dan desain struktural.

## 2.5 Penulangan Struktur Atas Bangunan Bertingkat

Penulangan pada struktur atas bangunan bertingkat adalah proses pemasangan tulangan baja pada elemen struktur untuk memberikan kekuatan dan stabilitas terhadap beban yang diterima. Sebagai bagian integral dari desain struktur, penulangan yang tepat pada bagian atas sangat penting untuk memastikan kekuatan dan stabilitas bangunan. Gambar 4 berikut ini menggambarkan secara detail penempatan dan spesifikasi elemen penulangan yang dirancang untuk menahan beban yang bekerja, serta memenuhi standar keselamatan yang ditetapkan.



Gambar 4. Penulangan struktur atas, (Otosection, 2025)

### 2.5.1 Prinsip Dasar Perencanaan dan Perhitungan Penulangan

1. Analisis Beban: Sebelum merencanakan penulangan, penting untuk melakukan analisis beban yang akan bekerja pada struktur. Beban ini termasuk beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa. Analisis beban yang tepat adalah langkah pertama dalam perencanaan penulangan yang efektif, karena penulangan harus dirancang untuk menahan semua beban yang mungkin terjadi (Karisoh et al 2018).

2. **Desain Penulangan:** Penulangan harus dirancang untuk mengatasi momen lentur, gaya geser, dan gaya tarik yang terjadi dalam elemen beton. Desain ini harus mengikuti kode dan standar yang berlaku, seperti ACI, Eurocode, atau SNI. Desain penulangan harus mempertimbangkan momen lentur dan gaya geser yang dihasilkan dari analisis beban, serta harus mematuhi ketentuan yang ditetapkan dalam kode desain (Ruslan et al 2024).
3. **Penempatan Penulangan:** Penempatan penulangan harus dilakukan dengan cermat untuk memastikan distribusi yang merata dan efektif dalam menahan beban. Penulangan utama biasanya diletakkan di area yang mengalami momen maksimum. Penempatan penulangan yang tepat sangat penting untuk memastikan bahwa elemen beton dapat berfungsi dengan baik dan aman di bawah beban yang diterima (Khoeri et al 2024).
4. **Perhitungan Luas Penulangan:** Luas penulangan yang diperlukan dapat dihitung menggunakan rumus yang ditetapkan dalam kode desain. Ini melibatkan perhitungan momen lentur dan gaya geser yang bekerja pada elemen. Perhitungan luas penulangan dilakukan dengan menggunakan rumus yang ditetapkan dalam kode, yang mempertimbangkan momen lentur dan gaya geser yang bekerja pada elemen (Sihombing 2018).
5. **Pengujian dan Verifikasi:** Setelah perencanaan dan perhitungan selesai, penting untuk melakukan pengujian dan verifikasi untuk memastikan bahwa desain memenuhi semua persyaratan keamanan dan kinerja. Verifikasi desain melalui pengujian dan analisis tambahan adalah langkah penting untuk memastikan bahwa struktur akan berfungsi dengan baik dalam kondisi nyata (Sinuraya et al, 2024).

### 2.5.2 Standar dan Regulasi Terkait ( SNI 2847:2019, ACI, Eurocode)

#### 1. SNI 2847:2019

Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847:2019 adalah standar yang mengatur tentang "Persyaratan Umum untuk Struktur Beton Bertulang". Standar ini memberikan pedoman untuk desain, analisis, dan pelaksanaan struktur beton bertulang di Indonesia. SNI 2847:2019 menetapkan persyaratan minimum untuk desain dan pelaksanaan struktur beton bertulang, termasuk ketentuan mengenai penulangan, beban, dan faktor keamanan yang harus dipertimbangkan (Masril (2019)).

#### 2. ACI (*American Concrete Institute*)

ACI 318 adalah kode yang diterbitkan oleh *American Concrete Institute* yang mengatur tentang desain dan konstruksi struktur beton bertulang. Kode ini mencakup berbagai aspek, termasuk perhitungan penulangan, analisis beban, dan ketentuan untuk elemen struktural. ACI 318 memberikan panduan yang komprehensif untuk desain struktur beton bertulang, termasuk ketentuan untuk penulangan, momen, dan gaya geser, serta persyaratan untuk material dan konstruksi. (*American Concrete Institute*, 2019)

#### 3. Eurocode

Eurocode 2 adalah bagian dari serangkaian standar Eropa yang mengatur desain struktur beton. Eurocode 2 memberikan pedoman untuk perencanaan dan perhitungan struktur beton bertulang, termasuk penulangan, beban, dan faktor keamanan. Eurocode 2 menetapkan prinsip-prinsip dasar untuk desain struktur beton bertulang, termasuk ketentuan untuk penulangan,

analisis beban, dan persyaratan untuk elemen struktural yang harus dipenuhi. (*European Committee for Standardization*, 2004)

## 2.6 Pembebanan pada Struktur Gedung Bertingkat

Pembebanan pada struktur gedung bertingkat merupakan salah satu aspek fundamental dalam rekayasa struktur yang bertujuan untuk memastikan keamanan, stabilitas, dan daya tahan bangunan terhadap berbagai jenis gaya yang bekerja. Secara umum, beban yang bekerja pada struktur gedung bertingkat dapat dikategorikan menjadi beberapa jenis utama:

### 1. Beban Mati (DL)

Beban mati merupakan beban permanen yang berasal dari berat sendiri struktur dan elemen non-struktural, seperti dinding, lantai, dan instalasi mekanikal-elektrikal. Perhitungan beban mati menggunakan rumus dalam Persamaan (1):

$$DL = \gamma \times t \quad (1)$$

di mana:

$\gamma$  = berat jenis material ( $\text{kN/m}^3$ )

$t$  = tebal elemen struktural (m)

### 2. Beban Hidup (LL)

Beban hidup adalah beban yang berasal dari aktivitas penghuni, peralatan, atau perubahan fungsi ruangan. Beban ini tidak tetap dan dapat bervariasi berdasarkan jenis bangunan. Nilai standar beban hidup biasanya ditetapkan dalam peraturan seperti SNI 1727:2020 dapat dinyatakan dengan Persamaan (2):

$$LL = q L \quad (2)$$

$q L$  = intensitas beban hidup ( $\text{kN/m}^2$ ) berdasarkan fungsi ruang.

3. Beban Kombinasi (SNI 1727:2020, Halaman 13) dapat dihitung menggunakan Persamaan (3,4,5,6,7):

$$a. \quad \text{Comb 1} = 1,4 D \quad (3)$$

$$b. \quad \text{Comb 2} = 1,2 D + 1,6 L \quad (4)$$

$$c. \quad \text{Comb 3} = 1,2 D + 1 L + 0,5 W \quad (5)$$

$$d. \quad \text{Comb 4} = 1,2 D + 1 W + L \quad (6)$$

$$e. \quad \text{Comb 5} = 0,9 D + 1 W \quad (7)$$

Keterangan:

D = Beban mati

W = Beban angin

L = Beban hidup

4. Beban Angin (WL)

Beban angin adalah gaya yang bekerja pada bangunan akibat tekanan dan hisapan angin. Perhitungan beban angin mengikuti standar perencanaan seperti SNI 1727:2020, dengan rumus pada Persamaan (8):

$$q = 0,613 \times V^2 \quad (8)$$

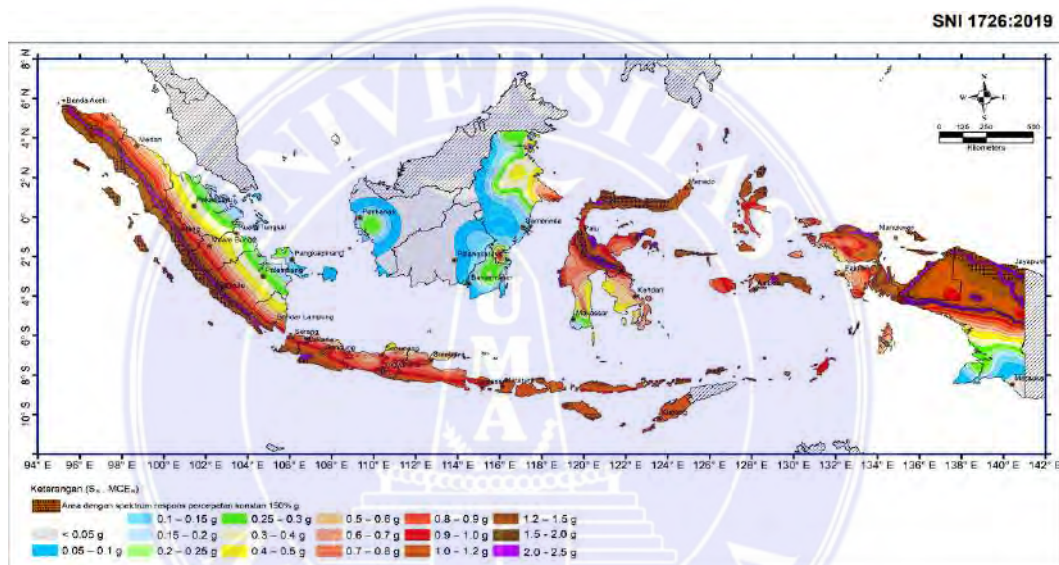
Kondisi layanan:  $V = 32 \text{ m/s}$

Kondisi batas kekuatan:  $V = 40 \text{ m/s}$

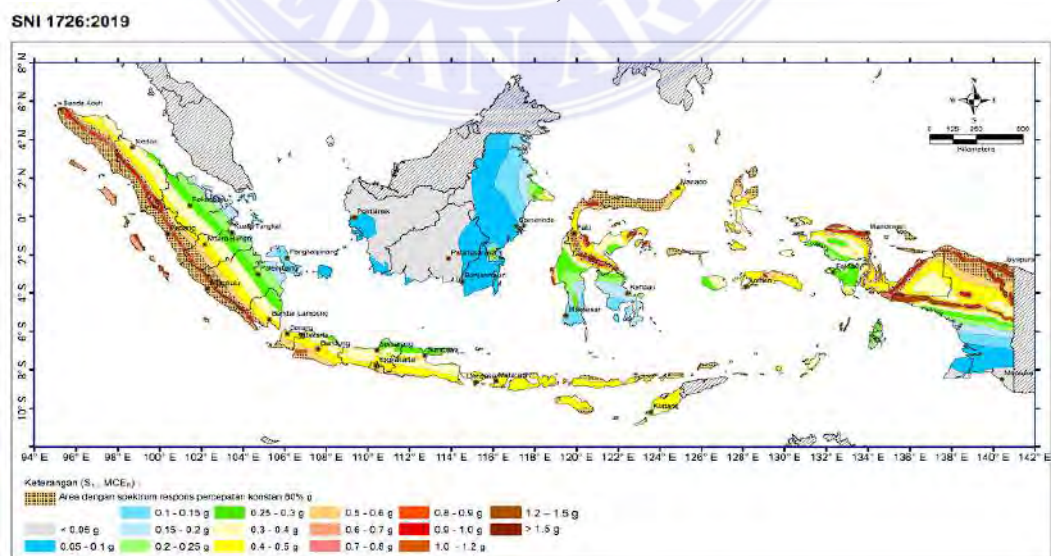
5. Beban Gempa

Beban gempa adalah gaya lateral yang dihasilkan oleh getaran tanah akibat gempa bumi. Beban ini penting untuk diperhitungkan dalam perancangan bangunan di daerah rawan gempa. Penghitungan beban gempa mengacu pada standar SNI 1726, yang mengatur tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa. Untuk tahap proses penelitian, disini penulis memakai data informasi dari Aplikasi ataupun

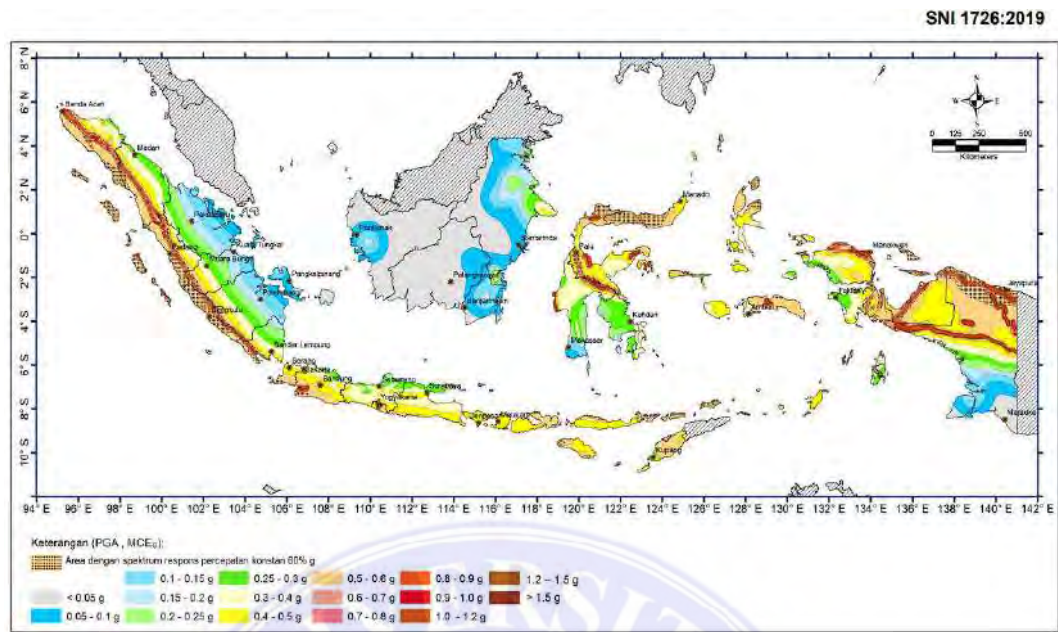
website Spektrum Respons Desain Indonesia 2021 Puskim PU yang telah dikembangkan oleh berbagai pihak, seperti halnya Institut Teknologi Bandung (ITB) dan PUPR (Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat) untuk menentukan percepatan berdasarkan koordinat lokasi. Berdasarkan pada peta (Lintang = 3.62290469 Bujur = 98.69538803) Parameter Gerak Tanah pada Gambar 5,6,7 ini diperoleh data respon spektrum gempa pada wilayah tersebut, sesuai dengan SNI 1726 – 2019.



Gambar 5. Ss Gempa Untuk Wilayah Medan (Puskim Desain Spektra Indonesia, 2021)



Gambar 6. S1 Gempa Untuk Wilayah Medan (Puskim Desain Spektra Indonesia, 2021)



Gambar 7. Percepatan Gempa Dasar SNI 03-1726-2002 (BSN, SNI 03-1726-2002 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa, 2002)

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik ( $F_v$ ). Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan Persamaan (9 dan 10):

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \tag{9}$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \tag{10}$$

Tabel 1. Koefisien situs,  $F_a$  (SNI 1726-2019 pada halaman 34)

| Kelas Situs | Parameter respon spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode pendek, T = 0,2 detik, $S_s$ |             |              |             |              |                |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|----------------|
|             | $S_s \leq 0,25$                                                                                                                                       | $S_s = 0,5$ | $S_s = 0,75$ | $S_s = 1,0$ | $S_s = 1,25$ | $S_s \geq 1,5$ |
| SA          | 0,8                                                                                                                                                   | 0,8         | 0,8          | 0,8         | 0,8          | 0,8            |
| SB          | 0,9                                                                                                                                                   | 0,9         | 0,9          | 0,9         | 0,9          | 0,9            |
| SC          | 1,3                                                                                                                                                   | 1,3         | 1,2          | 1,2         | 1,2          | 1,2            |
| SD          | 1,6                                                                                                                                                   | 1,4         | 1,2          | 1,1         | 1,0          | 1,0            |
| SE          | 2,4                                                                                                                                                   | 1,7         | 1,3          | 1,1         | 0,9          | 0,8            |
| SF          | $S_s^{(a)}$                                                                                                                                           |             |              |             |              |                |

Tabel 2. Koefisien situs, Fv (SNI 1726-2019 pada halaman 34)

| Kelas<br>Situs | Parameter respon spektral percepatan gempa maksimum yang<br>dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode pendek, T =<br>0,2 detik, S <sub>s</sub> |             |              |             |              |             |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
|                | $S_1 \leq 0,25$                                                                                                                                                      | $S_1 = 0,5$ | $S_1 = 0,75$ | $S_1 = 1,0$ | $S_1 = 1,25$ | $S_1 = 1,5$ |
| SA             | 0,8                                                                                                                                                                  | 0,8         | 0,8          | 0,8         | 0,8          | 0,8         |
| SB             | 0,8                                                                                                                                                                  | 0,8         | 0,8          | 0,8         | 0,8          | 0,8         |
| SC             | 1,5                                                                                                                                                                  | 1,5         | 1,5          | 1,5         | 1,5          | 1,4         |
| SD             | 2,4                                                                                                                                                                  | 2,2         | 2,0          | 1,9         | 1,8          | 1,7         |
| SE             | 4,2                                                                                                                                                                  | 3,3         | 2,8          | 2,4         | 2,2          | 2,0         |
| SF             | $SS^{(a)}$                                                                                                                                                           |             |              |             |              |             |

Keterangan:

$S_s$  = parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek.

$S_1$  = parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1,0 detik.

Parameter percepatan spectral desain untuk periode pendek, S<sub>ds</sub> dan pada periode 1 detik, dan S<sub>d1</sub>, harus ditentukan melalui Persamaan (11):

$$- S_{ds} = \frac{2}{3} S_{ms} \quad (11)$$

$$- S_{d1} = \frac{2}{3} S_{m1} \quad (12)$$

Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T<sub>0</sub> dan lebih kecil dari atau sama dengan T<sub>s</sub>, spektrum respons percepatan desain, S<sub>a</sub>, sama dengan SDS dapat dihitung menggunakan Persamaan (13 dan 14);

$$- T_o = 0,2 \left( \frac{S_{d1}}{S_{ds}} \right) \quad (13)$$

$$- T_s = \left( \frac{S_{d1}}{S_{ds}} \right) \quad (14)$$

Perhitungan selanjutnya disesuaikan dengan rumus yang ada. Selain melakukan perhitungan secara manual, nilai perhitungan percepatan desain juga dapat dilihat pada website puskim seperti yang tertera pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek (SNI 1726-2019 pada halaman 37)

| Nilai $S_d$ s             | Kategori Resiko    |    |
|---------------------------|--------------------|----|
|                           | I atau II atau III | IV |
| $S_d$ s < 0,167           | A                  | A  |
| $0,167 \leq S_d$ s < 0,33 | B                  | C  |
| $0,33 \leq S_d$ s < 0,50  | C                  | D  |
| $0,50 \leq S_d$ s         | D                  | D  |

Tabel 4. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik (SNI 1726-2019 pada halaman 37)

| Nilai $S_{d1}$              | Kategori Resiko    |    |
|-----------------------------|--------------------|----|
|                             | I atau II atau III | IV |
| $S_{d1}$ < 0,067            | A                  | A  |
| $0,067 \leq S_{d1}$ < 0,133 | B                  | C  |
| $0,133 \leq S_{d1}$ < 0,20  | C                  | D  |
| $0,20 \leq S_{d1}$          | D                  | D  |

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan nongedung sesuai Tabel 5 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa  $I_e$  menurut Tabel 6. Khusus untuk struktur bangunan dengan kategori risiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai dengan kategori risiko IV.

Tabel 5. Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa (SNI 1726-2019 pada halaman 24)

| Jenis Pemanfaatan                                                                                                                                     | Kategori Resiko |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: |                 |
| - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan                                                                                         | I               |
| - Fasilitas sementara                                                                                                                                 |                 |
| - Gudang penyimpanan                                                                                                                                  |                 |
| - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya                                                                                                               |                 |
| Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:                            |                 |
| - Perumahan                                                                                                                                           | II              |
| - Rumah toko dan rumah kantor                                                                                                                         |                 |
| - Pasar - Gedung perkantoran                                                                                                                          |                 |

- 
- Gedung apartemen/ rumah susun
  - Pusat perbelanjaan/ mall
  - Bangunan industri
  - Fasilitas manufaktur
  - Pabrik

Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:

- Bioskop
- Gedung pertemuan
- Stadion
- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat
- Fasilitas penitipan anak
- Penjara
- Bangunan untuk orang jompo

Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:

- Pusat pembangkit listrik biasa
- Fasilitas penanganan air
- Fasilitas penanganan limbah
- Pusat telekomunikasi

III

Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.

Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:

- Bangunan-bangunan monumental
  - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan
  - Rumah ibadah
  - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat
  - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat
  - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya
  - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat
- 

IV

- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat
- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat

Tabel 6. Faktor keutamaan gempa (SNI 1726-2019 pada halaman 25)

| Kategori Risiko | Faktor keutamaan gempa, $I_e$ |
|-----------------|-------------------------------|
| I atau II       | 1,0                           |
| III             | 1,25                          |
| IV              | 1,50                          |

Dalam perancangan struktur tahan gempa, salah satu parameter penting yang harus diperhitungkan adalah waktu getar alami struktur atau periode fundamental. Struktur dengan periode getar yang lebih panjang akan mengalami respons yang berbeda dibandingkan struktur dengan periode yang lebih pendek. Berdasarkan Pasal 7.8.2.1 SNI 1726:2019, nilai parameter periode pendekatan  $C_t$  dan  $x$  dapat dilihat pada Tabel 7. Perhitungan pendekatan periode struktur dapat dilihat pada Persamaan (15 dan 16) :

$$T_a = C_t (Hn)^x \quad (15)$$

$$T_{max} = T_a \cdot C_u \quad (16)$$

Tabel 7. Nilai parameter periode pendekatan  $C_t$  dan  $x$ 

| Tipe Struktur                                                                                                                                                                                                                  | $C_t$  | $x$  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------|
| Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik: |        |      |
| • Rangka baja pemikul momen                                                                                                                                                                                                    | 0,0724 | 0,8  |
| • Rangka beton pemikul momen                                                                                                                                                                                                   | 0,0466 | 0,9  |
| Rangka baja dengan bresing eksentris                                                                                                                                                                                           | 0,0731 | 0,75 |
| Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk                                                                                                                                                                            | 0,0731 | 0,75 |
| Semua sistem struktur lainnya                                                                                                                                                                                                  | 0,0488 | 0,75 |

Geser dasar seismik merupakan gaya lateral total yang bekerja pada dasar struktur akibat gempa bumi. Besarnya geser dasar ini sangat penting untuk diperhitungkan dalam perencanaan struktur tahan gempa. Gaya geser dasar seismik,  $V$ , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan Persamaan (17):

$$V = C_s \cdot W \quad (17)$$

Keterangan:

$C_s$  = koefisien respons seismik

$W$  = berat seismik efektif

## 2.7 Perencanaan Penulangan Dalam Praktik Konsultan

Perencanaan penulangan dalam praktik konsultan melibatkan serangkaian langkah yang sistematis untuk memastikan bahwa struktur beton bertulang dirancang dengan aman, efisien, dan sesuai dengan standar yang berlaku. Proses ini mencakup analisis beban, desain penulangan, dan detail pelaksanaan.

### 2.7.1 Metode Umum Yang Digunakan Dalam Proyek Nyata

#### 1. Analisis Struktur:

Metode pertama yang digunakan dalam proyek nyata adalah analisis struktur untuk menentukan beban yang bekerja pada elemen beton bertulang. Ini mencakup analisis statik dan dinamik untuk memastikan bahwa struktur dapat menahan semua beban yang mungkin terjadi.

#### 2. Desain Penulangan:

Setelah analisis, langkah selanjutnya adalah merancang penulangan sesuai dengan hasil analisis. Desain ini harus mematuhi standar dan kode yang

berlaku, seperti SNI, ACI, atau Eurocode. Pada Gambar 8 menunjukkan proses pengerjaan penulangan struktur atas di lokasi penelitian.



Gambar 8. Pengerjaan penulangan struktur atas (Dokumentasi lapangan, 2024)

### 3. Detailing Penulangan:

Detailing penulangan adalah proses menggambar dan mendokumentasikan penulangan yang akan digunakan dalam konstruksi. Ini mencakup penempatan, ukuran, dan jenis penulangan yang akan digunakan.

### 4. Penggunaan Software Analisis:

Banyak konsultan menggunakan perangkat lunak analisis struktur seperti STAAD.Pro, SAP2000, atau ETABS untuk melakukan analisis dan desain. Software ini membantu dalam memvisualisasikan hasil dan mempermudah perhitungan.

### 5. Verifikasi dan Pengujian:

Setelah desain selesai, penting untuk melakukan verifikasi dan pengujian untuk memastikan bahwa desain memenuhi semua persyaratan keamanan dan kinerja. Ini dapat melibatkan analisis tambahan atau pengujian material.

### 2.7.2 Tantangan dan Faktor Yang Mempengaruhi Desain Penulangan

1. Variabilitas Material:

Kualitas dan karakteristik material beton dan penulangan dapat bervariasi, yang dapat mempengaruhi kekuatan dan kinerja struktur. Variabilitas ini harus diperhitungkan dalam desain.

2. Beban yang Berubah-ubah:

Beban yang diterima oleh struktur dapat berubah seiring waktu, baik karena perubahan penggunaan bangunan maupun faktor lingkungan seperti gempa bumi dan angin. Desain penulangan harus mempertimbangkan kemungkinan ini.

3. Keterbatasan Ruang:

Dalam banyak proyek, terutama di area perkotaan, keterbatasan ruang dapat mempengaruhi penempatan penulangan dan elemen struktural lainnya. Hal ini dapat menambah kompleksitas dalam desain.

4. Regulasi dan Standar:

Kode dan standar yang berlaku, seperti SNI, ACI, dan Eurocode, memberikan pedoman yang harus diikuti dalam desain penulangan. Mematuhi regulasi ini dapat menjadi tantangan, terutama jika ada perubahan atau pembaruan.

5. Kondisi Lingkungan:

Faktor lingkungan, seperti kelembapan, suhu, dan paparan bahan kimia, dapat mempengaruhi kinerja beton dan penulangan. Desain harus mempertimbangkan kondisi ini untuk memastikan daya tahan struktur.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1 Deskripsi Penelitian**

#### **3.1.1 Pendekatan Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, yang melakukan survei untuk mengumpulkan data dari insinyur, konsultan, atau kontraktor mengenai praktik perencanaan penulangan, termasuk metode yang digunakan, jumlah penulangan, dan faktor-faktor yang mempengaruhi desain. Jenis Penelitian yang digunakan yaitu Komparatif karena penelitian ini membandingkan dua hasil perhitungan, yaitu perhitungan yang dilakukan dalam proyek rumah susun Polda Sumut dan analisis penulis.

#### **3.1.2 Jenis Data Yang Digunakan**

##### **1. Data Primer**

Pengumpulan data primer dilakukan dengan observasi langsung terhadap objek penelitian, pengukuran langsung yang dilakukan peneliti dan data yang diperoleh secara tidak langsung yaitu dapat berupa soft file ataupun denah bestek berbentuk fisik yang diperoleh dari tempat lokasi penelitian dilakukan.

##### **2. Data Sekunder**

Data sekunder adalah data yang diperoleh melalui penelitian terdahulu yang dilakukan pihak lain. Data sekunder dapat berupa peraturan pembebanan. Peraturan struktur beton, buku, jurnal ilmiah, artikel, serta laporan penelitian sebelumnya. Adapun data pendukung yang lain seperti website

Puskim PU, SNI 2847-2019, PPURG 1987 dan SNI 03-1726-2002 untuk memperoleh data nilai percepatan gempa dan pembebanan struktur pada area penelitian, dan juga berbagai penelitian sebelumnya sebagai referensi penelitian ini.

### 3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Tempat lokasi penelitian dilaksanakan pada Pembangunan Rumah Susun Polda Sumatera Utara yang bertempat di Jalan. Bhayangkara, Indra Kasih, Medan, Sumatera Utara. Pada Gambar 9 lokasi proyek ini berada di Kawasan Satuan Brimob Polda Sumut.



Gambar 9 . Lokasi Penelitian (Google earth, 2024)

Waktu pelaksanaan penelitian adalah 8 minggu, yang dibagi menjadi dua tahapan, antara lain:

1. Pengumpulan data: 2 minggu
2. Pengolahan data: 6 minggu

### 3.3 Metode Pengumpulan Data

#### 3.3.1 Data Eksisting Dari Proyek

##### 1. Informasi Proyek

|                   |   |                                                     |
|-------------------|---|-----------------------------------------------------|
| Nama Proyek       | : | Pembangunan Rumah Susun Polda Sumatera Utara        |
| Lokasi Proyek     | : | Jl. Bhayangkara, Indra Kasih, Medan, Sumatera Utara |
| Jumlah Lantai     | : | 3 Lantai                                            |
| Pemilik Proyek    | : | Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR)          |
| Sumber Dana       | : | APBN                                                |
| Tanggal Kontrak   | : | 13 Desember 2023                                    |
| Konsultan         | : | PT. Aritha Teknik Persada, KSO PT. Ciria            |
| Tim Leader        | : | Ir. Diana Suita M.T                                 |
| Waktu Pelaksanaan | : | 254 Hari                                            |
| Kontraktor        | : | PT. Razasa Karya                                    |
| Luas Bangunan     | : | 2601 m <sup>2</sup>                                 |
| Luas Tanah        | : | 1568 m <sup>2</sup>                                 |
| Nilai Proyek      | : | Rp. 20.012.026.566,03                               |

##### 2. Dimensi Komponen Struktur

Untuk memastikan bahwa setiap elemen struktural dirancang dengan tepat dan memenuhi persyaratan teknis yang diperlukan, berikut ini disajikan tabel dimensi elemen struktural yang mencakup ukuran, bentuk, dan spesifikasi material. Seperti Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Dimensi komponen struktur

| Jenis Struktur | Dimensi (mm) |
|----------------|--------------|
| K1             | 300 x 550    |
| K2             | 450 x 550    |
| B1             | 300 x 400    |
| B2             | 300 x 450    |
| B3             | 300 x 450    |
| B4             | 400 x 650    |
| B5             | 250 x 400    |
| B6             | 400 x 650    |
| B7             | 400 x 650    |
| B8             | 300 x 650    |
| B9             | 300 x 450    |
| B10            | 250 x 400    |
| B11            | 250 x 500    |
| B12            | 350 x 450    |
| B13            | 350 x 650    |
| B14            | 350 x 650    |
| SW1            | 200          |
| SW2            | 200          |
| PL             | 130          |
| PA             | 150          |

### 3.3.2 Proses Pemodelan Ulang Dengan STAAD.Pro *Connect Edition V22*

Adapun tahapan analisis yang akan dilakukan penulis dalam penelitian ini adalah:

1. Melakukan review jurnal, maupun buku panduan yang terkait dengan analisa-analisa struktur bangunan.
2. Menentukan dan membuat daftar data-data yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian.
3. Melakukan tahapan perhitungan pembebanan struktur, yaitu: ‘
  - a) Beban Mati
  - b) Beban Hidup
  - c) Beban Gempa
  - d) Beban Kombinasi

e) Beban Angin

4. Mempersiapkan perangkat untuk tahapan analisis, dalam hal ini instal program software STAAD.Pro *Connect Edition V22*
5. Melakukan tahap pemodelan struktur gedung menggunakan program STAAD.Pro *Connect Edition V22*
6. Analisis struktur dengan analisis Elemen Hingga
7. Menyimpulkan Hasil Analisis
8. Membuat kesimpulan dari penelitian

### 3.4 Tahap Analisis Data

Tahap ini merupakan rancangan rencana pada tahap- tahap peneltiaan awal dari pengumpulan data sampai data diperoleh dan diolah untuk mendapatkan hasil dan kesimpulan akhir.

#### 3.4.1 Parameter Perbandingan Hasil Desain

Perbandingan hasil desain penulangan gedung beton bertulang dapat dilakukan dengan mengacu pada berbagai standar, seperti SNI 2847:2002, SNI 2847:2013, dan SNI 2847:2019. Analisis ini mencakup perbandingan jumlah dan jenis tulangan yang diperlukan untuk kolom dan balok, serta dampaknya terhadap kekuatan dan stabilitas struktur.

Parameter Desain Penulangan:

1. SNI 2847:2013 vs SNI 2847:2019
  - a. Perubahan dalam persentase penulangan dinding geser berkisar antara 1% hingga 4%.

- b. Penyesuaian ini bertujuan untuk meningkatkan keamanan dan efisiensi struktur.
2. Desain Perangkat Lunak
  - a. Penggunaan software seperti STAAD.Pro untuk menghasilkan sketsa penulangan.
  - b. Output dari software ini memberikan gambaran yang jelas tentang distribusi dan jumlah tulangan yang diperlukan.

### 3.4.2 Evaluasi Jumlah dan Pendistribusian Penulangan

Evaluasi jumlah dan pendistribusian penulangan dalam desain gedung beton bertulang adalah langkah penting untuk memastikan kekuatan, stabilitas, dan keselamatan struktur. Berikut adalah beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan dalam evaluasi ini:

1. Jumlah Penulangan
  - a. Analisis Beban : Hitung beban yang akan diterima oleh struktur, termasuk beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa. Ini akan mempengaruhi jumlah penulangan yang diperlukan.
  - b. Persentase Penulangan : Sesuaikan jumlah penulangan dengan persentase minimum yang ditetapkan dalam standar (misalnya, SNI 2847). Pastikan jumlah penulangan memenuhi syarat untuk kolom, balok, dan dinding geser.
  - c. Kekuatan Material : mempertimbangkan kekuatan beton dan baja yang digunakan. Kualitas material akan mempengaruhi jumlah penulangan yang diperlukan.

## 2. Distribusi Penulangan

### a. Penempatan Penulangan :

Pastikan penulangan ditempatkan dengan benar sesuai dengan analisis momen dan gaya geser. Penulangan harus ditempatkan di area yang mengalami tegangan maksimum.

### b. Jarak Antar Tulangan : Evaluasi jarak antar tulangan agar tidak melebihi batas yang ditentukan dalam standar. Jarak yang terlalu jauh dapat mengurangi efektivitas penulangan.

### c. Penulangan Lentur dan Geser : Pastikan pendistribusian penulangan lentur (untuk momen) dan penulangan geser (untuk gaya geser) dilakukan dengan baik. Penulangan geser harus ditempatkan di daerah yang mengalami gaya geser tinggi.

## 3.4.3 Perbandingan Efisiensi Perencanaan Dari Segi Waktu dan Ketepatan Desain

### 3. Waktu Perencanaan

Manual vs. Software : Perencanaan manual biasanya memakan waktu lebih lama dibandingkan dengan penggunaan software struktural (seperti SAP2000, ETABS, atau SAFE). Perangkat lunak dapat mempercepat proses analisis dan desain dengan otomatisasi perhitungan.

### 4. Ketepatan Desain

#### a. Analisis Beban : Ketepatan dalam perhitungan beban yang diterima oleh struktur sangat penting. Kesalahan dalam analisis beban dapat mengakibatkan desain penulangan tidak memadai.

- b. Kesesuaian dengan Standar : Desain yang mengikuti standar yang berlaku (seperti SNI, ACI, atau Eurocode) cenderung lebih tepat dan aman. Ketidakpatuhan terhadap standar dapat menyebabkan masalah di kemudian hari.

## 5. Perbandingan Efisiensi

### Efisiensi Waktu :

#### a. Desain Manual :

Mungkin memakan waktu lebih lama, tetapi dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang struktur perilaku.

#### b. Desain dengan Software :

Lebih cepat, tetapi memerlukan pemahaman yang baik tentang penggunaan software dan interpretasi hasil.

### Efisiensi Ketepatan :

#### a. Manual Desain :

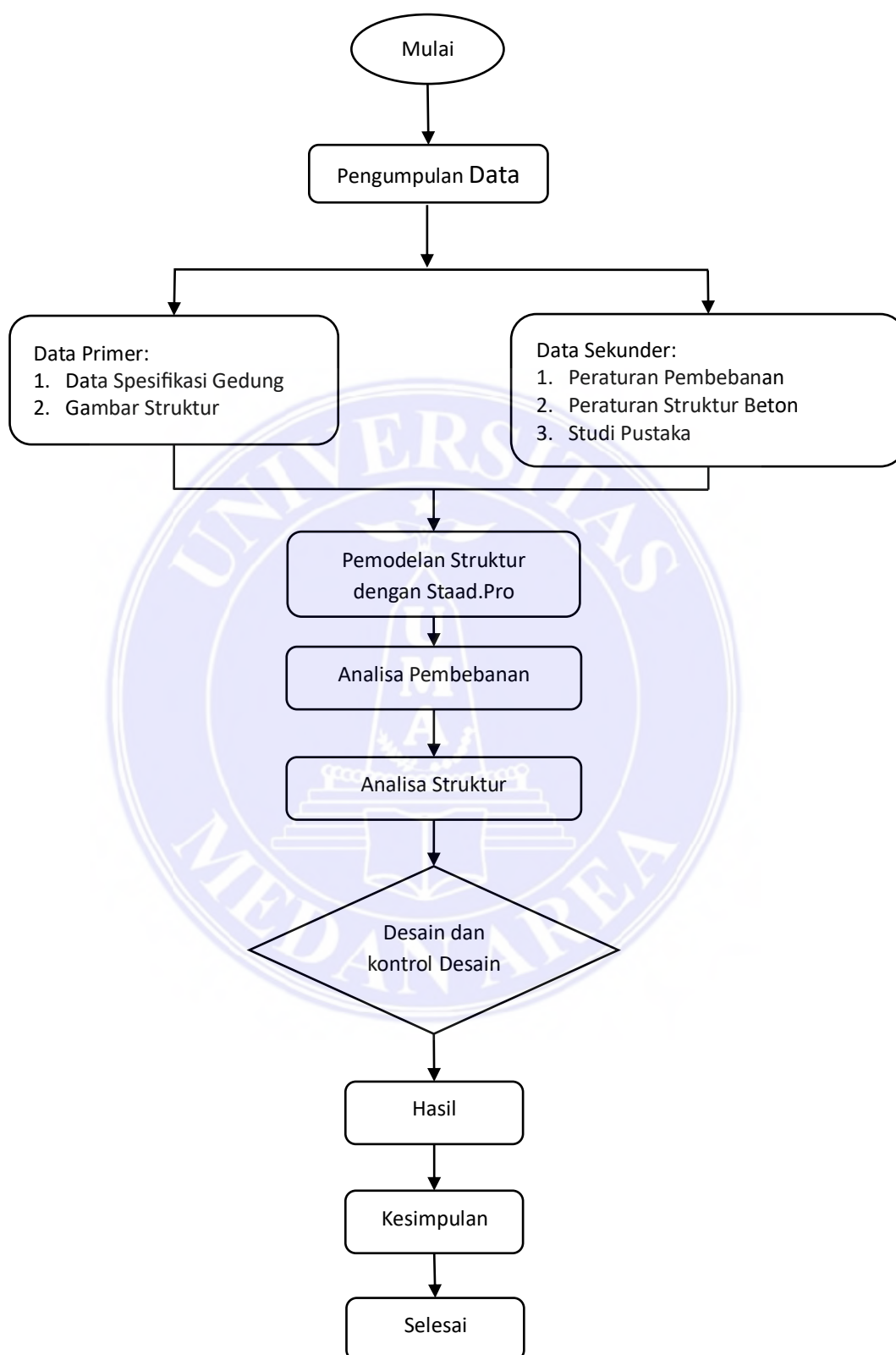
Menyewakan terhadap kesalahan manusia, tetapi dapat lebih fleksibel dalam penyesuaian desain.

#### b. Desain dengan Software :

Cenderung lebih akurat dalam perhitungan, tetapi hasilnya sangat bergantung pada input yang diberikan oleh pengguna.

Perbandingan efisiensi perencanaan dari segi waktu dan ketepatan desain penulangan gedung beton bertulang menunjukkan bahwa penggunaan teknologi dan pengalaman waktu sangat berpengaruh. Oleh karena itu, kombinasi antara pengalaman, penggunaan teknologi, dan kepatuhan terhadap standar adalah kunci untuk mencapai efisiensi yang optimal dalam perencanaan struktur beton bertulang.

### 3.5 Kerangka Berfikir



Gambar 10. Diagram Alir Penelitian

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil perancangan struktur beton bertulang yang menggunakan software Staad.pro Connection Edition V22 dapat disimpulkan, penulangan pada kolom mengalami peningkatan yang signifikan sebesar 50 %, sedangkan balok menunjukkan peningkatan yang lebih moderat sebesar 37,5 % pada dimensi tulangan dengan jumlah tulangan yang sama yaitu 9 batang, dan jarak tulangan pelat mengalami peningkatan yang cukup besar yaitu 100 %.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil perancangan struktur beton bertulang, disarankan untuk melakukan evaluasi menyeluruh terhadap desain kolom yang mengalami peningkatan penulangan sebesar 50%, guna memastikan bahwa semua faktor beban dan kondisi lingkungan telah diperhitungkan dengan baik. Untuk balok, yang menunjukkan peningkatan 37,5% pada dimensi tulangan, sebaiknya dilakukan analisis lebih untuk mencari kemungkinan optimasi, termasuk penggunaan lebih lanjut jenis tulangan yang lebih efisien atau modifikasi dimensi balok jika memungkinkan. Selain itu, dengan peningkatan jarak tulangan pelat sebesar 100%, penting untuk melakukan pengujian dan pemantauan untuk memastikan bahwa perubahan ini tidak mempengaruhi kekuatan dan stabilitas pelat dalam jangka panjang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dewobroto, W. (2014). Pemanfaatan software Structural Analysis Program (SAP) sebagai media pembelajaran dalam mata kuliah Analisis Struktur. *Lokakarya Jurusan Teknik Sipil Universitas Semarang*, 23.
- FADLI, F. (2021). Perancangan Rumah Susun Untuk Masyarakat Berpenghasilan Rendah dengan Pendekatan Arsitektur Ekologis di Pontianak
- Farrizqie, R. (2024). INTEGRASI BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) MENGGUNAKAN AUTODESK REVIT DAN AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL DALAM ANALISIS STRUKTUR PADA BANGUNAN GOR INDOOR WAY HALIM UNTUK PENGOPTIMALAN VALUE ENGINEERING.
- Gusty, S., Lopian, F. E. P., Tamim, T., Tumpu, M., Syarif, M., Safar, A., ... & Mallatong, R. (2022). *Teknik Sipil (Sebuah Pengantar)*. Tohar Media.
- Iriyanto, S. M., Atiya, A. F., Haurissa, R. E., Dominggus Bakarbesy, M. T., Pakiding, L., Rumarar, I. H., ... & MT, I. (2025). *KONSEP DASAR TEKNIK SIPIL*. Cendikia Mulia Mandiri.
- Kartini, I., Abdullah, S. E., Juli Riauwati, S. E., Yoeliastuti, S. P., Tannady, H., Khasanah, S. P., ... & Purbaningsih, Y. (2022). *Manajemen Proyek*. Cendikia Mulia Mandiri.
- Kariso, P. H., Dapas, S. O., & Pandaleke, R. E. (2018). Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. *Jurnal Sipil Statik*, 6(6), 361-372.
- Khairi, A., Kohar, S., Widodo, H. K., Ghufro, M. A., Kamalludin, I., Prasetya, D., ... & Anggraeni, D. (2022). *Teknologi pembelajaran: Konsep dan pengembangannya di era society 5.0*. Penerbit Nem.
- Khoeri, H., Buwono, H. K., Jayanti, D. Y. A., & Setiawan, A. (2024). Kelayakan Struktur Bangunan Akibat Perubahan Beban Dengan Metode Linear Moving Load. *AGREGAT*, 9(2), 1191-1196.
- Marpaung, T. J., Manurung, A., Siringoringo, Y. B. P., Napitupulu, N., Hasibuan, C. D., & Sutanto, F. (2025). *PENGANTAR ANALISIS NUMERIK*. Nas Media Pustaka.
- Masril, M. (2019). Analisis perilaku struktur atas Gedung Asrama Pusdiklat IPDN Baso, Bangunan Wing 1 dengan beban gempa berdasarkan SNI 03-1726-2012. *Rang Teknik Journal*, 2(1).
- Nasution, Y. H. (2024). Analisis Risiko dan Keamanan Struktural pada Jembatan Beton Prategang: Studi Kasus di Wilayah Gempa. *WriteBox*, 1(2).
- Nugraha, W., & Sukmara, G. (2017). Evaluasi Beban Layar Jembatan Apung Pejalan Kaki Tipe Pelengkung Rangka Baja Berdasarkan Uji Pembebanan. *Jurnal Jalan Jembatan*, 34(2).

- Ndari, R. W. (2015). Kampung Vertikal Baciro, Yogyakarta Implementasi Arsitektur Berkelanjutan dengan Konsep Konservasi Air melalui Teknologi Pemanen Air Hujan.
- Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia. (2017).
- Ruslan, H., Iwan, C., Saiful, A., & Asnun, P. (2024). KEBUTUHAN TULANGAN PADA BALOK T KOMPATIBILITAS PADA GEDUNG BERTINGKAT.
- Sihombing, L. R. (2018). Evaluasi Perhitungan Dimensi Tulangan Balok Terhadap Analisa Struktur Pada R6 Portal As-32 Proyek Pembangunan Ruko Citraland Bagya City Medan.
- Sinuraya, J., Wahyuni, M. S., Adwin, H. A., & Sari, K. (2024). *Analisis Perancangan sistem*. Mega Press Nusantara.
- Siregar, P. M. (2019). Analisis Stabilitas Soldier Pile Sebagai Dinding Penahan Tanah Dengan Metode Elemen Hingga Pada Gedung Menara Bri Jl. Jend. Sudirman Pekanbaru. *Jend. Sudirman Pekanbaru*.
- SNI 1727:2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan *Non* Gedung. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 1727:2020. Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan.
- SNI 2847:2019. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional.
- UTAMA, D. R., & ALRASYID, R. (2024). *PENGARUH DIMENSI DAN TATA LETAK DINDING GESER PADA STUDI KASUS GEDUNG RUMAH SAKIT 7 (TUJUH) LANTAI DI PURWOKERTO* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Sultan Agung Semarang).
- Wiraguna, S. A. (2024). Analisis Komparatif Penggunaan Drywall Partition Dibandingkan Dinding Bata Dalam Pembatas Ruangan Pada Bangunan Apartemen. *RUANG: JURNAL ARSITEKTUR*, 18(1 Maret), 14-25.
- Wiraguna, S. A., & Purwanto, L. M. F. (2024). Integrasi Teknologi Digital Sensor dan Mekanik pada Fasad Bangunan Perkantoran. *Journal of Architectural Design and Development (JAD)*, 5(1), 39-49.

## LAMPIRAN

