

**ANALISA PERBANDINGAN PERILAKU STRUKTUR *OPEN*
FRAME DAN *CLOSED FRAME* AKIBAT DINDING PENGISI BATA
MERAH**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh

Kevin Sokhiziduhu Gea
20310033

Disetujui untuk melaksanakan sidang meja hijau

Dosen Pembimbing I



Bartholomeus, S.T., M.T

Dosen Pembimbing II



Nurvita I.M. Simanjuntak, S.T., M.Sc

Dosen Penguji I



Ir. Partahi Lumbangaol, M.Eng.Sc

Dosen Penguji II



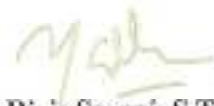
Luki Hariando Purba, S.T., M.Eng

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Timbang Pangaribua, M.T.

Ketua Program Studi



Ir. Yetty Riris Saragi, S.T., M.T., IPU., ACPE

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HKBP NOMMENSEN MEDAN

2024

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Struktur gedung adalah kerangka atau rangkaian konstruksi yang bertanggung jawab untuk menopang, mendukung, dan memberikan stabilitas pada bangunan. Struktur gedung harus dirancang dengan memperhatikan aspek-aspek keamanan, efisiensi dan estetika. Struktur gedung harus mampu menahan berbagai beban yang beragam, termasuk beban hidup, beban mati, beban angin, beban gravitasi dan potensi gempa bumi, sambil mempertimbangkan karakteristik material dan konstruksi yang berbeda. Struktur yang kuat dapat memberikan rasa aman dan nyaman bagi pengguna gedung, sedangkan struktur gedung yang tidak kuat memberikan rasa takut, tidak nyaman dan berpotensi besar mengancam keselamatan pengguna gedung.

Dalam satu kesatuan bangunan, struktur gedung memegang peranan sentral dalam industri konstruksi sebagai tulang punggung dari suatu bangunan. Dalam industri konstruksi, pemahaman yang mendalam tentang perilaku struktur gedung merupakan elemen kunci dalam memastikan keselamatan, keandalan dan kinerja jangka panjang dari suatu bangunan. Struktur dari suatu gedung yang direncanakan harus mampu menahan setiap beban yang dipikulnya sesuai dengan fungsi dari bangunan itu sendiri.

Dalam satu kesatuan gedung, dinding merupakan salah satu elemen yang tidak terlepas di dalamnya. Dinding pengisi biasanya terbuat dari material bata merah, batako, GRC dan material lain yang terus berinovasi hingga sekarang. Dinding biasanya digunakan sebagai partisi atau sekat ruangan dan juga digunakan sebagai penutup bangunan.

Dalam keberadaannya sebagai elemen non struktural, sering sekali kita menganggap bahwa dinding ini hanya bersifat sebagai penyumbang beban di sepanjang elemen pemikulnya tanpa menyadari bahwa dinding ini dapat menyumbang kekakuan terhadap rangka struktur beton bertulang yang berada di sekitarnya.

Kekakuan struktur merupakan hal yang sangat penting dalam bangunan gedung. Struktur yang kaku memberikan peningkatan kinerja struktur dalam memikul setiap beban yang ada. Berdasarkan

beberapa penelitian yang telah ada, dijelaskan bahwa keberadaan dinding pengisi dalam bangunan gedung ternyata dapat menyumbangkan kekakuan struktur secara signifikan dalam menahan beban lateral yang ada.

Dalam memahami perilaku struktur gedung, perlu dipertimbangkan berbagai aspek, termasuk bahan konstruksi yang digunakan, geometri bangunan, kondisi tanah di lokasi bangunan, dan faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi respon struktural. Misalnya, struktur beton bertulang memiliki perilaku yang berbeda dari struktur baja, dan karakteristik tanah di lokasi bangunan mempengaruhi tingkat getaran yang dialami gedung selama gempa bumi.

Perilaku struktur yang muncul akibat beban yang dipukul harus dipahami sejak dini untuk mengetahui segala kemungkinan kegagalan yang terjadi. Perilaku struktur yang telah diketahui menjadi dasar bagi perencana untuk melakukan antisipasi terhadap perilaku tersebut sehingga menghasilkan desain yang optimal.

Rumah susun Sekolah Tinggi Teologi Anugerah Misi yang berlokasi di Kabupaten Nias Barat merupakan suatu gedung yang dibangun dengan tiga lantai bertingkat dengan menggunakan material struktur beton bertulang. Gedung ini berfungsi sebagai tempat hunian bagi para mahasiswa dan mahasiswi yang menempuh pendidikan di Sekolah Tinggi Teologi Misi Nias Barat.

Sebagai daerah rawan gempa, bangunan gedung yang berada di Kepulauan Nias memerlukan perencanaan yang matang untuk menjamin keselamatan bagi pengguna gedung. Mengacu pada gempa yang pernah terjadi di waktu lampau, tepatnya pada bulan Mei tahun 2005 dimana gempa dahsyat tersebut banyak memakan korban jiwa akibat tertimpa reruntuhan bangunan gedung yang tidak dapat menahan beban gempa yang terjadi. Maka dari itu perencanaan bangunan gedung, terlebih bangunan bertingkat yang berada di daerah rawan gempa khususnya di Kepulauan Nias harus benar-benar direncanakan dengan matang, sehingga hal ini dapat memperkecil kemungkinan kegagalan struktur yang dapat membahayakan keselamatan pengguna gedung.

Berdasarkan hal yang telah diuraikan di atas, penulis mencoba menganalisis perilaku struktur yang kemungkinan akan terjadi pada gedung Sekolah Tinggi Teologi Misi Nias Barat akibat adanya dinding pengisi baik itu dengan atau tanpa bukaan. Analisis ini akan mencoba mengidentifikasi seberapa besar pengaruh dinding dalam menyumbangkan kekakuan terhadap struktur gedung beton bertulang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam studi ini adalah :

1. Bagaimana perilaku struktur yang terjadi berdasarkan deformasi antara model *open frame* dan *closed frame*?
2. Bagaimana periode natural struktur dari model *open frame* dan *closed frame*?
3. Bagaimana reaksi tumpuan maksimum yang terjadi pada model struktur yang ditinjau?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari studi ini adalah :

1. Untuk membandingkan analisis perilaku struktur *open frame* dan *closed frame* melalui simpangan antar tingkat yang terjadi antara model struktur yang ditinjau.
2. Mengetahui periode natural struktur dari model struktur yang ditinjau.
3. Mengetahui reaksi tumpuan maksimum yang terjadi pada model struktur yang ditinjau.

1.4 Batasan Masalah

Untuk membatasi lingkup permasalahan dan mempermudah pembahasan dalam tulisan ini, maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Penulis hanya membahas tentang perilaku struktur gedung akibat dari keberadaan dinding pengisi.
2. Penulis hanya membahas tentang seberapa besar pengaruh dinding dalam menyumbangkan kekakuan terhadap rangka struktur beton bertulang.
3. Daya dukung tanah dan pondasi tidak dianalisis dalam tulisan ini.
4. Penulis tidak melakukan desain/perencanaan ulang baik itu dimensi kolom, balok pelat dan luas tulangan yang diperlukan melainkan hanya melakukan analisis berdasarkan desain struktur yang sudah ada.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kontribusi pada pengetahuan. Tulisan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengetahuan di bidang analisis struktur bangunan terhadap beban yang dipikul yang merujuk pada peningkatan pemahaman tentang perilaku struktur gedung dan dampaknya terhadap keamanan dan kinerja bangunan.
2. Peningkatan kualitas bangunan. Dengan memahami perilaku struktur gedung terhadap beban yang dipikul, tulisan ini dapat membantu meningkatkan kualitas dan keamanan bangunan. Hal ini dapat mengarah pada pengurangan risiko kegagalan struktur dan meningkatkan ketahanan terhadap bencana alam seperti gempa.
3. Optimasi desain. Penulis berharap dengan adanya tulisan ini dapat menjadi masukan dan referensi bagi perencana struktur bangunan, pembaca dan setiap orang yang berkepentingan dalam merencanakan struktur bangunan dan memahami perilaku struktur bangunan akibat beban yang dipikul, baik itu beban statik dan beban dinamik sehingga menghasilkan desain yang optimal.
4. Pemahaman terhadap faktor-faktor eksternal. Dengan memahami bagaimana struktur gedung merespon terhadap beban eksternal seperti angin, gempa bumi atau beban lainnya, tulisan ini dapat membantu mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja struktur dan merancang solusi yang lebih baik.
5. Perbaikan kinerja struktural. Melalui analisis yang dilakukan dalam tulisan ini diharapkan dapat membantu setiap elemen yang berkepentingan dalam mengidentifikasi area-area di mana struktur gedung mungkin mengalami kelemahan atau kekurangan dalam merespon beban tertentu.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Definisi Beton

Beton adalah salah satu material konstruksi yang telah menjadi material unggulan dalam dunia konstruksi. Dalam proses pembangunan infrastruktur dan bangunan, beton telah menjadi material utama berkat sejumlah keunggulan yang dimilikinya seperti dapat dibentuk sesuai dengan keinginan dan

memiliki durabilitas yang baik sehingga dapat mengurangi biaya pemeliharaan jangka panjang (H. Kusuma, 2023).

(BSN, 2847:2019) beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang membentuk masa padat. Salah satu keunggulan utama beton adalah kemampuannya untuk menyesuaikan diri dengan berbagai kondisi lingkungan, mulai dari cuaca ekstrem hingga kondisi tanah yang tidak stabil. Selain itu, beton juga relatif mudah untuk diproduksi dalam jumlah besar, membuatnya menjadi pilihan yang populer untuk berbagai proyek konstruksi lainnya, mulai dari bangunan bertingkat hingga jembatan.

Dikenal sebagai material yang kuat akan beban tekan, beton pada zaman sekarang telah mengalami perkembangan yang sangat signifikan. Penggunaan beton dalam dunia desain arsitektur telah menciptakan struktur yang memiliki visualisasi yang menarik dan kreatif. Tidak hanya sampai disitu, beton sebagai material yang digunakan dalam jumlah yang banyak memiliki potensi keberlanjutan yang signifikan ketika digunakan dengan baik dan bijak (H. Kusuma, 2023).

2.1.2 Beton Bertulang

(BSN, 2847:2019) tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan, beton bertulang (*reinforced concrete*) adalah beton struktural yang ditulangi dengan tidak kurang dari jumlah baja prategang atau tulangan non prategang minimum yang telah ditetapkan.

Tulangan baja adalah komponen yang diletakan di dalam elemen struktur beton untuk memikul gaya tarik akibat beban eksternal yang bekerja pada elemen struktur beton yang memiliki kuat luluh 10 kali lebih besar dari kuat tekan beton. Tulangan longitudinal yang diletakan di dalam beton berfungsi untuk memikul beban tekan dan tarik yang terjadi akibat beban eksternal yang dipikul oleh struktur beton (Agus Setiawan, 2021). Gambar struktur beton bertulang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Beton bertulang
(Sumber : Google, 2024)

2.1.3 Modulus Elastisitas Beton

(BSN, 2847:2019) nilai modulus elastisitas beton E_c dihitung berdasarkan persamaan berikut :

- a) Untuk nilai w_c yang berkisar antara 1400 dan 1560 kg/m³

$$\varepsilon_c = w_c^{1,5} \times 0,043 \sqrt{f'c} \quad 2.1$$

- b) Untuk beton normal

$$\varepsilon_c = 4700 \sqrt{f'c} \quad 2.2$$

Keterangan :

w_c = berat jenis beton (kg/m³)

E_c = Modulus elastisitas beton (Mpa)

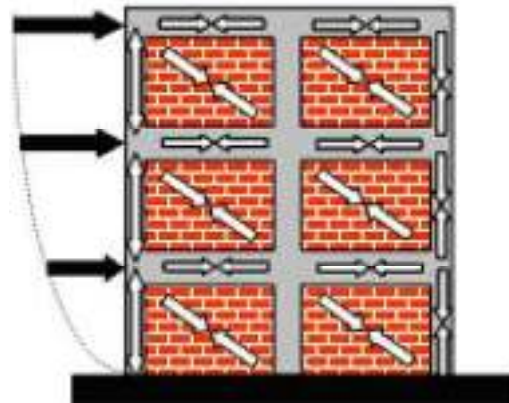
$f'c$ = kuat tekan beton (Mpa)

2.1.4 Definisi Dinding Pengisi

Dinding pengisi adalah elemen yang berada di antara portal beton bertulang atau rangka baja yang pada umumnya terbuat dari berbagai jenis material seperti pasangan bata merah, batako ataupun bata ringan. Dinding pengisi atau *infill wall* kerap digunakan sebagai pembatas atau partisi ruangan pada

bangunan gedung yang biasanya terbuat dari pasangan bata merah, batako, bata ringan atau material lainnya (Sukrawa dkk, 2020).

Berdasarkan penelitian, penggunaan dinding pengisi di antara portal beton bertulang atau baja, dapat meningkatkan kekuatan dan kekakuan struktur dalam menahan gaya lateral yang terjadi (Sukrawa dkk, 2020).



Gambar 2. 2 Dinding pengisi bata merah diantara portal beton bertulang
(Sumber : Google, 2024)

2.1.5 Modulus Elastisitas Bata Merah (*Modulus Young*)

Berdasarkan pengujian laboratorium yang dilakukan oleh (Sehonanda dkk, 2013), didapatkan nilai atau besaran modulus elastisitas dari bata merah yang materialnya berasal dari 3 (tiga) sumber berbeda. Hasil penelitiannya adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Hasil pengujian modulus elastisitas bata merah

| Sumber | Modulus Elastisitas (Mpa) | Modulus Elastisitas (kg/cm ²) |
|--------|---------------------------|---|
| Liwas | 7906,174 | 80620,0469 |
| Taas 1 | 6037,412 | 61564,0939 |
| Taas 2 | 5325,806 | 54307,7763 |

(Sumber : Sehonanda dkk, 2013)

2.1.6 Kuat Tekan Bata Merah

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di laboratorium oleh (Sehonanda dkk, 2013) didapatkan nilai kuat tekan dari material bata merah dengan menggunakan tiga sampel dari sumber yang berbeda. Hasil penelitiannya adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Hasil pengujian kuat tekan bata merah

| Sumber | Kuat Tekan (MPa) | Modulus Elastisitas (MPa) |
|--------|------------------|---------------------------|
| Liwas | 3.270 | 7906,174 |
| Taas 1 | 3.325 | 6037,412 |
| Taas 2 | 3.505 | 5325,806 |

(Sumber : Sehonanda dkk, 2013)

2.1.7 Pengaruh Dinding Bata Merah Terhadap Perilaku Struktur

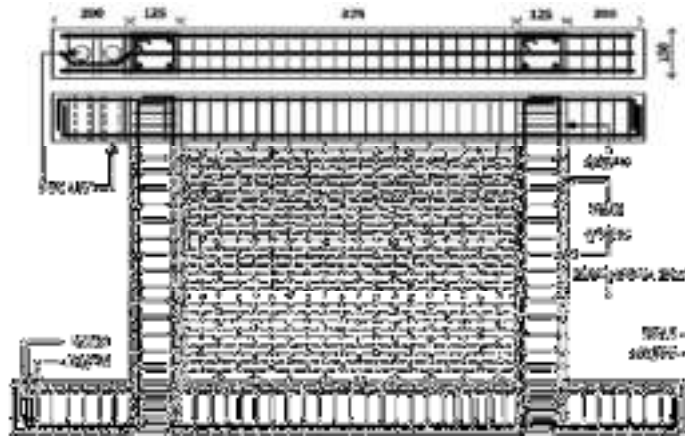
Hingga sampai saat ini, telah banyak penelitian yang dilakukan oleh para peneliti tentang pengaruh dinding bata merah dalam perilaku struktur. Bagaimanapun, keberadaan dinding dalam struktur bangunan gedung akan memberikan perilaku distribusi beban lateral pada struktur beton bertulang (J. Tanjung dan M. Maidawati, 2016).

Adanya dinding pengisi di antara kolom dan balok akan menyumbangkan kekakuan terhadap struktur. Salah satu dari sisi diagonal dinding akan mengalami gaya tarik, dan diagonal lainnya mengalami gaya tekan. Akibatnya dari keberadaan dinding pengisi ini, kolom akan mengalami peningkatan gaya aksial sekaligus dapat mengurangi nilai momen lentur dan gaya geser (J. Tanjung dan M. Maidawati, 2016).

Ketidakteragamannya dinding pengisi ini akan mengakibatkan perbedaan pola distribusi beban, perubahan nilai kekakuan dan perubahan daktilitas komponen struktur, yang akhirnya hal ini menyebabkan perubahan pola keruntuhan struktur bangunan (J. Tanjung dan M. Maidawati, 2016).

(J. Tanjung dan M. Maidawati, 2016) menjelaskan tentang kelebihan dari bangunan yang menggunakan dinding pengisi bata merah. Observasi dilakukan terhadap dua bangunan identik yang ada di kota Padang, Sumatera Barat, memperlihatkan bahwa bangunan yang menggunakan bata merah

dapat bertahan terhadap peristiwa gempa yang terjadi. Bangunan yang menggunakan bata merah mengalami kerusakan, sedangkan bangunan yang tidak menggunakan bata merah mengalami keruntuhan.



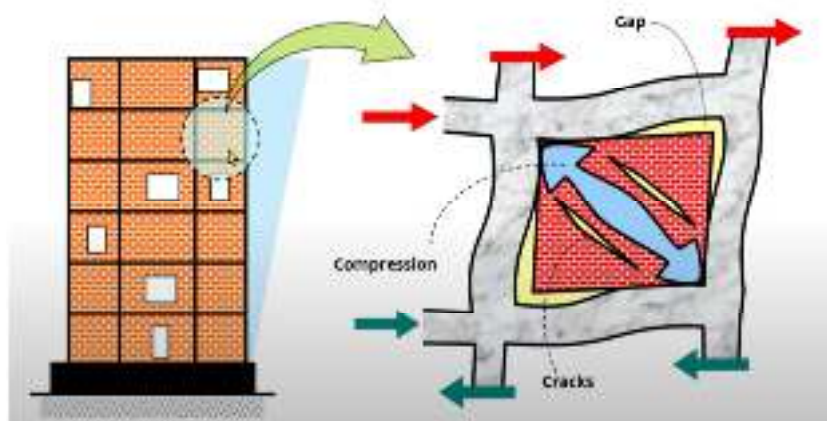
Gambar 2. 3 Dinding bata *full* (*closed frame*)
(Sumber : J. Tanjung dan M. Maidawati, 2016)

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan oleh (Tanjung dan M. Maidawati, 2016) didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan dinding pengisi dengan menggunakan bata merah pada struktur gedung beton bertulang memberikan peningkatan yang sangat besar terhadap ketahanan lateral struktur beton, yakni dapat meningkatkan ketahanan struktur gedung tersebut yang terbuat dari beton bertulang bertulang meningkat lebih dari 20%.
2. Ukuran satuan dari bata merah yang lebih besar memberi kontribusi yang lebih besar terhadap ketahanan lateral dibandingkan dengan bata merah dengan ukuran satuan yang lebih kecil. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan lateral struktur berkisar 52.5% untuk bata merah 1:2 dan 20% untuk bata merah dengan skala 1:4, berturut-turut.
3. Penggunaan plaster pada kedua sisi dinding pengisi yang terbuat dari mortar akan semakin meningkatkan ketahanan lateral struktur beton, yakni meningkat hampir 100% untuk dinding dengan bata merah skala 1:4 dan berkisar sekitar 155% untuk dinding bata merah dengan skala 1:2.
4. Penggunaan dinding pengisi pada struktur beton bertulang dapat menunda keruntuhan yang terjadi pada struktur beton bertulang.

2.2 Strat Diagonal

Mengacu pada (FEMA 356, 2000), *strat* diagonal adalah batang tekan yang mewakili dinding pengisi dalam permodelan analisis perilaku struktur. Perhitungan lebar *strat* diagonal dibagi menjadi dua yaitu *strat* diagonal dengan bukaan dan tanpa bukaan (*solid*). Untuk perhitungan dimensi *strat* diagonal tanpa bukaan dihitung berdasarkan persamaan yang ditetapkan oleh (FEMA 356, 2000) dengan menggunakan koefisien λ_1 untuk dinding tanpa bukaan, sedangkan *strat* diagonal untuk dinding pengisi dengan bukaan yang tidak menggunakan beton (*intel*) disekeliling bingkai bukaan dihitung dengan persamaan yang sama namun perlu dikalikan dengan faktor koreksi akibat adanya bukaan (λ). Selain daripada persamaan yang diusulkan oleh (FEMA 356, 2000), dimensi *strat* diagonal juga dicoba dihitung berdasarkan persamaan 2.3 dan 2.17 yang diusulkan oleh (Sukrawa dkk, 2020).



Gambar 2. 4 Ilustrasi strat sebagai perwakilan dinding pengisi
(Sumber : Google, 2024)

Persamaan perhitungan dimensi *strat* berdasarkan (FEMA 356, 2000) :

$$W_{DS} = 0.175(\lambda_1 h_{col})^{-0.4} r_{inf} \quad 2.3$$

$$\lambda_1 = \left[\frac{E_{me} t_{inf} \sin 2\theta}{4E_{fe} I_{col} h_{inf}} \right]^{\frac{1}{4}} \quad 2.4$$

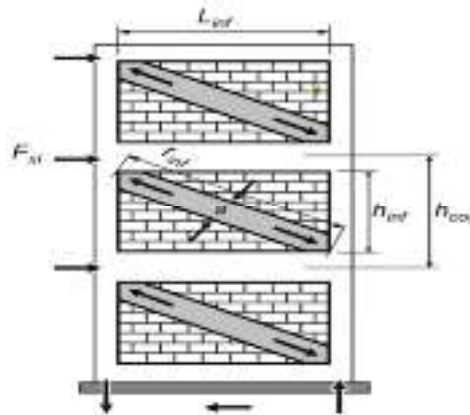
$$\lambda = 1 - 2\alpha_{\omega}^{0.54} + \alpha_{\omega}^{1.14} \quad 2.5$$

Keterangan :

W_{DS} = Lebar *strat* diagonal (mm)

h_{col} = Tinggi kolom as ke as balok (mm)

- h_{inf} = Tinggi dinding pengisi (mm)
- E_{fe} = Modulus elastisitas rangka struktur (Mpa)
- E_{me} = Modulus elastisitas bata (Mpa)
- I_{col} = Inersia kolom (mm⁴)
- L_{inf} = Panjang dinding pengisi (mm)
- r_{inf} = Panjang diagonal dinding pengisi (mm)
- t_{inf} = tebal dinding pengisi (mm)
- θ = Sudut yang dibentuk oleh *strat* diagonal (°)
- λ_1 = koefisien dinding pengisi penuh
- λ = koefisien dinding pengisi dengan bukaan



Gambar 2. 5 Ilustrasi *strat* diagonal dalam (FEMA 356, 2000)
(Sumber : Google, 2024)

2.3 Beban

2.3.1 Beban Mati (DL)

(BSN, 1727:2013) beban mati adalah berat keseluruhan dari material konstruksi bangunan yang terpasang termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk beban berat keran.

2.3.2 Beban Hidup (LL)

(BSN, 1727:2013) beban hidup adalah beban yang berasal dari pengguna dan penghuni gedung atau struktur lain yang tidak termasuk dalam jenis beban material konstruksi dan beban lingkungan.

2.3.3 Beban Gempa (E)

(BSN, 1726:2019) beban gempa adalah beban yang disebabkan akibat getaran dan pergerakan tanah selama gempa bumi. Beban gempa dapat menimbulkan gaya lateral yang berpotensi untuk meruntuhkan satu kesatuan gedung.

2.4 Kombinasi Beban

Dalam menentukan deformasi struktur digunakan kombinasi pembebanan dasar sesuai dengan (BSN, 1726:2019).

- a) $1 D + 0,7 E_x + 0,21 E_y$
- b) $1 D + 0,7 E_x - 0,21 E_y$
- c) $1 D - 0,7 E_x + 0,21 E_y$
- d) $1 D - 0,7 E_x - 0,21 E_y$
- e) $1 D + 0,7 E_y + 0,21 E_x$
- f) $1 D + 0,7 E_y - 0,21 E_x$
- g) $1 D - 0,7 E_y + 0,21 E_x$
- h) $1 D - 0,7 E_y - 0,21 E_x$
- i) $1 D + 0,525 E_x + 0,1575 E_y + 0,75 L$
- j) $1 D + 0,525 E_x - 0,1575 E_y + 0,75 L$
- k) $1 D - 0,525 E_x + 0,1575 E_y + 0,75 L$
- l) $1 D - 0,525 E_x - 0,1575 E_y + 0,75 L$
- m) $1 D + 0,525 E_y + 0,1575 E_x + 0,75 L$
- n) $1 D + 0,525 E_y - 0,1575 E_x + 0,75 L$
- o) $1 D - 0,525 E_y + 0,1575 E_x + 0,75 L$
- p) $1 D - 0,525 E_y - 0,1575 E_x + 0,75 L$
- q) $0,6 D + 0,7 E_x + 0,21 E_y$
- r) $0,6 D + 0,7 E_x - 0,21 E_y$
- s) $0,6 D - 0,7 E_x + 0,21 E_y$
- t) $0,6 D - 0,7 E_x - 0,21 E_y$
- u) $0,6 D + 0,7 E_y + 0,21 E_x$
- v) $0,6 D + 0,7 E_y - 0,21 E_x$
- w) $0,6 D - 0,7 E_y + 0,21 E_x$

$$x) 0,6 D - 0,7 E_y - 0,21 E_x$$

2.5 Faktor Keutamaan Gempa dan Kategori Risiko Struktur Bangunan

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 2.10 dibawah pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa I_e sesuai dengan ketentuan dalam (BSN, 1726:2019).

Tabel 2. 3 Faktor keutamaan gempa

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

(Sumber : BSN, 1726:2019)

Tabel 2. 4 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

| Jenis pemanfaatan | Kategori risiko |
|--|-------------------------------|
| <p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 - 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 <p>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p> | IV |
| <p>Jenis pemanfaatan</p> | <p>Kategori risiko</p> |
| <p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya | I |
| <p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik | II |
| <p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo | III |
| <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>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.</p> | |

(Sumber : BSN, 1726:2019)

2.6 Wilayah Gempa dan Respon Spektrum

2.6.1 Parameter Percepatan Terpetakan

Berdasarkan (BSN, 1726:2019) parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respon spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun (MCE_R , 2% dalam 50 tahun), dan dinyatakan dengan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi.

2.6.2 Kelas Situs

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasi sebagai kelas situs SA, SB, SD, SE atau SF. Bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bisa ditentukan kelas situs, maka kelas situs SE dapat digunakan. Jika penyelidikan tanah yang dilakukan menunjukkan adanya kondisi batuan yang konsisten dengan kelas situs SB, tetapi tidak dilakukan pengukuran kecepatan gelombang geser situs-spesifik, maka koefisien situs F_a , F_v , dan F_{PGA} harus diambil sebesar 1,0 (BSN, 1726:2019).

2.6.3 Koefisien-koefisien Situs dan Parameter-parameter Respon Spektral

Sesuai dengan ketentuan (BSN, 1726:2019) untuk penentuan respon spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplikasi meliputi faktor amplikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v). Parameter respon spektral percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, ditentukan dengan perumusan berikut ini :

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad 2.6$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad 2.7$$

Keterangan :

S_s = Parameter respon spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek.

S_{M1} = Parameter respon spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1 detik.

Tabel 2. 5 Koefisien situs, Fa

| Kelas situs | Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_T | | | | | |
|-------------|---|-------------|--------------|-------------|--------------|----------------|
| | $S_T \leq 0,25$ | $S_T = 0,5$ | $S_T = 0,75$ | $S_T = 1,0$ | $S_T = 1,25$ | $S_T \geq 1,5$ |
| 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 | SS ^(a) | | | | | |

(Sumber : BSN, 1726:2019)

Tabel 2. 6 Koefisien Situs, Fv

| Kelas Situs | Parameter respon spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1 | | | | | |
|-------------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | $S_1 \leq 0,1$ | $S_1 \leq 0,1$ | $S_1 \leq 0,1$ | $S_1 \leq 0,1$ | $S_1 \leq 0,1$ | $S_1 \leq 0,1$ |
| 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) | | | | | |

(Sumber : BSN, 1726:2019)

2.6.4 Parameter Percepatan Spektral Desain

Sesuai dengan ketentuan (BSN, 1726:2019) parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, SDS dan pada periode 1 detik, harus ditentukan melalui perumusan berikut ini :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{SMS} \quad 2.8$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{SM1} \quad 2.9$$

2.6.5 Spektrum Respon Desain

Sesuai dengan ketentuan (BSN, 1726:2019) bila spektrum respon desain diperlukan dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respon desain harus dikembangkan dengan mengacu dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

1. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respon percepatan desain, S_a harus diambil dari persamaan :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad 2.10$$

2. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s spektrum respon percepatan desain, S_a , sama dengan S_{DS} .
3. Untuk periode lebih besar dari T_s tetapi lebih kecil dari atau sama dengan T_L , respon spektral percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad 2.11$$

4. Untuk periode lebih besar dari T_L , respon spektral percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan :

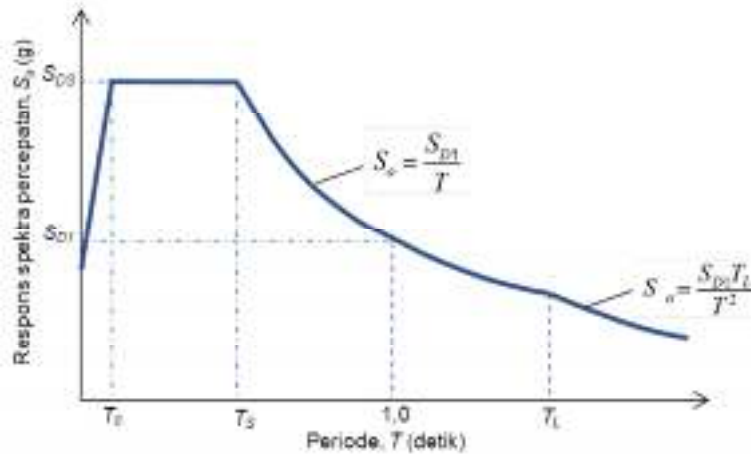
$$S_a = \frac{S_{D1} \times T_L}{T^2} \quad 2.12$$

Keterangan :

- S_D = Parameter respon spektral percepatan desain pada periode pendek
 S_{D1} = Parameter respon spektral percepatan desain pada periode pendek 1 detik
 T = Periode getar fundamental struktur
 T_L = Periode panjang

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad 2.13$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad 2.14$$



Gambar 2. 6 Spektrum respon desain
(Sumber : BSN, 1726:2019)

2.6.6 Kategori Desain Seismik (KDS)

Sesuai dengan ketentuan (BSN, 1726:2019) suatu struktur bangunan harus ditetapkan berdasarkan suatu kategori desain seismik. Struktur dengan kategori risiko I,II, atau III yang berlokasi di mana parameter respon spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Struktur yang berkategori risiko IV yang berlokasi di mana parameter respon spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F. Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risiko nya dan parameter respon spektral percepatan desainnya, S_{DS} dan S_{D1} . Masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan ke dalam kategori desain seismik yang lebih parah, dengan mengacu pada Tabel 2.14 dan Tabel 2.15.

Tabel 2. 7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada periode pendek

| Nilai S_{DS} | Kategori risiko | |
|----------------------------|--------------------|----|
| | I atau II atau III | IV |
| $S_{DS} < 0,167$ | A | A |
| $0,167 \leq S_{DS} < 0,33$ | B | C |
| $0,33 \leq S_{DS} < 0,50$ | C | D |
| $0,50 \leq S_{DS}$ | D | D |

(Sumber : BSN, 1726:2019)

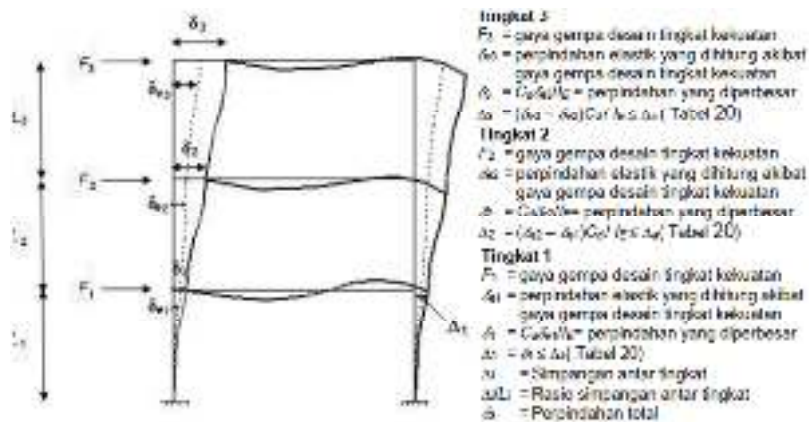
Tabel 2. 8 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon spektral pada periode 1 detik

| Nilai S_{D1} | Kategori risiko | |
|-----------------------------|--------------------|----|
| | 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 |

(Sumber : BSN, 1726:2019)

2.7 Simpangan Antar Tingkat

Berdasarkan (BSN, 1726:2019) penentuan simpangan antar tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan simpangan pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak segaris dalam arah vertikal, diizinkan untuk menghitung simpangan di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya.



Gambar 2. 7 Penentuan simpangan antar tingkat
 (Sumber : BSN, 1726:2019)

Simpangan pusat massa di tingkat -x (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad 2.15$$

Keterangan :

- C_d = faktor pembesaran simpangan lateral
- Δ_{xe} = simpangan antar tingkat-x yang disyaratkan
- I_e = faktor keutamaan gempa yang ditentukan

2.8 Analisis Linear Dinamik

2.8.1 Jumlah Ragam

Sesuai dengan ketentuan dari (BSN, 1726:2019) analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100% dari massa struktur. Untuk mencapai ketentuan ini, untuk ragam satu badan kaku (*single rigid body*) dengan periode 0,05 detik, diizinkan untuk mengambil semua ragam dengan periode di bawah 0,05 detik.

Sebagai alternatif, analisis diizinkan untuk memasukan jumlah ragam yang minimum untuk mencapai massa ragam terkombinasi paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respon yang ditinjau oleh model (BSN, 1726:2019).

2.8.2 Penskalaan Gaya

Apabila periode fundamental hasil analisis lebih besar dari $C_u T_a$ pada suatu arah tertentu, maka periode struktur harus diambil sebesar $C_u T_a$. Apabila kombinasi respon untuk gaya geser dasar hasil analisis ragam (V_t) kurang dari 100% dari gaya geser dasar (V) yang dihitung melalui metode statik ekuivalen, maka gaya tersebut harus dikalikan dengan V/V_t , dimana V adalah gaya geser dasar statik ekuivalen dan V_t adalah gaya geser dasar yang didapatkan dari hasil analisis kombinasi ragam (BSN, 1726:2019).

2.9 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang berhubungan dengan topik pembahasan adalah sebagai berikut :

a) Pengaruh Dinding Bata Dengan Bukaan (Lobang) Terhadap Ketahanan Lateral Struktur Rangka Beton Bertulang

(Maidawati dkk, 2017) melakukan pengujian terhadap struktur rangka beton bertulang dengan dinding bata penuh dan dinding bata dengan adanya bukaan (lobang). Sebelum melakukan pengujian, dilakukan observasi dua struktur bangunan beton bertulang yang memiliki kemiripan atau identik. Satu bangunan yang diobservasi memiliki jumlah dinding bata yang penuh dan lebih banyak dari bangunan lain. Bangunan yang diobservasi berlokasi di Kota

Padang, Sumatera Barat. Dari hasil pengamatan yang dilakukan, bangunan yang memiliki dinding bata penuh mengalami kerusakan sedang saat diterpa oleh gempa, sementara struktur bangunan yang memiliki sedikit dinding pasangan bata mengalami keruntuhan total.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Maidawati dkk, 2017), dilakukan pengujian beban lateral terhadap rangka struktur beton bertulang yang dibuat dengan menggunakan skala 1:4 yang terisi sepenuhnya oleh dinding bata dan dengan bukaan seluas 25% dan 40%. Rangka tanpa dinding dan dengan dinding pengisi merupakan acuan yang digunakan dalam penelitian ini.

Dalam pengujian yang dilakukan oleh (Maidawati dkk, 2017), digunakan empat (4) jenis sampel atau model struktur yaitu struktur rangka beton bertulang tanpa dinding (BF), struktur rangka dengan dinding bata penuh (IF_{sw}), struktur rangka dengan dinding bata ada lobang di tengah seluas 40% (IF_{ow-1}), dan struktur rangka dengan dinding bata dua (2) lobang seluas 25% dari luas dinding (IF_{ow-2}).

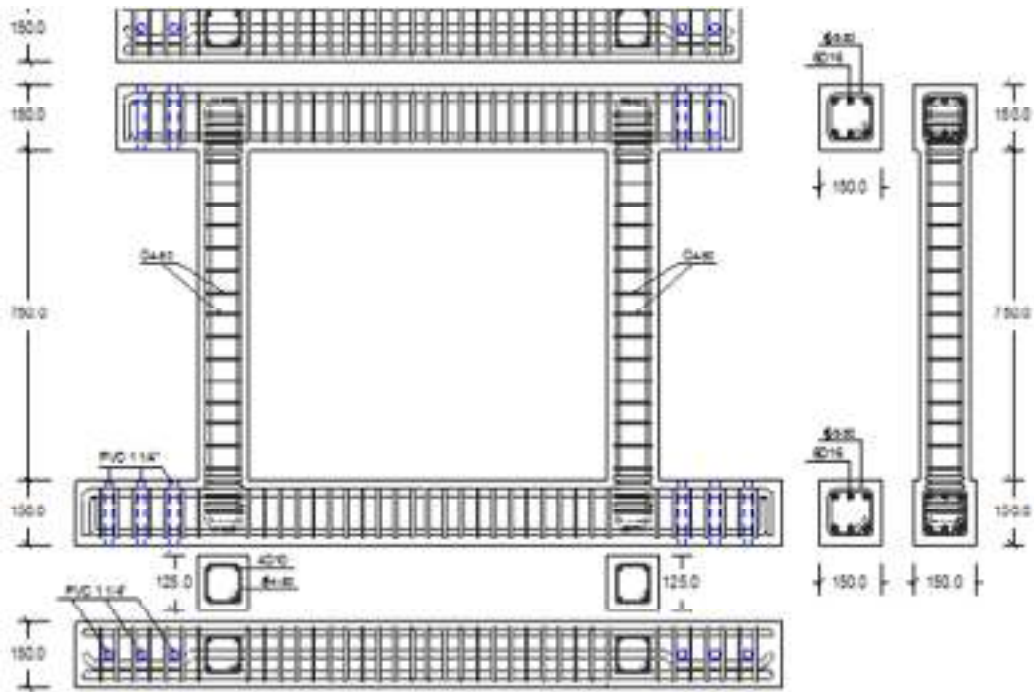
Benda uji yang digunakan dalam pengujian ini dibuat dengan ketinggian maksimum 1100 mm, dan semua benda uji diperkecil dengan skala 1:4 berdasarkan dimensi komponen struktur dan dinding bata yang kerap digunakan di wilayah Padang dan sekitarnya. Untuk Kolom yang digunakan dalam pengujian memiliki dimensi penampang 125 mm x 125 mm, menggunakan tulangan baja 4D10 dan tulangan geser $\phi 4$ mm @ 50 mm sedangkan untuk balok yang digunakan baik itu balok atas dan balok bawah digunakan dimensi yang lebih besar dari kolom yaitu 150 mm x 150 mm dengan menggunakan tulangan longitudinal 6D16mm dan $\phi 8$ mm @ 40 mm untuk tulangan geser (Maidawati dkk, 2017). Deskripsi model struktur pengujian ditunjukkan oleh Tabel 2.9.

Tabel 2. 9 Deskripsi model struktur pengujian

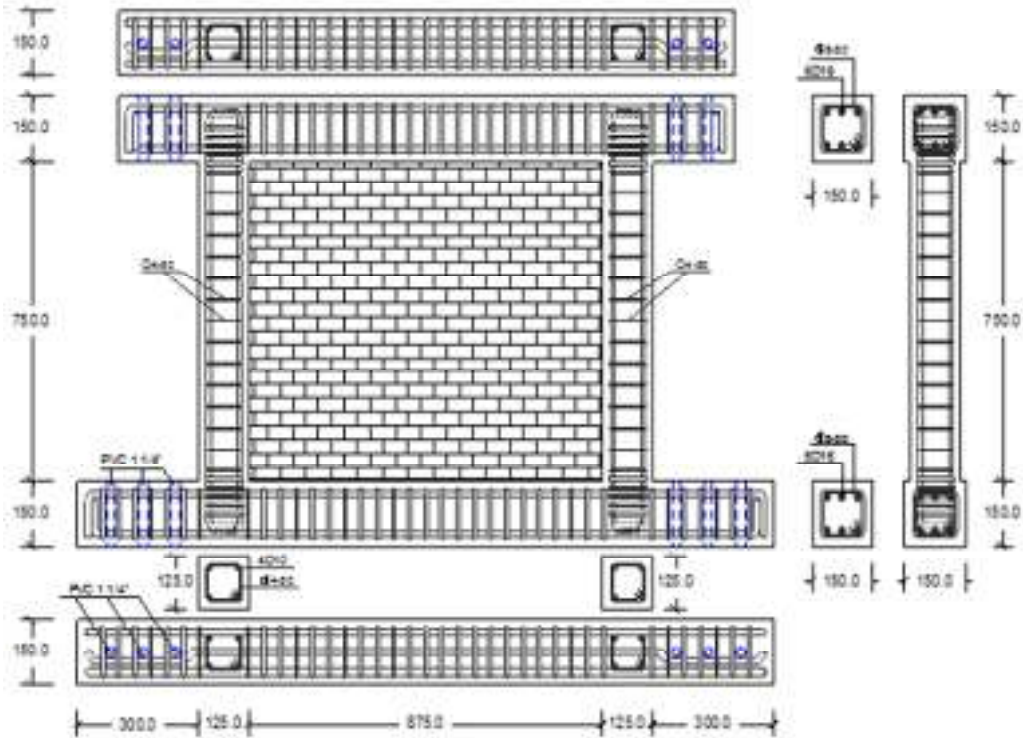
| Benda Uji | Kolom | Balok | Dinding Pengisi |
|-----------|--|---|--------------------|
| BF | 125x125 mm | 150x150 mm | - |
| IF_{sw} | 4D10(tulangan longitudinal) $\phi 4$ -50 (tulangan geser) | 6D16(tulangan pokok) $\phi 8$ -40 (tulangan geser) | Dinding bata penuh |

| | | | |
|--------------------|--|--|---|
| IF _{OW-1} | | | Dinding bata dengan 1 (satu) bukaan di tengah |
| IF _{OW-2} | | | Dinding bata dengan 2 (dua) bukaan |

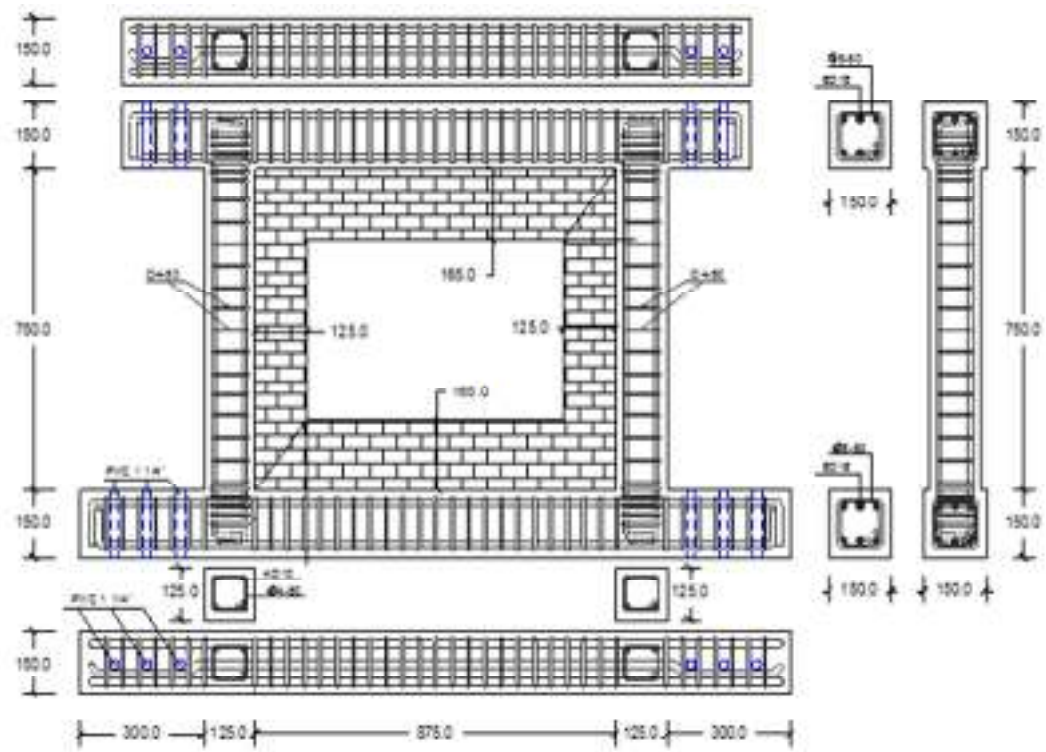
(Sumber : Maidawati dkk, 2017)



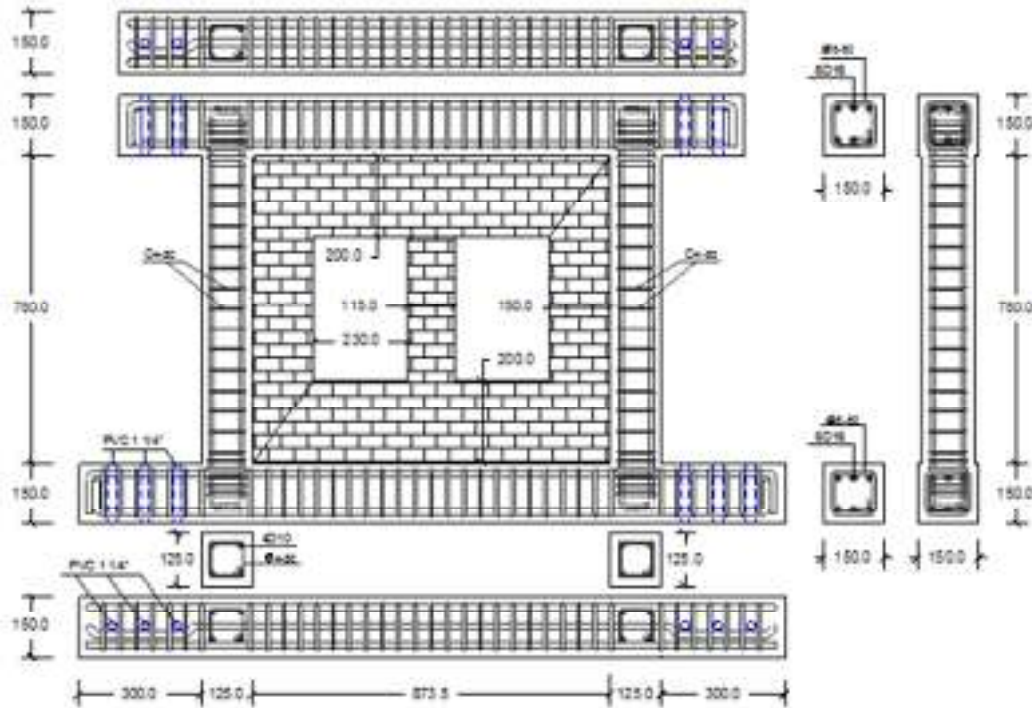
Gambar 2. 8 Detail penulangan struktur rangka beton bertulang yang diuji
(Sumber : Maidawati dkk, 2017)



Gambar 2. 9 Detail penulangan struktur rangka beton bertulang dengan penggunaan dinding bata penuh
(Sumber : Maidawati dkk, 2017)



Gambar 2. 10 Detail penulangan struktur rangka beton bertulang dengan bukaan dinding bata 40%
(Sumber : Maidawati dkk, 2017)



Gambar 2. 11 Detail penulangan rangka beton bertulang dengan dua bukaan
(Sumber : Maidawati dkk, 2017)

Tabel 2. 10 Spesifikasi material

| Benda Uji | Kuat tekan beton | Mutu baja (Mpa) | Kuat tekan bata (Mpa) |
|--------------------|------------------|--|-----------------------|
| BF | 27.3 | 488 (tul. D16) 366 (tul. D10) 386 (tul. ϕ 8) 235 (tul. ϕ 4) | - |
| IF _{sw} | | | 4.3 |
| IF _{ow-1} | | | 4.3 |
| IF _{ow-2} | | | 4.3 |

(Sumber : Maidawati dkk, 2017)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Maidawati dkk, 2017) didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Keruntuhan pada model rangka yang memiliki dinding bata diawali oleh keruntuhan dinding pengisi dengan atau tanpa bukaan sebelum terjadi keruntuhan struktur rangka beton bertulang. Hal ini dapat menjelaskan bahwa penggunaan dinding bata baik itu penuh atau dengan bukaan, akan menunda keruntuhan pada struktur rangka beton bertulang.

2. Penggunaan dinding bata sebagai pengisi dapat menambah kekuatan struktur dua kali lipat dalam menahan beban lateral.
3. Dinding bata dengan bukaan sebesar 25% memiliki kontribusi dalam meningkatkan kekuatan lateral struktur sebesar 47% dan dinding bata dengan satu bukaan yang berada di tengah meningkatkan kekuatan struktur sebesar 25%. Hal ini menjelaskan bahwa semakin kecil atau semakin sedikit bukaan pada dinding bata, maka akan semakin besar sumbangan kekuatan lateral yang diberikan kepada struktur.

b) Kajian Uji Laboratorium Nilai Modulus Elastisitas Bata Merah Dalam Sumbangan Kekakuan Pada Struktur Sederhana

(Sehonanda dkk, 2013) melakukan pengujian nilai modulus elastisitas dari bata merah yang dilatarbelakangi oleh bangunan-bangunan yang berada di Indonesia. dinding merupakan hal yang biasa digunakan sebagai penutup ruangan ataupun sebagai partisi. Salah satu jenis dinding yang kerap dan sering digunakan di Indonesia adalah dinding bata merah. Penggunaan bata merah sebagai penutup ruangan ataupun partisi banyak digunakan karena harganya yang tergolong murah dan mudah didapatkan.

(Sehonanda dkk, 2013) dalam penelitiannya, jenis batu bata yang digunakan oleh adalah batu bata bakar yang dibuat secara tradisional yang beberapa bersumber dari Taas dan Perkamil (Liwas). Pengujian dilakukan hanya untuk mengetahui besaran dari modulus elastisitas dari bata merah. Untuk jenis tanah yang digunakan dalam pembuatan bata merah ini tidak dilakukan pemeriksaan baik itu dari kadar air dan beberapa parameter lainnya. Penelitian ini dilakukan dengan pengujian di laboratorium. Diawali dengan pencarian lokasi produksi bata merah kemudian benda uji tersebut di *capping* terlebih dahulu sebelum melakukan pengujian. Setelah proses *capping* selesai, dilakukan pengukuran perubahan panjang dengan menggunakan alat *compressor* meter yang dijalankan dengan kecepatan konstan, dan hasil bacaan dicatat setiap kenaikan 10 Kn. Setelah pengujian tersebut, nilai modulus elastisitas yang didapatkan diolah menggunakan bantuan *finite element method*. Hasil pengujian modulus elastisitas bata merah dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan 2.2.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah penggunaan bata merah pada bangunan sederhana terbukti menyumbangkan kekakuan pada rangka struktur. Apabila diberikan beban pada rangka *open frame* memberikan perpindahan sebesar 0.1189 mm atau lebih besar dibandingkan dengan struktur dengan sistem *closed frame* yaitu sebesar 0.0028 (Sehonanda dkk, 2013).

Dalam penelitian ini juga disarankan untuk melakukan pemeriksaan lanjutan untuk jenis tanah yang digunakan untuk membuat bata merah dan sebaiknya diawali dengan mencari angka *poisson* terlebih dahulu (Sehonanda dkk, 2013).

c) Studi Analitikal Perilaku Dan Kinerja Struktur Rangka Dinding Pengisi (RDP) Dengan Variasi Ketebalan Dinding

(Sukrawa dkk, 2020) melakukan evaluasi terhadap variasi ketebalan dinding pada struktur rangka dinding pengisi (RDP) sebagai salah satu elemen pembantu penahan beban gempa. Dinding pengisi (*infill wall*) merupakan elemen yang kerap digunakan sebagai penyekat ruangan yang biasanya terbuat dari batako, bata, atau beton ringan.

Penggunaan dinding dalam suatu rangka struktur beton bertulang sangat signifikan menambah atau meningkatkan kekuatan dan kekakuan struktur rangka struktur beton bertulang yang berada di sekitarnya. Berdasarkan penelitian, penggunaan dinding pengisi dapat memberikan sumbangan kekakuan rangka terhadap gaya atau beban lateral yang dipikul oleh struktur (Mehrabi et al., dalam Sukrawa, 2020).

(Sukrawa dkk, 2020) dalam metode penelitannya, spesimen yang diteliti adalah rangkaian dinding pengisi dinding penuh, bukaan pintu dan jendela sentris dan bukaan pintu dan jendela eksentrik yang kemudian diaplikasikan dalam model gedung hotel 3 dan 5 lantai yang berlokasi di wilayah Denpasar, Bali. Dalam pemodelannya, digunakan dua jenis variasi ketebalan dinding yaitu menggunakan dinding dengan tebal yang sama dan dengan ketebalan dinding yang berbeda.

(Sukrawa dkk, 2020) dalam melakukan analisis pengaruh dinding pengisi terhadap kekakuan struktur rangka beton bertulang ini, digunakan bantuan *finite element method* dimana dinding yang terkekang dimodelkan sebagai *element shell-thick* dan *element* kolom dan balok dimodelkan sebagai *element frame*. *Element shell* dan *frame* akan dihubungkan dengan *element gap* berdasarkan persamaan :

$$K_g = 0.0378K_i + 347 \quad 2.16$$

Dimana :

K_g : Kekakuan *element gap* (N/mm)

K_i : Kekakuan dinding (N/mm)

(Sukrawa dkk, 2020) pada metode penelitiannya, elemen dinding pengisi dimodelkan atau diwakilkan oleh elemen *strat* diagonal sesuai dengan tebal dan lebar dari dinding pengisi. Nilai daripada lebar *strat* pada dinding dengan bukaan dan terkekang dihitung berdasarkan persamaan :

$$W_{sco} = \frac{d}{20 \tan \theta} f'c^{0.5} C \quad 2.17$$

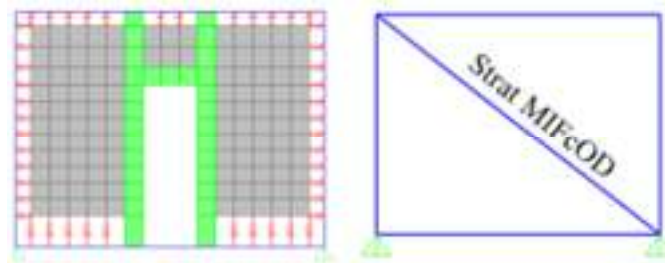
$$C = 1.1262r^2 - 2.212r + 1.0971 \quad 2.18$$

Dimana :

W_{sco} : Lebar diagonal *strat* (mm).

d : Panjang diagonal daripada *strat* (mm).

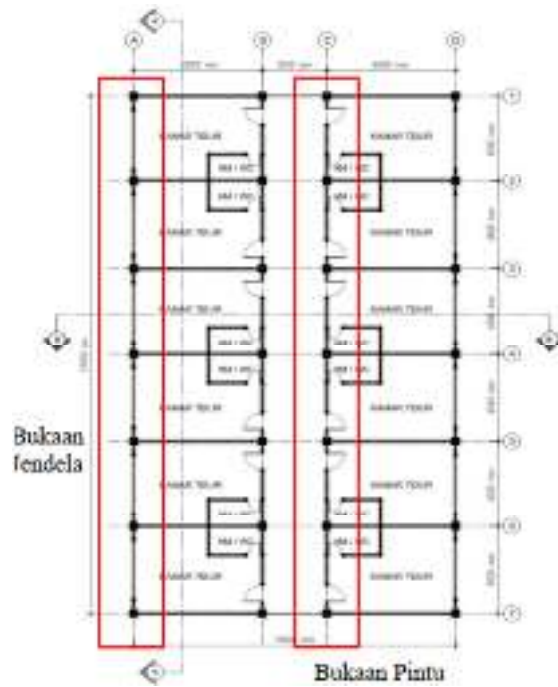
C : faktor koreksi akibat adanya bukaan yang merupakan nilai dari rasio antara luas bukaan terhadap dinding pengisi (r).



Gambar 2. 12 Model validasi pada SAP 2000
(Sumber : Sukrawa dkk, 2020)

Untuk penamaan atau notasi pada model validasi diberikan variasi penamaan yakni M berarti model yang dibuat menggunakan bantuan *finite element method*. Untuk dinding pengisi sendiri diberi penamaan Fsoild untuk dinding penuh, OD untuk dinding yang memiliki bukaan pintu dan OW untuk dinding dengan bukaan jendela. Selain daripada itu penambahan notasi c dan x pada model dinding digunakan untuk menjelaskan sentris atau eksentrik lokasi bukaan pada dinding (Sukrawa dkk, 2020).

Setelah permodelan setiap elemen pada perangkat lunak (*finite element method*) selesai, maka dilanjutkan dengan pengaplikasian dan analisis pada model struktur gedung hotel 3 dan 5 lantai untuk mengetahui perilaku struktur dalam hal ini simpangan dan tegangan yang terjadi pada dinding pengisi bangunan bertingkat (Sukrawa dkk, 2020).



Gambar 2. 13 Denah struktur gedung hotel
(Sumber : Sukrawa dkk, 2020)



Gambar 2. 14 Model struktur 3 dan 5 lantai
(Sumber : Sukrawa dkk, 2020)

Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis *pushover* dimana analisis ini bertujuan untuk mengetahui gaya lateral dan deformasi maksimum yang dapat dipikul oleh struktur

serta dapat membantu untuk menentukan lokasi atau titik-titik kritis pada elemen struktur. Penggunaan analisis *non* linear dalam penelitian ini perlu diperhitungkan kenonlinieran material. Pada setiap elemen beton bertulang baik itu kolom dan balok digunakan fitur *hinge*. Properti sendi plastis (*hinge*) yang akan digunakan perlu didefinisikan terlebih dahulu, dimana pada kolom digunakan interaksi P-M3, sendi plastis pada balok digunakan momen M3, dan sendi plastis pada *strat* didefinisikan sebagai aksial P. Sendi plastis yang telah dimodelkan akan diaplikasikan di kedua ujung balok dan kolom sedangkan untuk elemen *strat* ditempatkan pada tengah bentang (Sukrawa dkk, 2020).

(Sukrawa dkk, 2020) hasil yang didapatkan pada model validasi didapatkan nilai dari lebar *strat* diagonal dinding pengisi penuh dan dengan bukaan yang ditunjukkan dari Tabel 2.11 dibawah.

Tabel 2. 11 Lebar *strat* model validasi

| Model | Data | | | | | | |
|----------|-----------|--------|----------------|--------------------|-------|---------|-----------|
| | f'c (Mpa) | d (mm) | θ° | Tan θ° | r (%) | C | Wsco (mm) |
| MIFOD | 45 | 2569 | 39 | 0.81 | 13% | 0.82857 | 882 |
| MIFOW | | | | | 12% | 0.84788 | 902 |
| MIFSolid | | | | | 0 | 1.0971 | 1167 |

(Sumber : Sukrawa dkk, 2020)

(Sukrawa dkk, 2020) setelah permodelan *strat* diagonal pada model validasi dianggap mampu menirukan hasil analisis *non* linear maka dilanjutkan dengan pengaplikasian pada model struktur gedung hotel 3 dan 5 lantai. Model yang diterapkan dalam struktur gedung hotel 3 dan 5 lantai ini terdiri dari dua jenis pemodelan yaitu dengan menggunakan tebal dinding sama (M3TF dan M5TV) dan model dengan tebal dinding berbeda (M3TV dan M5TV)

Tabel 2. 12 Lebar *strat* diagonal pada model aplikasi

| Model | Data | | | | | | |
|-------|-----------|--------|----------------|--------------------|-------|---|-----------|
| | F'c (Mpa) | d (mm) | θ° | Tan θ° | r (%) | C | Wsco (mm) |

| | | | | | | | |
|----------------|----|------|-------|------|-------|--------|------|
| Dinding Penuh | 25 | 6945 | 30.3 | 0.58 | 0 | 1.0971 | 1736 |
| Bukaan Jendela | | 5700 | 37.87 | 0.78 | 42.4% | 0.362 | 663 |
| Bukaan Pintu | | 5700 | 37.87 | 0.78 | 11.3% | 0.862 | 1579 |

(Sumber : Sukrawa dkk, 2020)

Model pertama M3TF dan M5TF digunakan tebal dinding 150 mm pada setiap lantai sedangkan model M3TV dan M5TV digunakan tebal dinding hasil *trial and error* sampai tegangan dinding pada setiap lantai menghasilkan nilai yang seragam. Penentuan tebal dinding maksimum ini dibatasi oleh lebar kolom dan balok yang ada di bawahnya. Pada penelitian ini digunakan variasi dinding 5 tahap untuk gedung 3 lantai dan 6 tahap untuk gedung 5 lantai. Hal ini dilakukan karena pada tahap tersebut tegangan dinding memiliki nilai yang seragam (Sukrawa dkk, 2020).

Tabel 2. 13 *Trial and error* tebal dinding 3 lantai

| Tk. | Kolom (mm) | Balok (mm) | M3TF-1 | | M3TV-2 | | M3TV-3 | | M3TV-4 | | M3TV-5 | |
|-----|------------|------------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| | | | T (mm) | f (Mpa) | T (mm) | f (Mpa) | T (mm) | f (Mpa) | T (mm) | f (Mpa) | T (mm) | f (Mpa) |
| 3 | 250/250 | 250/400 | 150 | -0.10 | 150 | -0.10 | 150 | -0.10 | 150 | -0.10 | 150 | -0.10 |
| 2 | 300/300 | 250/400 | 150 | -0.17 | 150 | -0.17 | 200 | -0.13 | 200 | -0.13 | 250 | -0.11 |
| 1 | 350/350 | 250/400 | 150 | -0.20 | 200 | -0.15 | 250 | -0.12 | 300 | -0.10 | 300 | -0.10 |

(Sumber : Sukrawa dkk, 2020)

Tabel 2. 14 *Trial and error* tebal dinding model 5 lantai

| Kolom | Balok | M5TF-1 | | M5TV-2 | | M5TV-3 | | M5TV-4 | | M5TV-5 | | M5TV-6 | |
|---------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| | | t (mm) | f (Mpa) | t (mm) | f (Mpa) | t (mm) | f (Mpa) | t (mm) | f (Mpa) | t (mm) | f (Mpa) | t (mm) | f (Mpa) |
| 350/350 | 250/400 | 150 | -0.1 | 150 | -0.10 | 150 | -0.1 | 150 | -0.1 | 150 | -0.1 | 150 | -0.1 |
| 400/400 | 350/500 | 150 | -0.21 | 200 | -0.16 | 250 | -0.13 | 300 | -0.11 | 300 | -0.11 | 200 | -0.16 |
| 400/400 | 350/500 | 150 | -0.3 | 250 | -0.19 | 300 | -0.16 | 350 | -0.14 | 400 | -0.12 | 300 | -0.16 |
| 450/450 | 350/500 | 150 | -0.33 | 300 | -0.18 | 350 | -0.16 | 400 | -0.14 | 450 | -0.12 | 350 | -0.16 |
| 450/450 | 350/500 | 150 | -0.39 | 350 | -0.17 | 400 | -0.15 | 450 | -0.13 | 450 | -0.13 | 450 | -0.13 |

(Sumber : Sukrawa dkk, 2020)

Dari hasil pengujian dan perbandingan antara dinding yang memiliki tebal sama dan dengan tebal yang bervariasi didapatkan bawah dinding yang memiliki variasi ketebalan ternyata memiliki

kekakuan yang cukup besar yakni 70% dan 56% jika dibandingkan dengan dinding dengan tebal yang sama di setiap lantainya (Sukrawa dkk, 2020).

Adapun kesimpulan dari penelitian yang dilakukan oleh (Sukrawa dkk, 2020) adalah sebagai berikut :

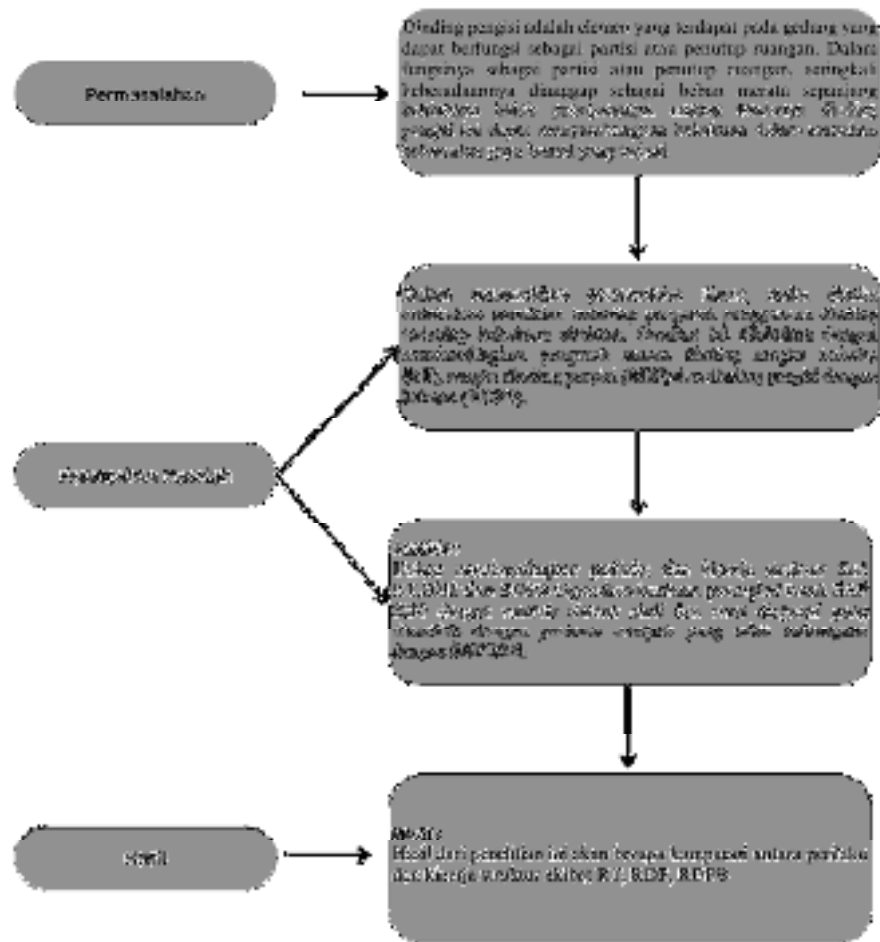
1. Hasil permodelan dinding pengisi pada model validasi yang menggunakan *element shell* dan *strat* sudah sesuai sehingga model *strat* diagonal dapat digunakan untuk mewakili dinding pengisi pada analisis kinerja berbasis *non* linear.
2. Model validasi baik itu metode *element shell* dan *strat* diagonal yang dianalisis menggunakan analisis *non* linear dapat menirukan grafik beban-simpangan berdasarkan pengujian laboratorium.
3. Model gedung dengan penggunaan tebal dinding yang bervariasi memiliki kinerja dan perilaku yang lebih baik jika dibandingkan dengan dinding dengan tebal yang seragam dari lantai dasar hingga lantai akhir.
4. Model gedung 5 lantai dengan tebal dinding bervariasi (M5TV) memiliki perilaku yang lebih baik dibandingkan dengan gedung 5 lantai yang menggunakan tebal dinding yang sama.
5. Pengaruh variasi ketebalan dinding pada gedung 5 lantai arah *y* tidak signifikan dibandingkan dengan 3 lantai, hal ini dapat dilihat dari hasil simpangan gaya dalam dan tegangan daripada dinding pengisi serta mengalami kejadian sendi plastis pertama pada lantai paling dasar.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi pokok permasalahan dan cara untuk mengatasi dan menganalisis permasalahan tersebut sehingga menghasilkan *output* yang akurat. Selain dari pada itu, kerangka berpikir juga dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan tahapan-tahapan penyelesaian masalah.



Gambar 3. 1 Kerangka berpikir

3.2 Rancangan Proses Penelitian

3.2.1 Deskripsi Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku struktur akibat adanya dinding pengisi pada struktur gedung rumah susun Sekolah Tinggi Teologi Anugerah Misi Nias Barat. Perilaku struktur yang akan dianalisis ini berupa peninjauan perilaku struktur dan kinerja dari struktur beton bertulang. Untuk metode yang digunakan dalam penulisan penelitian ini terdapat enam (6) metode yaitu :

1. Studi Literatur dan Pengumpulan Referensi

Studi literatur dan pengumpulan referensi adalah metode yang digunakan untuk mendapatkan gambaran tentang masalah yang sedang diteliti. Bahan literatur yang digunakan dalam penelitian ini dapat berupa berbagai SNI terkait, *code* yang sudah digunakan oleh negara-negara luar (internasional), jurnal penelitian terdahulu yang sejenis dan literatur resmi lainnya.

2. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan terdiri dari data perencanaan struktur dan arsitektur dari gedung rumah susun yang berlokasi di Kabupaten Nias Barat. Data tersebut meliputi gambar rencana kerja (*Shop Drawing*) struktur dan arsitektur.

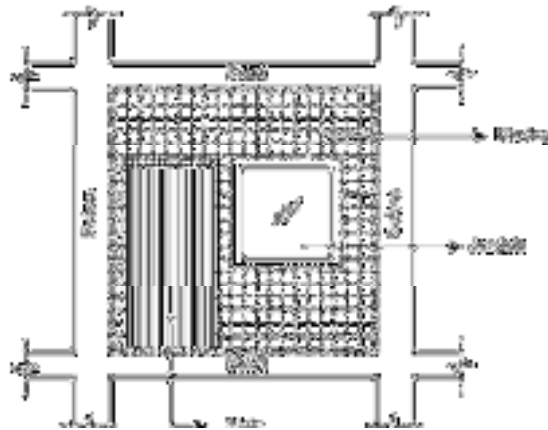
Adapun data umum terkait bangunan yang akan dianalisis adalah sebagai berikut:

- a) Jenis bangunan : Hunian bertingkat (Rusun)
- b) Lokasi gedung : Nias Barat, Sumatera Utara
- c) Tinggi bangunan : +11.30 m (*top of concrete*)
- d) Jenis struktur : Beton bertulang

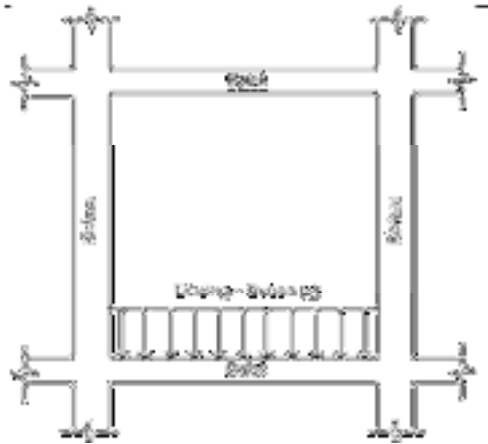
3. *Preliminary Design* dan Permodelan Struktur

Tahapan *preliminary design* merupakan tahap awal dalam penentuan dimensi elemen-elemen struktur yang akan dimodelkan. Pada tahap ini dilakukan :

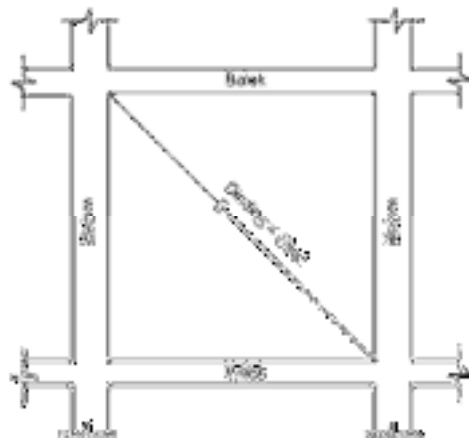
- a) Penentuan parameter material.
- b) Penentuan beban dan kombinasi beban.
- c) Penentuan dimensi elemen struktur (*based on shop drawing*)
- d) Penentuan lebar *strat* berdasarkan persamaan-persamaan yang telah ditemukan atau diusulkan oleh para peneliti sebelumnya.
- e) Permodelan struktur



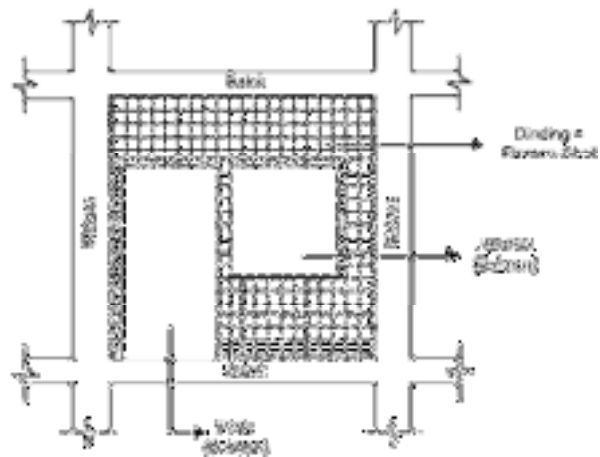
Gambar 3. 2 Ilustrasi pasangan dinding pada struktur
(Sumber : *Metode Penelitian, 2024*)



Gambar 3. 3 Ilustrasi dinding sebagai beban pada struktur dengan model *open frame* (Model 1)
 (Sumber : Metode Penelitian, 2024)



Gambar 3. 4 Ilustrasi dinding sebagai *strut* pada struktur (model 2 & 3)
 (Sumber : Metode Penelitian, 2024)



Gambar 3. 5 Ilustrasi dinding sebagai elemen *shell* (model 4)
 (Sumber : Metode Penelitian, 2024)

4. Analisis Beban Seismik

Analisis beban seismik ini dilakukan untuk menentukan respon spektra berdasarkan peta zona gempa di wilayah Indonesia. Selain itu, analisis beban seismik ini juga ditujukan untuk memastikan dan memeriksa besarnya *base shear* struktur akibat beban dinamis seismik.

5. Analisis Struktur

Merupakan metode untuk menyelesaikan permasalahan teknis yang diteliti dalam tulisan ini seperti periode natural struktur, deformasi dan simpangan antar lantai. Dalam menganalisis masalah ini, digunakan program perangkat lunak bantuan berupa *finite element method*

6. Penyusunan Hasil dan Evaluasi

Penyusunan hasil analisis dan evaluasi ini akan memaparkan hasil penelitian yang diperoleh dari tahapan analisis struktur, kemudian menyusun perbandingan perilaku berdasarkan analisis struktur yang menggunakan model *open frame* dan *closed frame* dengan adanya beban seismik. Selanjutnya hasil ini akan dibahas dan dievaluasi terhadap penelitian-penelitian sebelumnya.

3.2.2 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah alat atau fasilitas yang digunakan dalam melakukan penelitian. Beberapa jenis instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Laptop
2. Alat Tulis
3. Perangkat lunak (*finite element method*)
4. *Software* Autodesk AutoCad
5. *Software* Microsoft Excel
6. *Software* Microsoft Word

3.2.3 Jenis dan Bentuk Data

Dalam melakukan penelitian ini diperlukan data sebagai berikut :

a) Data Material

1. Mutu beton : K-300
2. Berat jenis beton bertulang : 2400 kg/m^3

3. Modulus Elastisitas beton : 23500 Mpa
4. Mutu baja tulangan pokok : BJTS 40 (400 Mpa)
5. Mutu baja tulangan geser : BJTP 28 (280 Mpa)
6. Berat jenis besi : 7850 Kg/m³
7. Modulus elastisitas besi : 200000 Mpa
8. Jenis dinding pengisi : Bata merah
9. Tebal bata merah : 95 mm
10. Kuat tekan bata merah : 2,97 Mpa
11. Modulus elastisitas bata : 1633,5

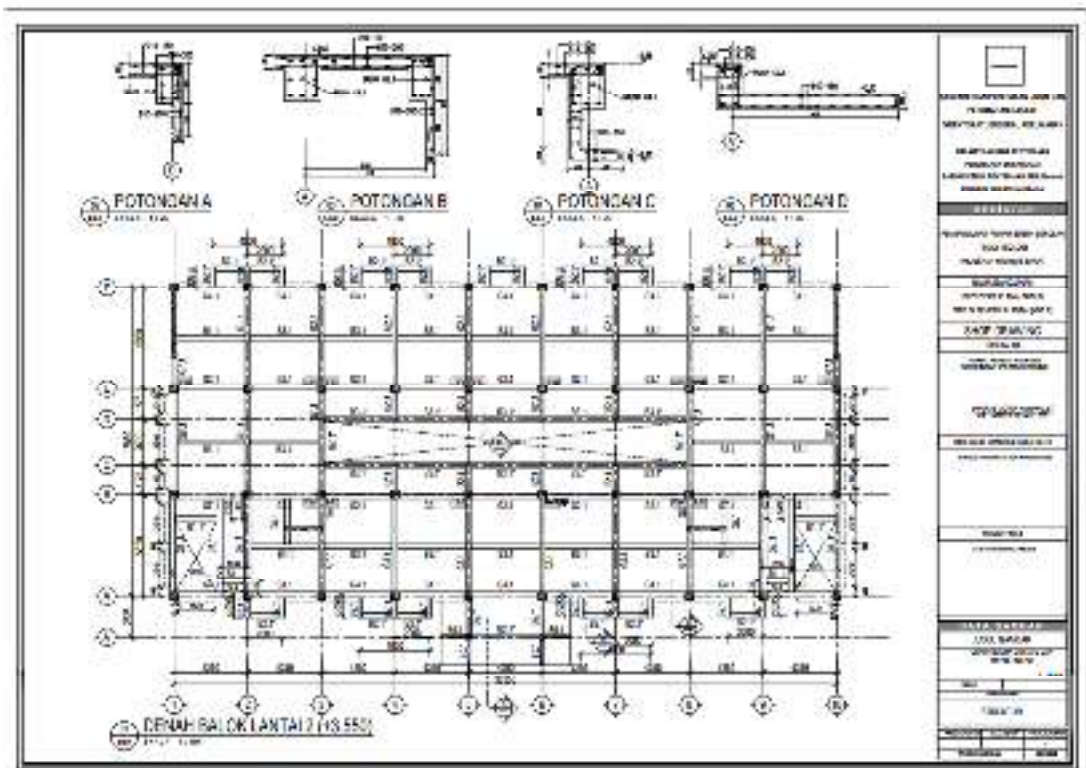
b) Dimensi permodelan

Untuk dimensi dari *element* struktur gedung rusun Sekolah Tinggi Teologi Anugerah Misi Nias Barat didapatkan dari gambar *shop drawing* yang ada.

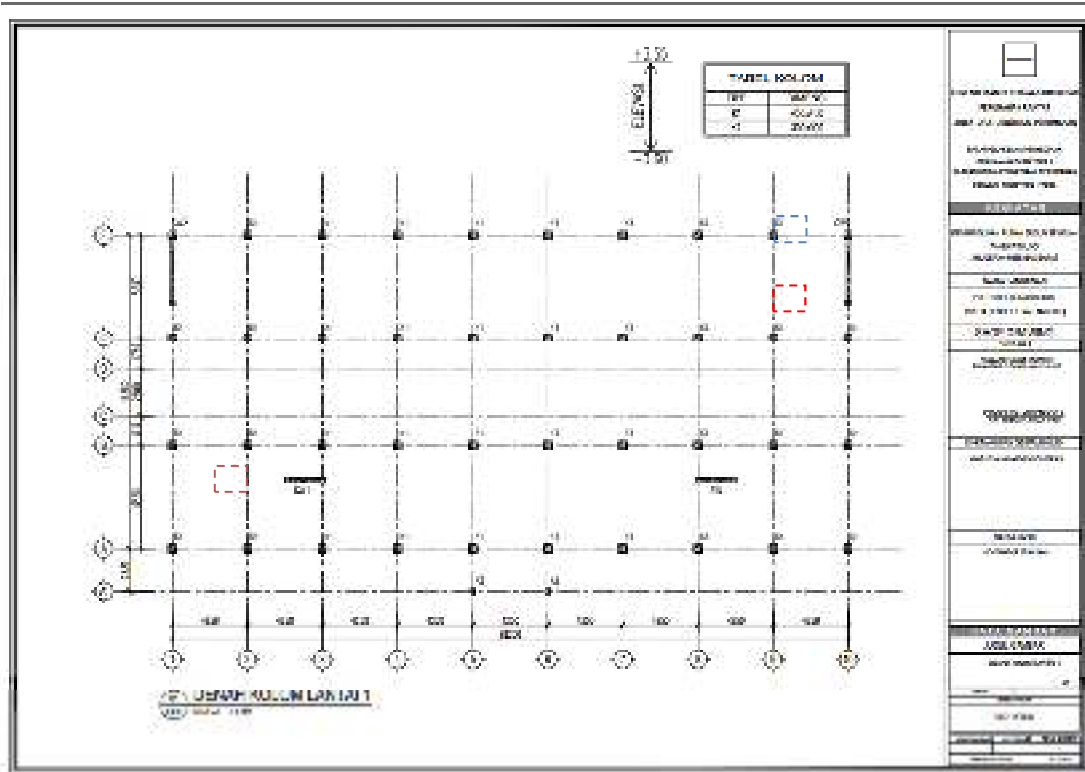
1. K1 : 450 x 450 mm
2. K2 : 300 x 300 mm
3. Balok G1.1 : 250 x 550 mm
4. Balok G2.1 : 250 x 450 mm
5. Balok G3.1 : 300 x 450 mm
6. Balok G4.1 : 350 x 450 mm
7. Balok G5.1 : 300 x 450 mm
8. Balok G7.1 : 300 x 550 mm
9. Balok G8.1 : 350 x 550 mm
10. Balok G9.1 : 400 x 550 mm
11. Balok B1.1 : 350 x 450 mm
12. Balok B2.1 : 250 x 450 mm
13. Balok B3.1 : 250 x 450 mm
14. Balok B4.1 : 250 x 450 mm
15. Balok B1.1' : 350 x 450 mm
16. Balok B2.1' : 250 x 450 mm
17. Balok B3.1' : 250 x 400 mm
18. Balok G7.1' : 300 x 550 mm

c) Geometri Struktur

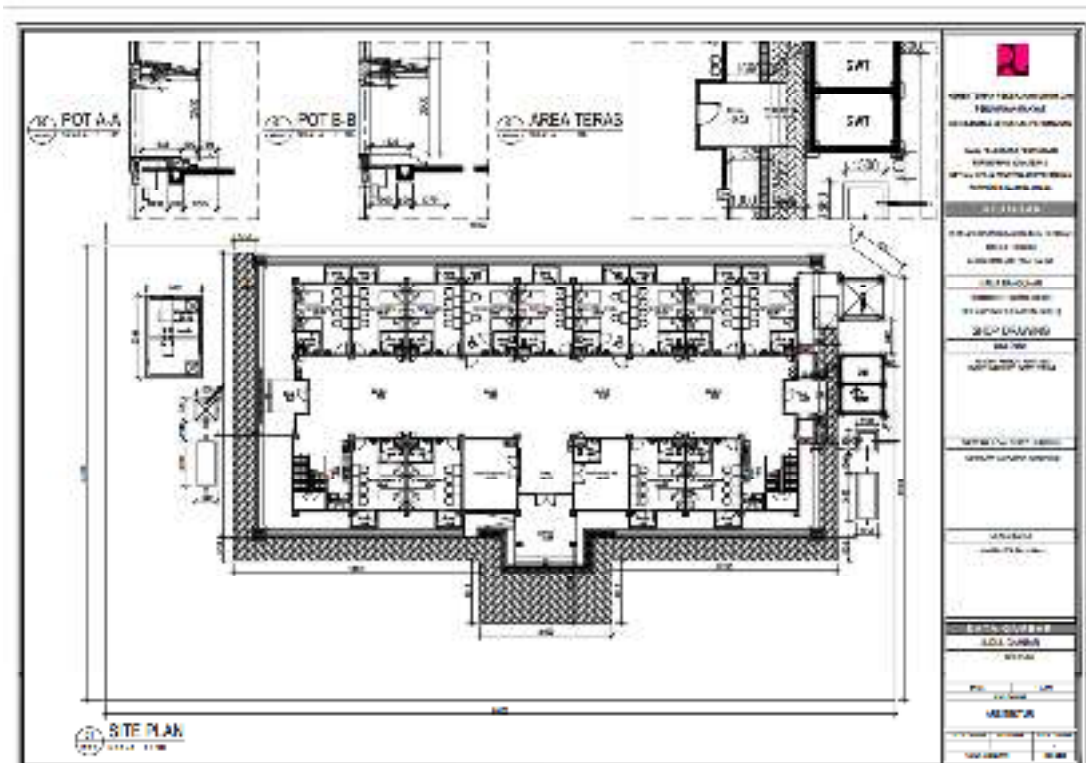
Untuk denah dari masing-masing *element* struktur dan denah arsitektural, dapat dilihat pada Gambar 3.6 sampai dengan Gambar 3.10.



Gambar 3. 6 Denah balok gedung rusun
(Sumber : Shop drawing penelitian, 2023)



Gambar 3. 7 Denah kolom gedung rusun
(Sumber : Shop drawing penelitian, 2023)

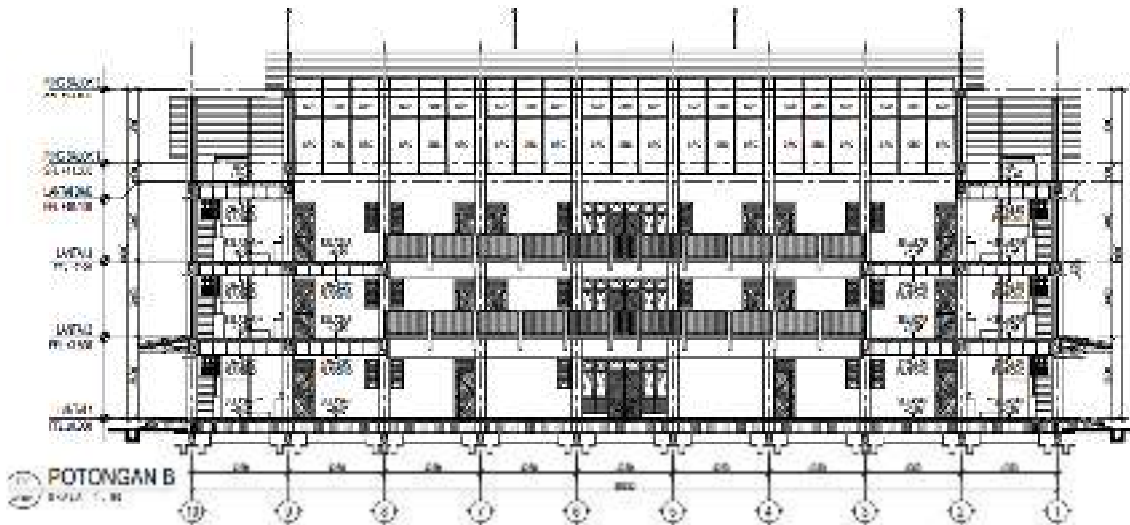


Gambar 3. 8 Denah siteplan

(Sumber : Shop drawing penelitian, 2023)



Gambar 3. 9 Potongan A-A
(Sumber : Shop drawing penelitian, 2023)



Gambar 3. 10 Potongan B-B
(Sumber : Shop drawing penelitian, 2023)

Dari Gambar 3.6 sampai dengan Gambar 3.10 memperlihatkan *layout* dan *section* dari bangunan gedung.

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Gedung rumah susun Sekolah Tinggi Teologi Anugerah Misi Nias Barat adalah gedung yang digunakan dalam penelitian ini. Gedung rumah susun Sekolah Tinggi Teologi Anugerah Misi Nias Barat ini berlokasi

di Jl. R.A Kartini, Desa Siae'asi, Kecamatan Mandrehe, Kabupaten Nias Barat, Sumatera Utara yang difungsikan sebagai tempat tinggal dari mahasiswa/i dari perguruan tinggi tersebut.

Waktu penelitian ini dimulai pada bulan April 2024 sampai dengan tulisan atau penelitian ini selesai dengan hasil yang baik.



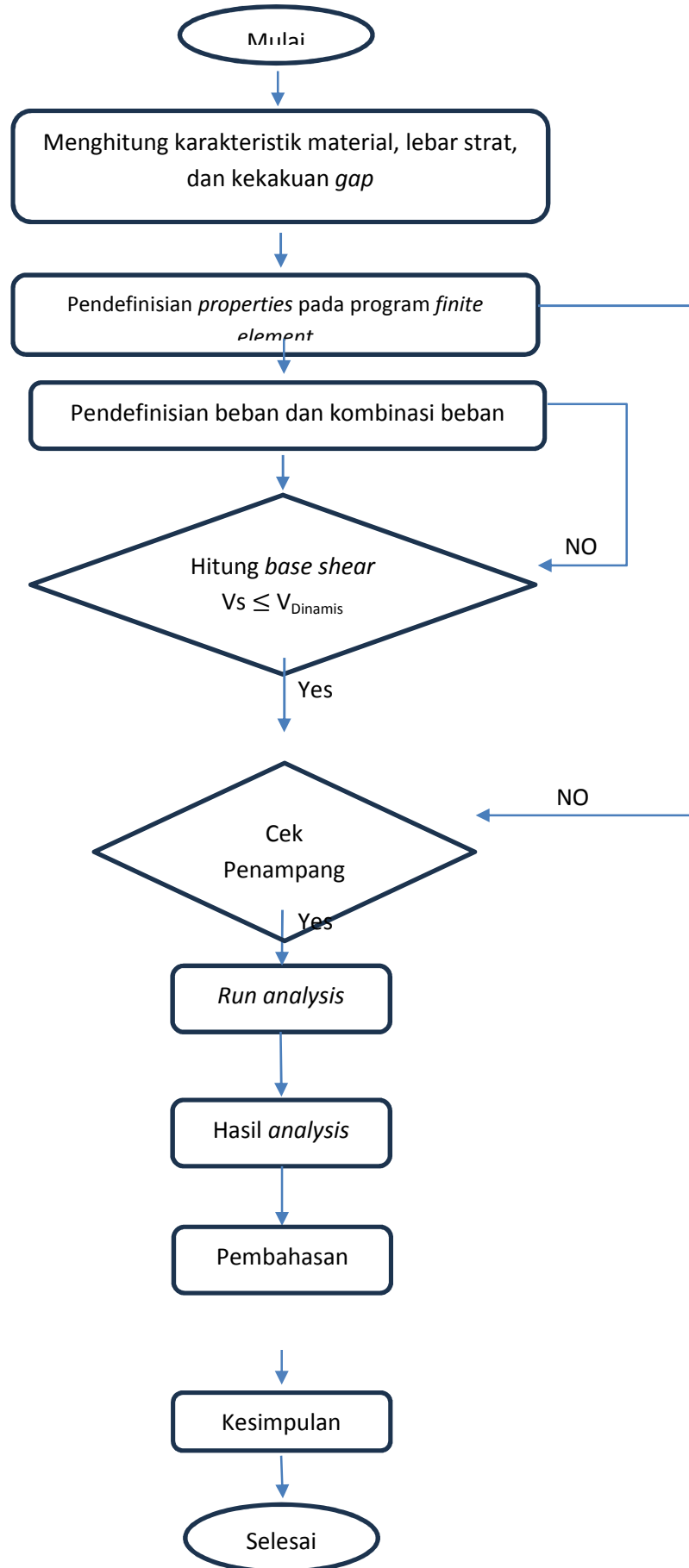
Gambar 3. 11 Lokasi gedung rumah susun STTAMNB
(Sumber : Google Earth, 2024)

3.4 Teknik Analisis

Penelitian ini menggunakan program *finite element method* untuk menganalisis perilaku struktur beton bertulang akibat adanya dinding pengisi. Alat bantu berupa *finite element method* ini akan mengeluarkan *output* berupa nilai perilaku dan kinerja daripada Rangka Terbuka (RT), Rangka Dinding Pengisi (RDP), dan Rangka Dinding Pengisi Dengan Bukaannya (RDPB). Dalam metode analisisnya, dapat digunakan metode *element shell* ataupun metode *strat diagonal*. Setelah semua proses pendefinisian material, *frame, shell, load* selesai maka perangkat lunak (*finite element method*) dapat mengeluarkan *output* kinerja dan perilaku struktur yang dimana hasilnya tersebut akan menjadi patokan dalam mengambil kesimpulan dalam penelitian ini.

3.5 Bagan Alir (*Flow Chart*)

Alur atau tahapan penelitian ini digambarkan melalui diagram *flow chart* seperti dibawah :



Gambar 3. 12 Diagram alir penelitian

3.6 Beban Pada Gedung

3.6.1 Beban Hidup

Beban hidup yang digunakan pada studi kasus ini mengacu pada Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPURG) 1987, ditentukan bahwa untuk lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel asrama dan rumah sakit ditentukan beban sebesar 250 kg/m².

3.6.2 Beban Mati

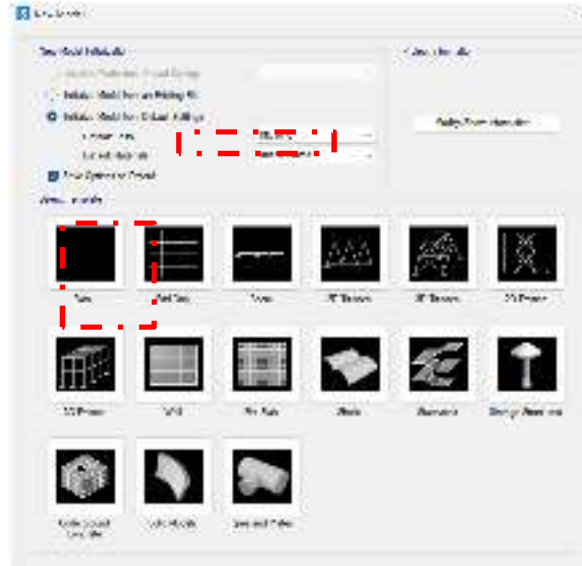
Dalam perhitungan beban mati terkhusus berat sendiri struktur akan dihitung secara otomatis dalam program *Finite element Method* sedangkan untuk besaran beban mati tambahan (SDL) dihitung sesuai dengan pasal 4.1.

3.6.3 Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang disebabkan oleh pergeseran tanah dibawah struktur bangunan. Beban gempa dapat dihitung menggunakan respon spektra ataupun dengan metode statik ekuivalen sesuai dengan aturan gempa untuk bangunan gedung dan non gedung.

3.7 Pemrograman Dengan *Finite Element Method*

1. Buka program, pilih *grid only*, tentukan jumlah dan jarak *grid* dalam setiap masing-masing sumbu x, y dan Z dan tentukan satuan yang ingin digunakan.



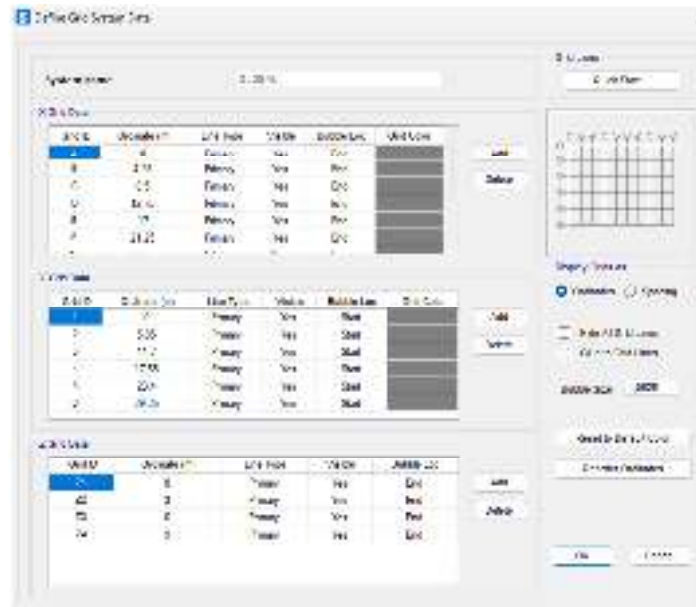
Gambar 3. 13 Pemilihan *template* awal
(Sumber : *Finite Element Method*, 2024)

2. *Input* jumlah dan jarak *grid* pada masing-masing sumbu x,y dan z.



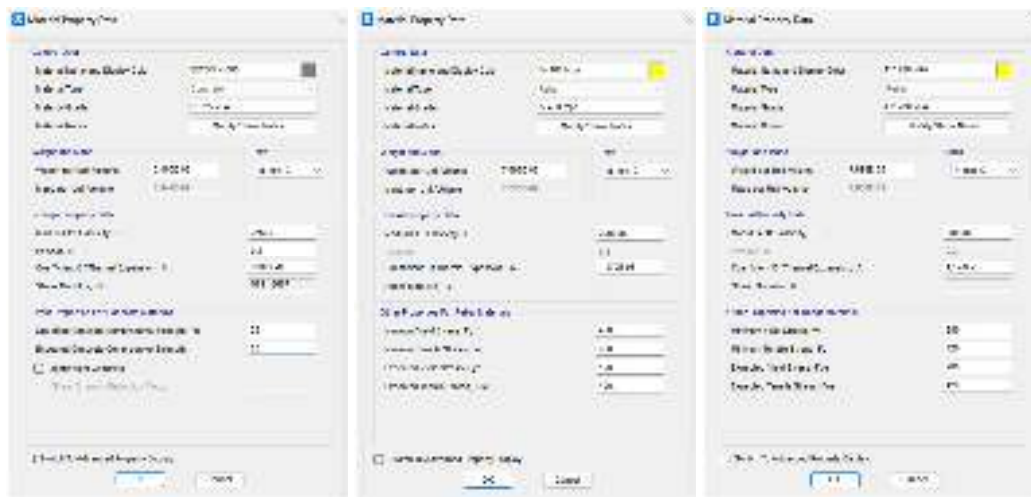
Gambar 3. 14 *Quick grid lines*
(Sumber : *Finite Element Method*, 2024)

3. Setelah memasukan jumlah dan jarak *grid*, klik kanan pada layar kemudian pilih perintah *Edit grid data*, *modify/show system* kemudian masukan jumlah dan ukuran *grid* jika pada poin 2 ukuran dan jarak *grid* perlu diatur lebih lanjut.



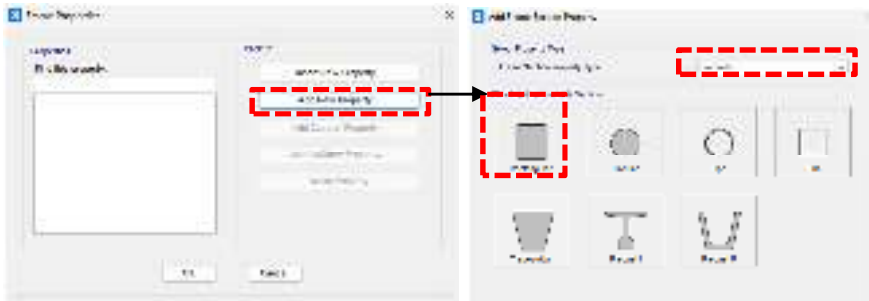
Gambar 3. 15 Pengaturan *grid* lanjutan
(Sumber : *Finite Element Method*, 2024)

- Setelah ukuran jarak dan penamaan *grid* telah sesuai maka dilanjutkan dengan pendefinisian material dengan cara memilih *tab define, materials, add new materials* (atau bisa juga dengan *add copy of material*) lalu *input* nilai-nilai karakteristik material sesuai dengan *material type*. Lakukan hal yang sama untuk mendefinisikan jenis material lainnya yang akan digunakan baik itu beton dan tulangan namun terlebih dahulu pastikan bahwa *material type* telah sesuai dengan yang material yang digunakan.



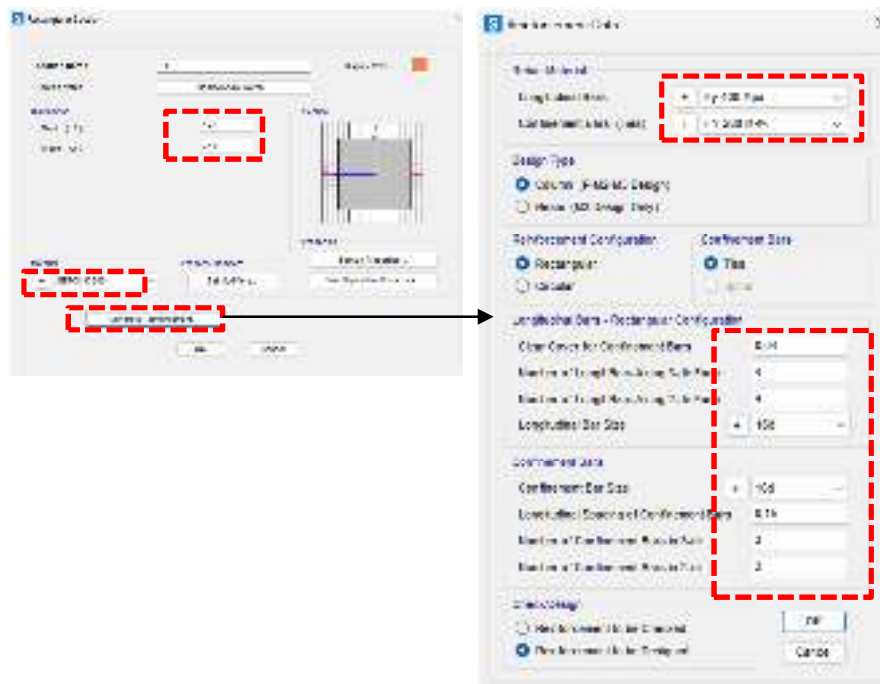
Gambar 3. 16 Pengaturan karakteristik material
(Sumber : *Finite Element Method*, 2024)

5. Tahap selanjutnya yaitu mendefinisikan penampang kolom dan balok. Untuk kolom dan balok didefinisikan dengan *element frame* dengan masuk ke menu *define, section properties, frame section, add new property, dan rectangular*.



Gambar 3. 17 Pendefinisian penampang elemen kolom dan balok
(Sumber : *Finite Element Method, 2024*)

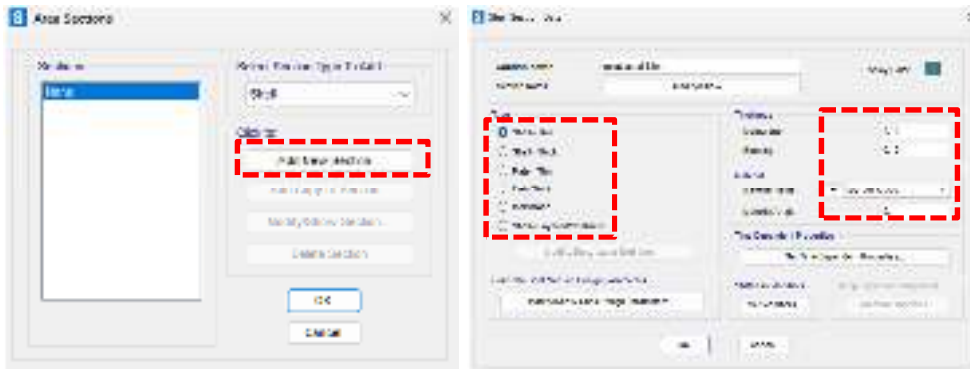
Tuliskan ukuran panjang dan lebar penampang yang akan digunakan pada bagian *dimensions*, setelah itu masuk pada perintah *concrete reinforcement* untuk mendefinisikan jenis material beserta jumlah tulangan yang digunakan dan ukuran daripada selimut beton.



Gambar 3. 18 Pengaturan dimensi dan tulangan elemen frame
(Sumber : *Finite Element Method, 2024*)

Lakukan hal yang sama untuk semua penampang kolom dan balok sampai semua penampang yang akan dianalisis terdefinisi secara keseluruhan.

- Setelah kolom dan balok selesai dimodelkan, tahapan selanjutnya yaitu mendefinisikan pelat lantai. Masuk ke menu *define, section properties, area section, add new section, shell-thin* lalu pada bagian *thickness* tuliskan tebal dari pelat yang dianalisis.



Gambar 3. 19 Pendefinisian elemen *shell* dan penentuan *material type*
(Sumber : *Finite Element Method*, 2024)

- Mendefinisikan penampang *strat* diagonal. Masuk ke tab *define, section properties, frame section, add new property, other, section designer*. Modelkan penampang *strat* diagonal yang sebelumnya telah dihitung pada bagian *section designer*.



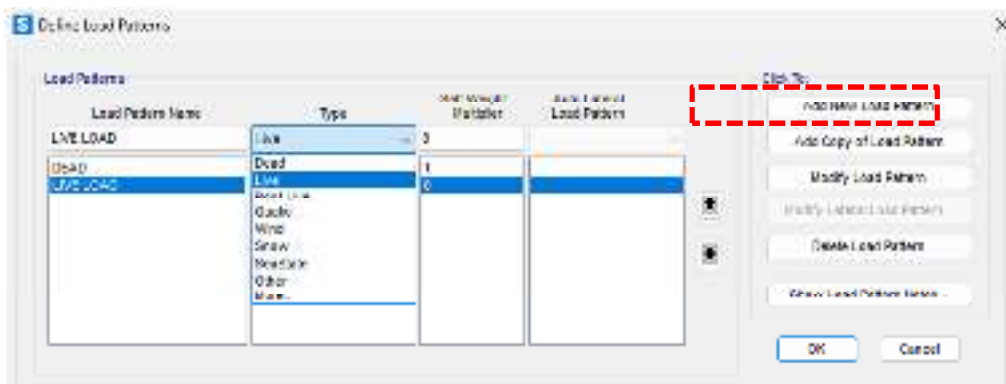
Gambar 3. 20 Penambahan penampang baru pada program *finite element*
(Sumber : *Finite Element Method*, 2024)

Setelah masuk pada *SD section data*, sesuaikan *base material strat* diagonal dengan menggunakan material dinding bata, lalu masuk pada bagian *section designer* untuk mengatur dimensi penampang *strat*.



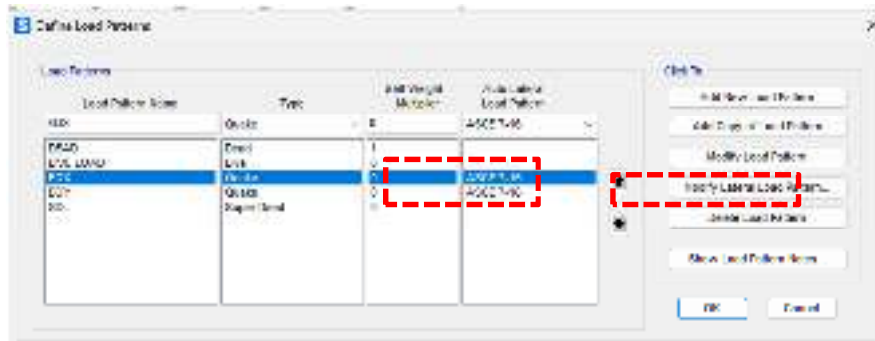
Gambar 3. 21 Section data
(Sumber : Finite Element Method, 2024)

8. Setelah penampang selesai didefinisikan, tahapan selanjutnya yaitu mendefinisikan jenis beban yang akan digunakan (*load patterns*). Untuk mendefinisikan jenis beban yang akan digunakan, masuk ke *tab define, load patterns*. Pada *tab define load patterns*, masukan tipe beban dan sesuaikan jenis beban (kolom *type*) dan terakhir *add new load patterns*.



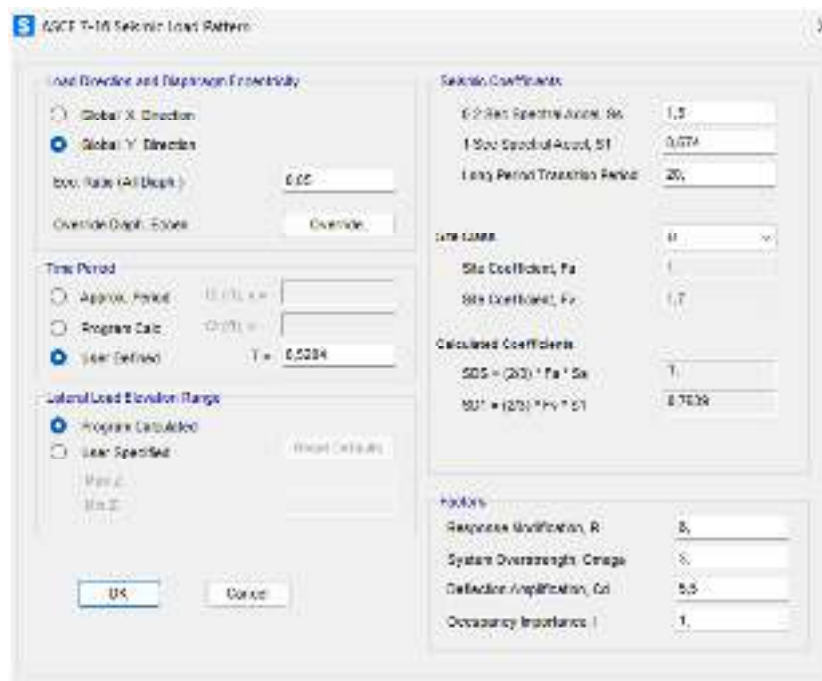
Gambar 3. 22 Pendefinisian *load patterns*
(Sumber : Finite Element Method, 2024)

Untuk beban gempa statik arah x dan y menggunakan *auto lateral load* berdasarkan ASCE 7-16. *Lateral load patterns* untuk beban gempa statik arah x dan y perlu disesuaikan lagi parameter-parameter yang ada di dalamnya dengan masuk ke *modify load patterns*.



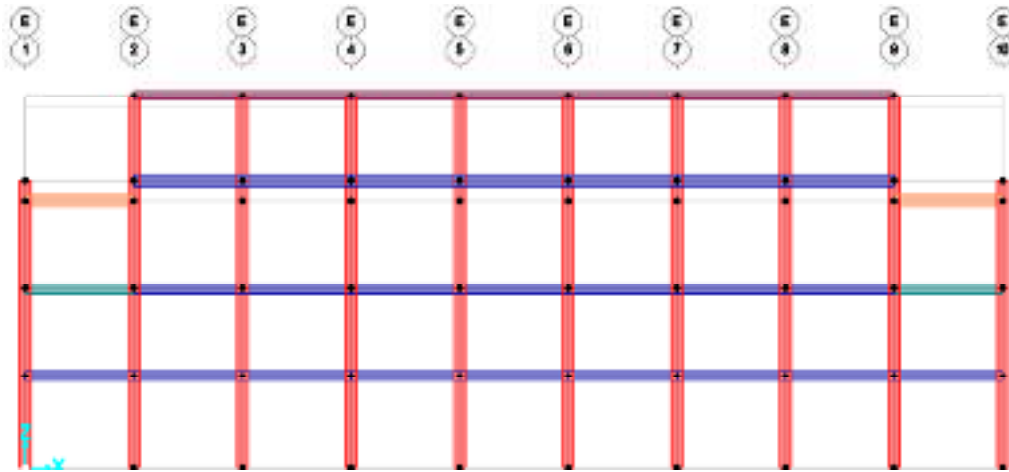
Gambar 3. 23 *Auto lateral load patterns* gempa arah x dan y
(Sumber : *Finite Element Method, 2024*)

Input parameter-parameter gempa S_s , S_1 , T_L , *time period*, *site class* dan tentukan arah gempa pada sumbu global (*load direction and diaphragm eccentricity*).



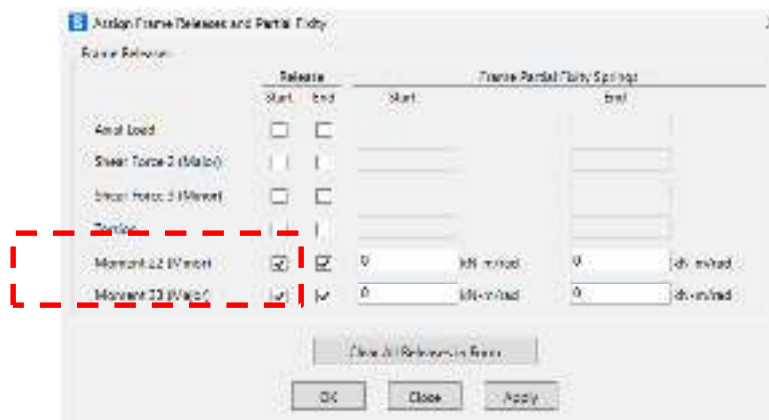
Gambar 3. 24 Penginputan parameter gempa statik arah x dan y
(Sumber : *Finite Element Method, 2024*)

- Setelah material dan penampang semua elemen telah terdefinisi, selanjutnya dilakukan penggambaran model dengan menggunakan perintah *draw frame cable* untuk pemodelan kolom dan balok, dan *draw rectangular area* untuk pemodelan pelat.



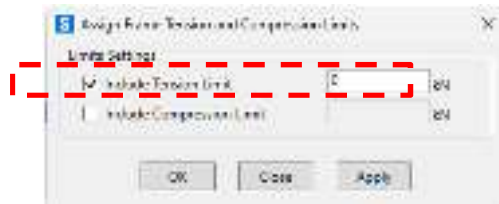
Gambar 3. 25 Contoh tampak 2 dimensi model struktur gedung STT AMNB
(Sumber : Finite Element Method, 2024)

10. Pemodelan *strat* diagonal sama dengan pemodelan elemen *frame* lainnya yaitu dengan menggunakan perintah *draw frame cable*. Namun untuk elemen *strat* diagonal, perlu dilakukan *release* terhadap momen 2-2 dan momen 3-3. Masuk ke tab *assign, frame, releases/partial fixity* dan centang pada bagian *start-end* untuk *moment 22 (minor)* dan *moment 33 (major)*.



Gambar 3. 26 Releases momen *strat*
(Sumber : Finite Element Method, 2024)

Setelah *moment* pada arah 22 dan 33 telah *released* selanjutnya dengan mengatur *Tension limits* pada elemen *strat* menjadi 0. Masuk ke tab *assign, frame, tension/compression limits*. Centang *include Tension limit* dan input nilainya menjadi 0.



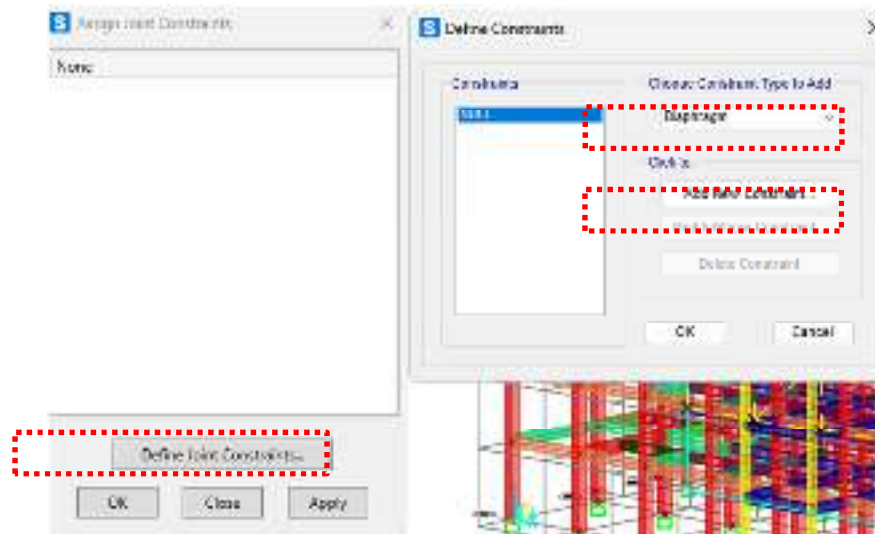
Gambar 3. 27 *Tension limit strat diagonal*
(Sumber : *Finite Element Method, 2024*)

11. Setelah semua elemen telah tergambar, maka dilanjutkan dengan pemberian tumpuan pada struktur dengan cara pilih *joint* yang akan diberi tumpuan lalu masuk ke tab *assign, joint, restraints* dan pilih jenis tumpuan yang akan digunakan.



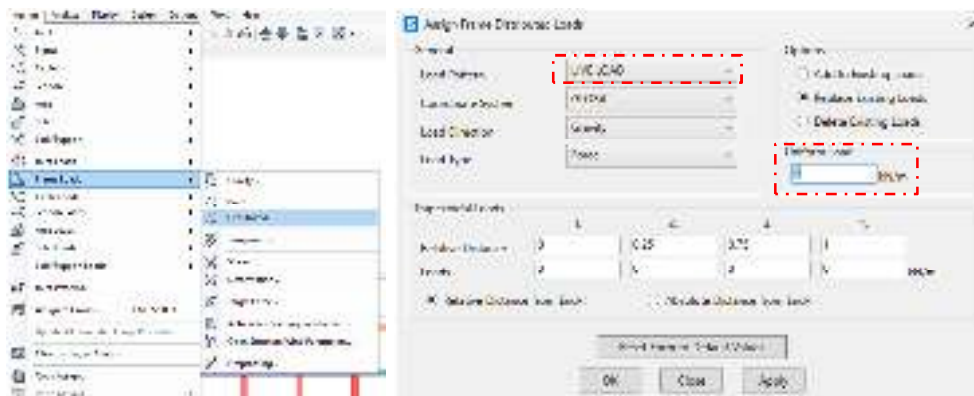
Gambar 3. 28 *Pemberian tumpuan pada joint*
(Sumber : *Finite Element Method, 2024*)

12. Pemberian *diaphragm* pada struktur. Pilih semua *joint* yang akan diberikan *diaphragm*, masuk ke tab *assign, joint, constraints, define joint constraints*, pilih *diaphragm, add new constraint* kemudian centang *assign a different diaphragm constraint to each different selected z level*.



Gambar 3. 29 Pendefinisian diafragma
(Sumber : Finite Element Method, 2024)

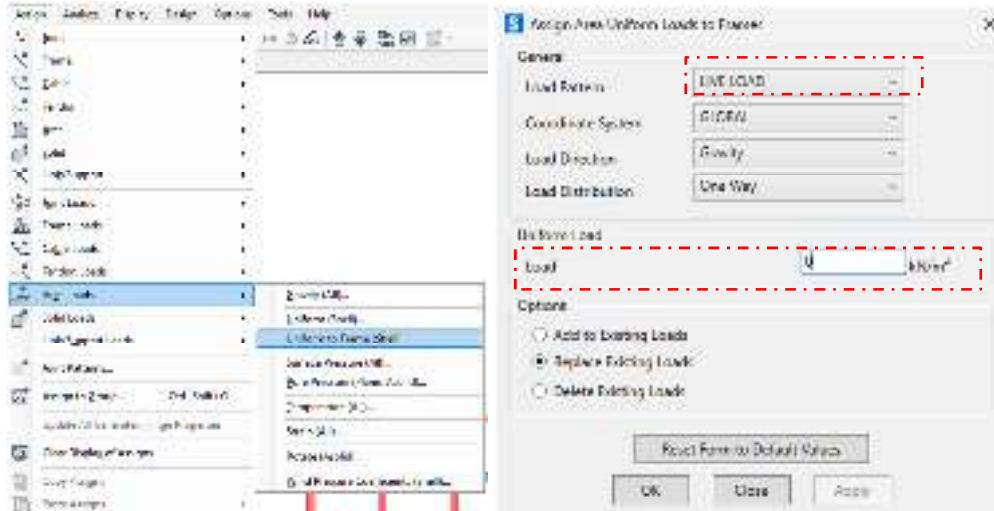
- Pemberian beban pada elemen struktur (*frame*). Pilih elemen *frame* lalu masuk ke tab *assign*, *frame loads* dan kemudian sesuaikan jenis beban yang akan diberikan terhadap struktur yang dipilih.



Gambar 3. 30 Pemberian beban pada *frame*
(Sumber : Finite Element Method, 2024)

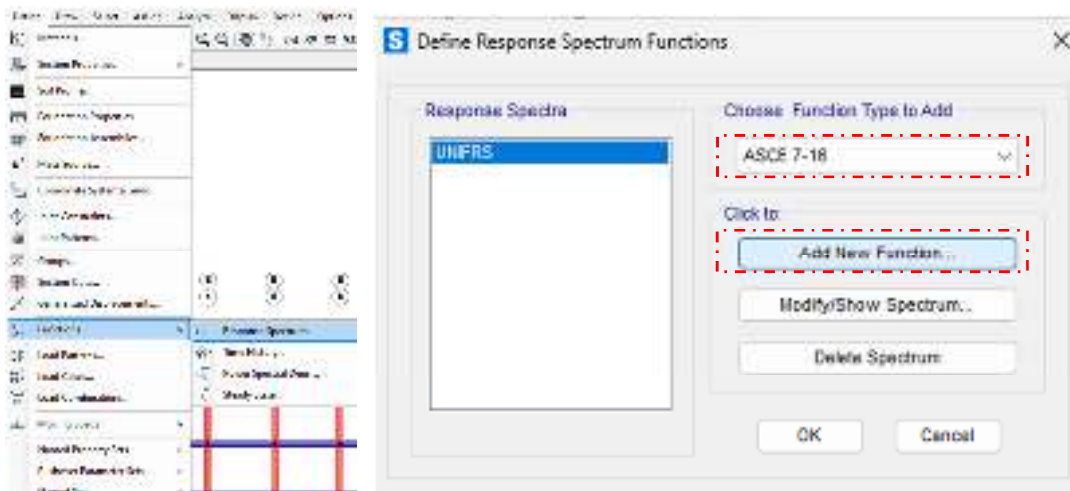
Setelah memilih jenis beban yang akan diberikan pada struktur (misalnya *distributed*) selanjutnya sesuaikan *load patterns* dan input besaran beban yang telah dihitung sebelumnya pada elemen *frame*. Untuk beban terdistribusi merata gunakan *uniform load* dan untuk beban dengan pola tertentu dapat disesuaikan pada bagian *trapezoidal loads*.

- Pemberian beban pada elemen struktur *shell*. Pilih elemen *shell* lalu masuk ke tab *assign*, *area loads*, *uniform to frame (shell)*, lalu pada tab *assign area uniform loads to frames* sesuaikan *load patterns*, *load distribution* dan input besaran beban satuan pada bagian *load*.



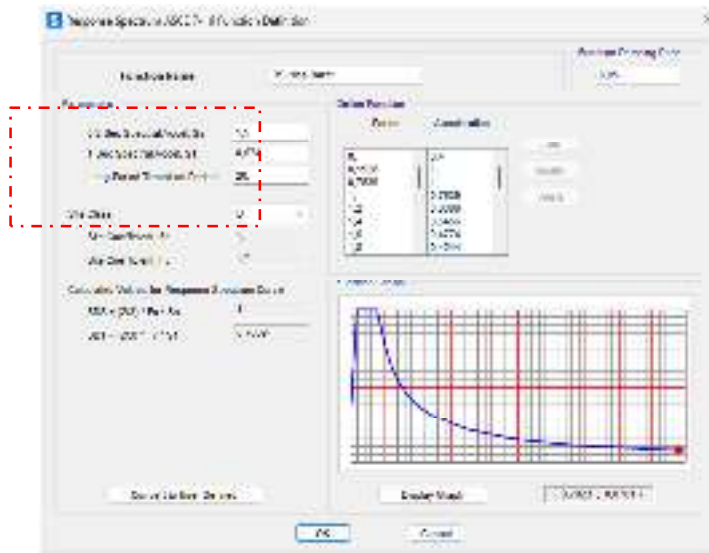
Gambar 3. 31 Pemberian beban pada elemen *shell*
(Sumber : *Finite Element Method, 2024*)

15. Input beban gempa dinamik (respon spektrum). Masuk ke tab *define, function, response spectrum, add new function* (terlebih dahulu sesuaikan *function type to add* menggunakan *code ASCE 7-16*).



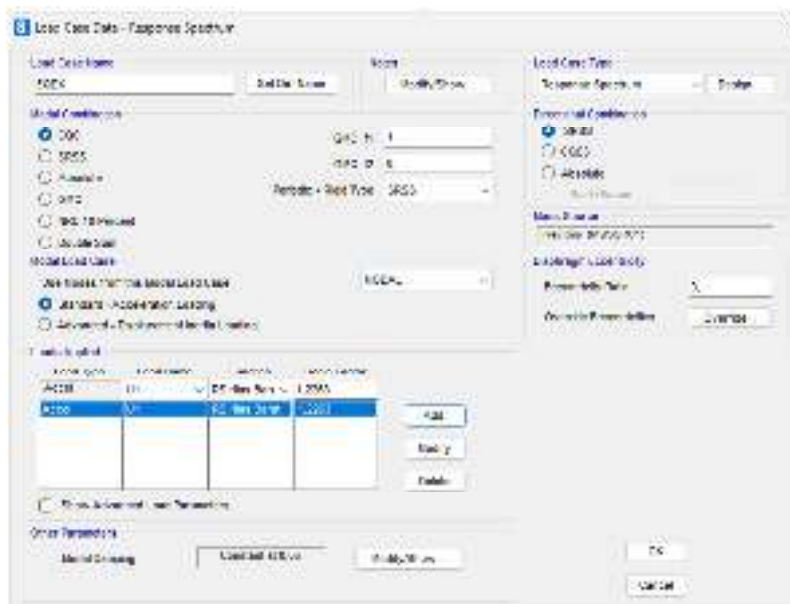
Gambar 3. 32 Pengaturan beban gempa
(Sumber : *Finite Element Method, 2024*)

setelah memasuki *response spectrum ASCE 7-16 function definition* input parameter gempa S_s , S_1 , *long period transition period* (T_L) dan *site class*.



Gambar 3. 33 Penginputan parameter gempa dinamik
(Sumber : Finite Element Method, 2024)

16. Pengaturan *load cases* beban gempa dinamik. Masuk ke tab *define, load cases, add new load case*. Setelah memasuki tab *load case data*, sesuaikan *load case type* menjadi *response spectrum*. Sesuaikan arah gempa dinamik berdasarkan sumbu x dan y pada kolom *load name* (U1 untuk arah X dan U2 untuk arah Y) dan input besaran skala beban gempa pada bagian *scale factor*.



Gambar 3. 34 Pengaturan *load case* beban gempa dinamik
(Sumber : Finite Element Method, 2024)

17. Mengatur kombinasi beban. Masuk ke tab *define*, *load combination* dan *add new combo*. Sesuaikan koefisien dari masing-masing kombinasi beban berdasarkan *load patterns* yang telah diatur sebelumnya.



Gambar 3. 35 Penentuan kombinasi beban
(Sumber : Finite Element Method, 2024)

18. *Run analysis*. Untuk menganalisis struktur, masuk ke tab *analyze*, *set analysis options* kemudian tentukan derajat kebebasan yang ingin digunakan (*degree of freedoms*) pada bagian *Fast DOFs*.



Gambar 3. 36 Penentuan derajat kebebasan analisa struktur
(Sumber : Finite Element Method, 2024)