

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PERILAKU RETAK DAN KEKAKUAN
TERHADAP DINDING PENGISI BATA**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

DWI SAPUTRI

NPM.1607210018



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 – EXT. 12
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> e-mail: fatek@umsu.ac.id

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Dwi Saputri

NPM : 1607210018

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Perilaku Retak Dan Kekakuan Terhadap Dinding

Pengisi Bata

Bidang Ilmu : Struktur

Disetujui Untuk Disampaikan Kepada
Panitia ujian

Medan, 19 November 2020

Pembimbing

Tondi Amirsyidi Patera, S.T.,M.T

Unggul | Cerdas | Terpercaya

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini dipakai oleh:

Nama : Dwi Saputri

NPM : 1607210018

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Perilaku Retak Dan Kekakuan Terhadap Dinding Pengisi Bata.

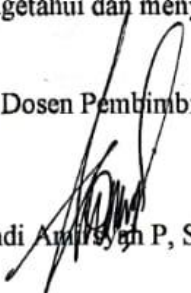
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, November 2020

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing


Tondi Amirsyahn P, ST, MT

Dosen Pembanding I



Dr. Ade Faisal, ST, MSc

Dosen Pembanding II



Dr. Farizal Zurkarnain, ST, MSc

Program Studi Teknik Sipil

Ketua,



Dr. Farizal Zurkarnain, ST, MSc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Dwi Saputri

Tempat/Tanggal Lahir : Parbutaran, 05 Januari 1998

NPM : 1607210018

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul:

“Analisis Perilaku Retak Dan Kekakuan Terhadap Dinding Pengisi Bata”.

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat dengan pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, November 2020

Saya yang menyatakan,

The image shows a green 6000 Rupiah stamp with a signature over it. The stamp features the Garuda Pancasila logo and the text 'MATERAI AMPEL', 'TOL 20', '5CAHF791331048', '6000', and 'ENAM RUPIAH'. The signature is written in black ink over the stamp.

Dwi Saputri

ABSTRAK

ANALISIS PERILAKU RETAK DAN KEKAKUAN TERHADAP DINDING PENGISI BATA

Dwi Saputri
1607210018

Tondi Amirsyah Putera P, ST, MT

Dinding pengisi merupakan komponen non-struktural pada gedung yang berfungsi sebagai penyekat atau pemisah ruangan yang biasanya terbuat dari pasangan bata merah, batako, atau bata ringan. Analisis ini bertujuan untuk membandingkan perilaku retak dan kekakuan terhadap dinding pengisi bata, dimana dinding ini akan dimodelkan dengan tipe susunan setengah bata (model 1) dan tipe susunan satu bata (model 2), dengan variasi jenis bata yang berbeda yaitu bata merah, batako dan bata ringan. Langkah awal pemodelan dibuat model awal gedung dengan 4 lantai untuk melihat keamanan gedung dan untuk melihat balok dan kolom yang akan dianalisis dengan dinding pengisi. Analisis ini menghasilkan perbandingan tegangan *von mises* untuk retak dengan model 1 yaitu sebesar 28,786 MPa dengan beban lateral sebesar 15,627 KN, dan untuk retak dengan model 2 sebesar 17,312 MPa, dengan beban lateral sebesar 15,627 KN. Dimana didapat presentase keretakan yang terjadi pada 3 variasi jenis bata dengan tipe penyusunan berbeda, yaitu pada dinding bata merah = 6%; pada dinding pengisi batako = 15%; dan pada dinding pengisi bata ringan = 0%. Sedangkan perbandingan kekakuan pada dinding pengisi bata, yaitu: model 1 yaitu sebesar 107,34 KN/mm.dengan beban lateral sebesar 15,627 KN, dan kekakuan dinding pengisi bata model 2 sebesar 164,02 KN/mm, dengan beban lateral sebesar 15,627 KN. Dimana didapat presentase kekakuan yang terjadi pada 3 variasi jenis bata dengan tipe penyusunan berbeda, yaitu pada dinding bata merah = 24%; pada dinding pengisi batako = 57%; dan pada dinding pengisi bata ringan = 0%.

Kata kunci: Dinding Pengisi, Kekakuan, Retak.

ABSTRACT

ANALYSIS OF CRACKED BEHAVIOR AND STRENGTHENING OF BRICKFILL WALLS

Dwi Saputri

1607210018

Tondi Amirsyah Putera P, ST, MT

Infill wall is a non-structural component in a building that functions as a room divider which is usually made of masonry, brick, or light brick. This analysis aims to compare the cracking behavior and stiffness of masonry infill walls, where this wall will be modeled with a half brick type (model 1) and one brick type (model 2), with a variety of different types of brick, namely red brick, brick and brick. light brick. The initial step of modeling is made an initial model of a building with 4 floors to see the safety of the building and to see the beams and columns that will be analyzed with infill walls. This analysis resulted in a ratio of von misses stress for cracks with model 1 which was 28,786 MPa with a lateral load of 15,627 KN, and for cracks with model 2 was 17,312 MPa, with a lateral load of 15,627 KN. Where obtained the percentage of cracks that occurred in 3 variations of brick types with different types of arrangement, namely the red brick wall = 6%; on the brick fill wall = 15%; and on the light brick infill wall = 0%. Meanwhile, the stiffness ratio of the masonry infill wall, namely: model 1 is 107,34 KN / mm with a lateral load of 15,627 KN, and the brick infill wall stiffness model 2 is 164,02 KN / mm, with a lateral load of 15,627 KN. Where the percentage of stiffness that occurs in 3 variations of brick types with different types of arrangement is obtained, namely the red brick wall = 24%; on the brick infill = 57%; and on the light brick infill wall = 0%.

Keywords: Infill Wall, Stiffness, Cracks.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “**Analisis Perilaku Retak Dan Kekakuan Terhadap Dinding Pengisi Bata**” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, dukungan, dan bantuan dari semua pihak baik secara moral maupun material. Untuk itu, pada bagian ini penulis ingin memberikan apresiasi serta ucapan terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Tondi Amirsyah Putera, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Ibu Hj. Irma Dewi S.T, M.Si selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipilan kepada penulis.
6. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Yang teristimewa, kedua orang tua penulis, Sarpon dan Suratmi, yang telah memberi dukungan, pengertian, dan kepercayaan serta telah menjadi salah satu sumber inspirasi bagi penulis. Terima kasih juga kepada Saudara laki-laki penulis, Bayu Septian, yang telah mendukung penulis dalam doa dan menyemangati penulis.

8. Yang teristimewa, partner seperjuangan penulis dalam pengerjaan proposal tugas akhir ini, Aldrin Dhio Pratama, Prima Ramadhanti, Farida Sirait, Nicky Arianto, Muhammad Yusuf, Bambang Yudayana, yang selalu ada untuk memberikan bantuan, dukungan, waktu, dan tenaganya.
9. Senior penulis, Kakak Desy liansa, Abang Ricky Prianda Damanik, Abang Al-Akbar, Abang Amin Pasaribu, Kakak Rizky, Kakak Deliana yang ada untuk memberikan bantuan, dukungan, waktu, dan menyemangati penulis.
10. Seluruh Angkatan 2016 Program Studi Teknik Sipil UMSU, di antaranya kepada Siti Nabilla, Tanyo Adhytia Pratama, Serly Dwi Afrina, Prasetyo Gunawan, Ridho Al Fandi, Wasis Priambodo dan semua teman sejawat saya lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu

Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 19 November 2020

Dwi Saputri
1607210018

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----|
| LEMBAR PENGESAHAN | i |
| LEMBAR PERSYARATAN KEASLIAN SKRIPSI | ii |
| ABSTRAK | iii |
| <i>ABSTRACT</i> | iv |
| KATA PENGANTAR | v |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR TABEL | x |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR NOTASI | xiv |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan masalah | 3 |
| 1.3. Tujuan penelitian | 3 |
| 1.4. Batasan masalah | 4 |
| 1.5. Manfaat penelitian | 4 |
| 1.6. Sistematika penulisan | 5 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1. Konsep perencanaan portal | 6 |
| 2.2. Dinding pengisi bata | 6 |
| 2.2.1. Definisi | 6 |
| 2.2.2. Bahan pembentuk dinding pengisi | 7 |
| 2.3. Karakteristik material | 9 |
| 2.3.1. Beton bertulang | 9 |
| 2.3.2. Pasangan dinding bata | 10 |
| 2.4. Pemodelan | 12 |
| 2.4.1. Analisis pendahuluan | 13 |
| 2.4.2. Analisis menengah dan final | 13 |
| 2.4.3. Pendekatan gabungan untuk analisis pendahuluan dan final | 13 |
| 2.5. Elemen frame | 14 |
| 2.6. Elemen gap | 14 |

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 2.7. | Elemen Shell | 14 |
| 2.8. | Diagonal Strut | 15 |
| 2.8.1. | Asumsi dasar | 16 |
| 2.9. | Perilaku struktur rangka dengan dinding pengisi akibat beban lateral | 18 |
| 2.10. | Ragam Kegagalan Struktur Rangka dengan Dinding Pengisi | 19 |
| BAB 3 | METODOLOGI PENELITIAN | 21 |
| 3.1. | Metode penelitian | 21 |
| 3.2. | Pembebanan pada struktur gedung | 22 |
| 3.2.1. | Beban mati | 22 |
| 3.2.2. | Beban hidup | 22 |
| 3.2.3. | Beban angin | 22 |
| 3.2.4. | Beban gempa | 23 |
| 3.2.5. | Kombinasi Beban | 23 |
| 3.3. | Pemodelan struktur gedung | 23 |
| 3.4. | Pengecekan struktur gedung | 24 |
| 3.4.1. | Simpangan antarlantai | 24 |
| 3.4.2. | P-delta | 25 |
| 3.4.3. | Torsi | 26 |
| 3.4.4. | Ketidakteraturan horizontal | 27 |
| 3.4.5. | Ketidakteraturan Vertikal | 29 |
| 3.5. | Pemodelan dinding pengisi | 30 |
| 3.5.1. | Balok, kolom, dan dinding yang ditinjau. | 30 |
| 3.5.2. | Penyusunan dinding pengisi | 30 |
| 3.6. | Input pemodelan | 31 |
| 3.6.1. | Definisi material | 31 |
| 3.6.2. | Input model dinding pengisi | 34 |
| 3.6.3. | Definisi contact | 34 |
| 3.6.4. | Meshing | 35 |
| 3.6.5. | Pembebanan dan tumpuan dinding pengisi | 37 |
| 3.6.6. | Step control dan large deflection | 38 |
| 3.6.7. | Newton Raphson | 38 |
| BAB 4 | HASIL DAN PEMBAHASAN | 40 |

| | | |
|--------|--|----|
| 4.1. | Hasil analisis retak pada dinding pengisi | 40 |
| 4.1.1. | Analisis retak pada dinding Pengisi | 40 |
| 4.1.2. | Perbandingan hasil analisis retak pada dinding pengisi | 51 |
| 4.2. | Hasil analisis kekakuan dan perpindahan dinding pengisi | 51 |
| 4.2.1. | Analisis kekakuan pada dinding Pengisi terhadap balok dan kolom. | 51 |
| 4.2.2. | Tegangan pada dinding pengisi. | |
| 4.2.3. | Hasil tegangan geser dan tekan pada dinding pengisi. | 55 |
| 5.1 | Kesimpulan | 57 |
| 5.2 | Saran | 57 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|--|----|
| Tabel 3.1 | Pengecekan simpangan antartingkat arah X. | 25 |
| Table 3.2 | Pengecekan simpangan antartingkat arah Y. | 25 |
| Table 3.3 | Pengecekan P-delta arah X. | 25 |
| Tabel 3.3 | <i>Lanjutan.</i> | 26 |
| Table 3.4 | Pengecekan P-delta arah Y. | 26 |
| Table 3.5 | Torsi pada arah X + eksentrisitas. | 26 |
| Table 3.6 | Torsi pada arah X - eksentrisitas. | 26 |
| Table 3.7 | Torsi pada arah Y + eksentrisitas. | 27 |
| Table 3.8 | Torsi pada arah Y - eksentrisitas. | 27 |
| Table 3.9 | Ketidakteraturan horizontal 1a dan 1b arah X+ eksentrisitas. | 28 |
| Table 3.10 | Ketidakteraturan horizontal 1a dan 1b arah X – eksentrisitas. | 28 |
| Table 3.11 | Ketidakteraturan horizontal 1a dan 1b arah Y + eksentrisitas. | 28 |
| Table 3.12 | Ketidakteraturan horizontal 1a dan 1b arah Y - eksentrisitas. | 28 |
| Table 3.13 | Ketidakteraturan vertikal 1a dan 1b arah X. | 29 |
| Table 3.14 | Ketidakteraturan vertikal 1a dan 1b arah Y. | 29 |
| Tabel 3.15 | Ketidakteraturan vertikal tipe 2. | 30 |
| Tabel 4.1 | Data analisis dinding pengisi. | 40 |
| Tabel 4.2 | Besarnya beban lateral saat terjadi retak pada dinding pengisi dengan susunan setengah bata merah. | 41 |
| Tabel 4.2 | <i>Lanjutan.</i> | 42 |
| Tabel 4.3 | Besarnya beban lateral saat terjadi retak pada dinding pengisi dengan susunan satu bata merah. | 43 |
| Tabel 4.3 | <i>Lanjutan.</i> | 44 |
| Tabel 4.4 | Besarnya beban lateral saat terjadi retak pada dinding pengisi setengah batako. | 45 |
| Tabel 4.4 | <i>Lanjutan.</i> | 46 |
| Tabel 4.5 | Besarnya beban lateral saat terjadi retak pada dinding pengisi dengan satu batako. | 47 |
| Tabel 4.5 | <i>Lanjutan.</i> | 48 |

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabel 4.6 | Besarnya beban lateral saat terjadi retak pada dinding pengisi setengah bata ringan. | 49 |
| Tabel 4.6 | <i>Lanjutan.</i> | 50 |
| Tabel 4.7 | Tegangan geser pada dinding bata. | 55 |
| Tabel 4.8 | Tegangan tekan pada dinding bata. | 55 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------|--|----|
| Gambar 1.1: | Perilaku bingkai di bawah beban lateral: (a) rangka kosong, aksi rangka utama; (b) rangka isi, aksi rangka utama | 2 |
| Gambar 1.2: | Struktur 6 lantai yang ditinjau. | 2 |
| Gambar 2.1: | Tipe pemasangan dinding bata; (a) susunan dinding bata dengan tipe satu bata; (b) susunan dinding bata dengan tipe setengah bata. | 7 |
| Gambar 2.2: | Bentuk kurva tegangan-regangan untuk beton. | 10 |
| Gambar 2.3: | (a) Portal isi; (b) Penopang diagonal bolak-balik. | 15 |
| Gambar 2.4: | Portal berpenopang ekivalen, keterangan: (a) model portal pada kondisi beban puncak/ultimate; (b) distribusi momen pada portal; (c) deformasi lateral. | 16 |
| Gambar 2.5: | (a) keretakan diagonal bertahap; (b) kegagalan geser. | 18 |
| Gambar 2.6: | Perilaku bingkai di bawah beban lateral: (a) rangka kosong, aksi rangka utama; (b) rangka isi, aksi rangka utama. | 19 |
| Gambar 2.7: | Klasifikasi Ragam Kegagalan. | 20 |
| Gambar 3.1: | Bagan alir. | 21 |
| Gambar 3.2: | Pemodelan 3D portal terbuka. | 24 |
| Gambar 3.3: | Balok, kolom, dan dinding yang akan ditinjau. | 30 |
| Gambar 3.4: | Model 1 dinding pengisi dengan penyusunan setengah bata. | 31 |
| Gambar 3.5: | Model 2 dinding pengisi dengan penyusunan satu bata. | 31 |
| Gambar 3.6: | Input material beton $f_c' 30$ pada <i>software</i> . | 32 |
| Gambar 3.7: | Input material dinding bata merah pada <i>software</i> . | 32 |
| Gambar 3.8: | Input material dinding batako pada <i>software</i> . | 33 |
| Gambar 3.9: | Input material dinding bata ringan pada <i>software</i> . | 34 |
| Gambar 3.10: | Input model dinding pengisi ke <i>software</i> . | 34 |
| Gambar 3.11: | Mengatur <i>contact</i> pada dinding pengisi. | 35 |
| Gambar 3.12: | <i>Generate mest</i> pada model 1 dan model 2 pada dinding pengisi. | 36 |
| Gambar 3.13: | <i>Meshing</i> pada model 1 setengah bata. | 36 |
| Gambar 3.14: | <i>Meshing</i> pada model 2 satu bata. | 37 |

| | |
|---|----|
| Gambar 3.15: Penerapan beban dari gaya geser serta mendefinisikan beban. | 37 |
| Gambar 3.16: Penerapan tumpuan sendi dan rol pada dinding pengisih. | 38 |
| Gambar 3.17: Pengaturan <i>time step</i> dan <i>large deflection</i> . | 38 |
| Gambar 3.18: Pengaturan <i>newton rahpson</i> . | 39 |
| Gambar 4.1: Analisis retak dinding dengan susunan setengah bata merah. | 41 |
| Gambar 4.2: Analisis retak dinding bata dengan dengan susunan satu bata merah. | 43 |
| Gambar 4.3: Analisis retak dinding pengisi dengan setengah batako. | 45 |
| Gambar 4.4: Analisis retak dinding pengisi dengan satu batako. | 46 |
| Gambar 4.5: Analisis retak dinding pengisi dengan susunan setengah bata ringan. | 49 |
| Gambar 4.6: Hasil analisis retak pada dinding pengisi. | 51 |
| Gambar 4.7: Hasil analisis perpindahan pada dinding pengisi. | 51 |
| Gambar 4.8: Hasil analisis Kekakuan pada dinding pengisi. | 52 |

DAFTAR NOTASI

| | |
|------------------|--|
| E_c | = Modulus elastisitas beton |
| f'_c | = Mutu beton |
| L | = Panjang bentang |
| w | = Beban |
| f'_m | = Mutu pasangan dinding bata |
| ε_m | = Modulus elastisitas pasangan dinding bata |
| H_{inf} | = Tinggi dinding pengisi |
| t_{inf} | = Tebal dinding pengisi |
| L_{inf} | = Panjang dinding pengisi |
| ν | = angka poisson |
| ε_c | = Regangan beton |
| ε'_c | = Regangan beton saat kuat tekan puncak |
| ε_u | = Regangan ultimit beton |
| Q | = Gaya horizontal struktur rangka |
| τ_{xy} | = Tegangan Geser Dinding pengisi |
| δd | = Tegangan Tekan Dinding pengisi |
| E_s | = Modulus elastisitas tulangan dan baja struktural, MPa |
| c_1 | = Dimensi kolom persegi atau persegi ekuivalen, kepala kolom (capital), atau braket yang diukur dalam arah bentang dimana momen ditentukan, mm |
| c_2 | = Dimensi kolom persegi atau persegi ekuivalen, kepala kolom (capital), atau braket yang diukur dalam arah tegak lurus terhadap c_1 , mm |
| b_w | = Lebar badan, tebal dinding, atau diameter penampang lingkaran, mm |
| ℓ_n | = Panjang bentang bersih yang diukur muka ke muka tumpuan, mm |
| d | = Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal, mm |
| ℓ | = Panjang bentang balok atau pelat satu arah; proyeksi bersih kantilever, mm |
| S_a | = Respons spektra percepatan |

- S_s = Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek, redaman 5 persen
- S_1 = Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik, redaman 5 persen
- S_{DS} = Parameter percepatan respons spektral pada periode pendek, redaman 5 persen
- S_{D1} = Parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik, redaman 5 persen
- S_{M1} = Percepatan percepatan respons spektral MCE pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
- S_{Ms} = Parameter percepatan respons spektral MCE pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
- F_a = Koefisien situs untuk periode pendek yaitu pada periode 0,2 detik
- F_v = Koefisien situs untuk periode panjang (pada periode 1 detik)
- Δ = Simpangan antar tingkat desain
- Δ_a = Simpangan antar tingkat yangizinkan
- δ_{max} = Perpindahan maksimum (mm) di tingkat-x
- θ = Koefisien stabilitas untuk pengaruh P-Delta
- Ω_0 = Faktor kuat lebih
- R = Koefisien modifikasi respons
- C_d = Faktor pembesaran simpangan lateral
- C_u = Koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung
- T_a = Periode fundamental pendekatan

BAB 1

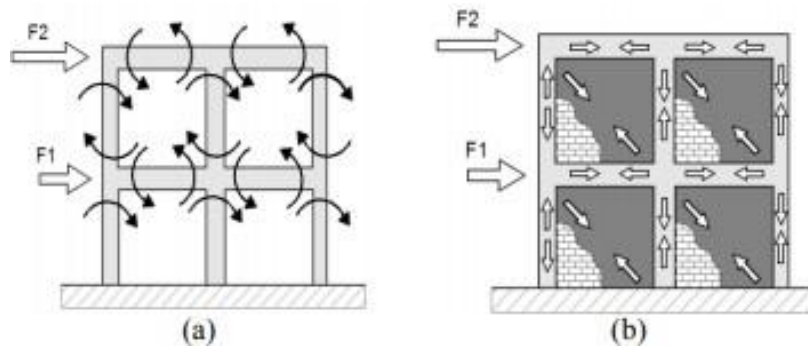
PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Dinding pengisi pada umumnya sering digunakan sebagai partisi pemisah dibagian dalam atau penutup luar bangunan pada struktur portal beton bertulang maupun struktur portal baja. Khususnya untuk bangunan rendah dan bertingkat sedang. Dinding pengisi tersebut dipasang apabila struktur utama selesai dikerjakan, jadi pelaksanaannya bersamaan dengan pelaksanaan finishing. Oleh karena itu, dalam perencanaannya struktur seperti portal para perencana umumnya tidak memperhitungkan komponen dinding pengisi sebagai komponen struktur (dianggap sebagai komponen non-struktur), bahkan keberadaannya tidak menjadi permasalahan dalam pemodelan struktur asalkan intensitas beban yang timbul sudah diantisipasi terlebih dahulu (misal, dianggap sebagai beban merata). Meskipun dikategorikan sebagai komponen non struktur tetapi dinding pengisi ini mempunyai kecenderungan berinteraksi dengan portal yang ditempatinya terutama bila ada beban horizontal (akibat gempa) yang besar. Interaksi yang timbul kadang menguntungkan kadang merugikan bagi kinerja portal terutama utamanya, dan hal tersebut menjadi perdebatan yang cukup lama (Dewobroto, 2005).

Dalam beberapa kasus gempa dapat diamati pada berbagai kasus gedung dengan pengaruh gempa, ternyata dinding bata ikut memikul beban lateral. Hal ini dibuktikan dengan adanya keretakan yang terjadi pada dinding bata yang menunjukkan terjadinya transfer beban dari portal ke dinding bata. Selain itu, pada beberapa bangunan terjadi mekanisme keruntuhan *soft-story*. Keruntuhan *soft-story* ini diakibatkan karena konfigurasi dinding pengisi yang berbeda antara lantai satu dengan lantai-lantai di atasnya.

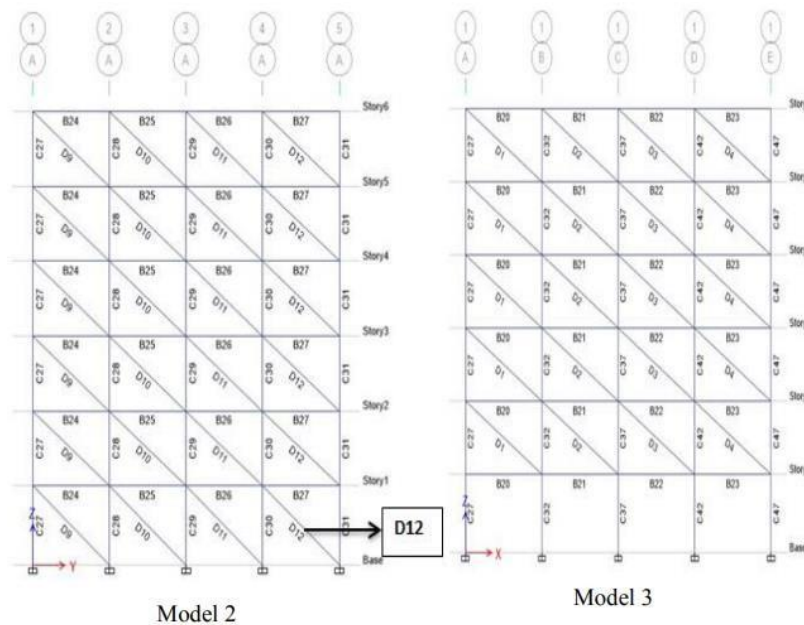
(Tanjung, 2016) melakukan penelitian eksperimental terhadap struktur portal tunggal beton bertulang yang diisi dinding bata merah serta diberikan beban lateral. Ketika dinding bata didesain sebagai elemen struktur, maka mekanisme transfer beban akan berubah dari sistem transfer portal menjadi sistem transfer rangka batang seperti Gambar 1.1 yaitu sebagai berikut:



Gambar 1.1: Perilaku bingkai di bawah beban lateral: (a) rangka kosong, aksi rangka utama; (b) rangka isi, aksi rangka utama (Nicola et al., 2015).

Dengan melihat perpindahan yang terjadi diperoleh bahwa kekakuan *infilled frame* lebih tinggi dari kekakuan portal terbuka. Perpindahan *infilled frame* 52,5% lebih tinggi dari portal terbuka.

(Lee & Woo, 2002) melakukan penelitian analitis untuk melihat pengaruh dinding bata terhadap struktur portal beton bertulang. Penelitian tersebut membandingkan antara portal terbuka dan portal isi. Metode yang digunakan adalah metode *equivalent diagonal strut* sesuai FEMA 356 di mana dinding dimodelkan sebagai *bracing* tekan seperti Gambar 1.2 adalah sebagai berikut:



Gambar 1.2: Struktur 6 lantai yang ditinjau (Lee & Woo, 2002).

Ujung-ujung *bracing* yang berhubungan langsung dengan balok dan kolom dibuat sebagai sendi. Tebal dari *bracing* adalah sama dengan tebal dinding bata. Dari analisis tersebut diperoleh bahwa perioda fundamental, perpindahan, dan gaya geser dasar *infilled frame* lebih kecil dari portal terbuka. Oleh karena mekanisme transfer beban telah berubah menjadi sistem transfer rangka batang, maka gaya aksial pada kolom meningkat dan momennya berkurang.

Didasari oleh penelitian-penelitian di atas, maka dalam tugas akhir ini peneliti akan melakukan studi analisis mengenai perilaku retak dan kekakuan terhadap dinding pengisi bata. Pemodelan dinding bata dimodelkan sebagai elemen shell penuh dengan balok dan kolom tanpa tulangan. Pemodelan dilakukan dengan membandingkan susunan pemasangan pasangan setengah bata dan pasangan satu bata dengan variasi jenis-jenis bata yang berbeda, dan analisis beban gempa akan menggunakan analisis respons spektrum oleh program *software computer*.

1.2. Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan analisis retak yang terjadi pada dinding bata apabila dimodelkan sebagai elemen shell penuh dengan balok dan kolom tanpa tulangan ?
2. Bagaimana pengaruh keretakan kepada deformasi dan kekakuan yang terjadi pada dinding bata ?

1.3. Tujuan penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui perbandingan retak yang terjadi pada dinding bata apabila dimodelkan sebagai elemen shell penuh dengan balok dan kolom tanpa tulangan.
2. Untuk mengetahui pengaruh keretakan kepada deformasi dan kekakuan yang terjadi pada dinding bata.

1.4. Batasan masalah

Untuk menghindari kesalah pahaman dan meluasnya masalah yang akan diteliti, maka penulis membatasi atau memfokuskan masalah yang berkaitan dengan penelitian ini, antara lain sebagai berikut:

1. Untuk peraturan pembebanan menggunakan RSNI 1727-2018 “Beban Minimum Gedung dan Struktur Lain”. Dan untuk desain pembebanan gempa menggunakan SNI 1726-2019 “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non gedung”.
2. Dinding bata pada gedung yang dianalisis merupakan pasangan dinding bata merah, batako dan bata ringan dengan susunan pemasangan setengah bata dan satu bata. Kemudian menggunakan mutu beton $f_c' 30$ MPa.
3. Analisis yang dilakukan hanya melihat kerusakan pada dinding bata yang terjadi pada *software computer* yaitu analisis yang diperiksa sampai elastis tidak sampai pasca-elastis, dan tidak melihat dinding bata sampai runtuh (*soft story*).
4. Analisis balok dan kolom yang ditinjau diambil melalui *software computer* dan diambil yang terbesar menahan beban. Tidak melakukan analisa dari segi biaya dan waktu.
5. Data-data mengenai dinding bata sebagai pemodelan diambil dari beberapa literatur atau penelitian mengenai dinding pengisi yang telah dilakukan sebelumnya.

1.5. Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mengaplikasikan ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil dan lingkungan. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan atau alternatif pemilihan metode pengerjaan yang lebih efektif dalam teknik perencanaan struktur gedung, terkhusus yang menggunakan Portal dinding pengisi.

1.6. Sistematika penulisan

Tugas akhir ini terdiri dari lima bab yang direncanakan dan diharapkan dapat menjelaskan perihal topik bahasan, yaitu :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang penulisan, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan dari tugas akhir ini.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi landasan teori mengenai perencanaan struktur tahan gempa, prinsip analisis beban gempa, dan *equivalent diagonal strut* yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan dan mengacu pada referensi-referensi yang diperoleh penulis.

BAB 3 METODE PENELITIAN DAN PEMODELAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai tahapan-tahapan dalam analisis desain dan perbandingan yang akan dilakukan untuk penelitian tugas akhir ini.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi pembahasan tentang analisis yang dilakukan dan perbandingan hasil analisis dari dinding bata yang dimodelkan dengan susunan setengah bata dan susunan satu bata yang disajikan dalam bentuk gambar, tabel, dan grafik. Perbandingan yang disajikan dalam penelitian ini meliputi retak, kekakuan, perpindahan yang terjadi pada dinding bata.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang diambil dari seluruh kegiatan tugas akhir ini serta saran-saran yang kelak dapat membantu dan memberikan referensi bagi penelitian-penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep perencanaan portal

Portal merupakan suatu system struktur yang terdiri dari balok dan kolom dengan titik hubungan kaku antara elemen vertical dan horizontal yang berfungsi untuk menahan beban. Schodek (1999) menyebutkan kekakuan titik hubung memberikan banyak kestabilan terhadap gaya lateral. Beban yang bekerja secara lateral semisal gaya angin dan gempa dapat menyebabkan struktur runtuh secara lateral jika titik hubungannya tidak cukup kaku. Kekurangan kekakuan antara kolom dan balok dapat diperbaiki oleh pengisi (Sari et al., 2018).

2.2 Dinding pengisi bata

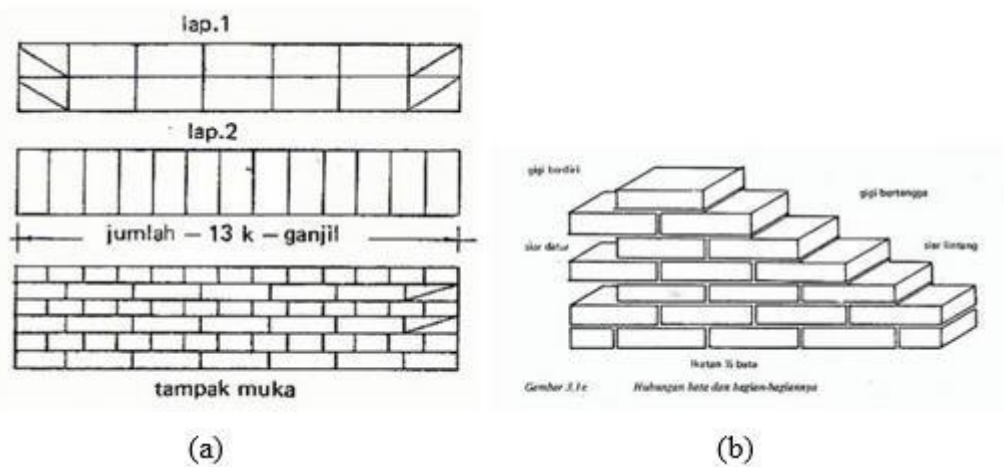
2.2.1 Definisi

Dinding pengisi adalah bagian bangunan non-struktural yang umumnya difungsikan sebagai penyekat ruangan, penutup bangunan dan bangunan eksterior untuk keperluan estetika (memperindah) ruangan. Dinding pengisi memiliki banyak variasi pada elemen penyusunnya diantaranya batu bata merah, batako, bataringan dan lain-lain. Dalam kenyataan di lapangan umumnya dinding pengisi berguna untuk meningkatkan kekakuan dan kekuatan pada struktur beton bertulang maupun struktur rangka baja (Giri et al., 2017).

Menurut (Dewobroto, 2005), meskipun dikategorikan sebagai komponen non struktural, tetapi dinding bata memiliki kecenderungan berinteraksi dengan portal yang ditempatinya terutama bila ada beban lateral akibat gempa yang besar. Pemodelan dinding pengisi bata menurut Siregar (2010), terdapat dua metode; *Diagonal Compression Strut* serta *Continuum model*.

Didalam penelitian (Leksono et al., 2012) variabel jenis susunan dinding bata terdapat 2 jenis susunan dinding bata yang digunakan yaitu susunan satu bata dan setengah bata. Hal ini harus dibedakan karena tipe susunan tersebut memiliki nilai

kekuatan dan kekakuan yang berbeda, seperti yang terlihat pada Gambar 2.1 sebagai berikut:



Gambar 2.1: Tipe pemasangan dinding bata; (a) susunan dinding bata dengan tipe satu bata; (b) susunan dinding bata dengan tipe setengah bata.

2.2.2 Bahan pembentuk dinding pengisi

2.2.2.1. Mortar

Mortal adalah campuran yang terdiri dari semen, agregat halus, dan air baik dalam keadaan dikeraskan (SNI 15-2049-2004). Mortar sering digunakan sebagai bahan plesteran yang digunakan dapat bermacam-macam, yaitu tanah liat, kapur, semen Portland (Anggreni et al., 2015)

2.2.2.2. Tulangan Baja

Menurut SNI-07-0663-1995, jaringan kawat baja las (JKBL) untuk tulangan adalah jaringan yang berbentuk segiempat dari kawat hasil penarikan sangkar dan jaringan empat persegi panjang. Kawat-kawat satu sama lain harus saling tegak lurus dan tidak boleh terdapat cacat-cacat yang dapat mengurangi kegunaannya (Anggreni et al., 2015).

2.2.2.3. Batako

Batako merupakan salah satu bahan dinding pengisi yang murah dan relatif kuat. Batako terbuat dari campuran pasir, semen dan air yang dipress dengan ukuran standard.

Batako yang baik adalah yang masing-masing permukaannya rata dan saling tegak lurus serta mempunyai kuat tekan yang tinggi. Persyaratan batako menurut PUBI-(1982) pasal 6 antara lain adalah permukaan batako harus mulus, berumur minimal satu bulan, pada waktu pemasangan harus sudah kering, berukuran lebih kurang 400 mm, lebih kurang 200 mm, dan tebal 100-200 mm, kadar air 25-35% dari berat, dengan kuat tekan antara 2-7 N/m² (Anggreni et al., 2015).

2.2.2.4. Bata merah

Batu bata merah merupakan suatu unsur bangunan yang diperuntukkan untuk pembuatan konstruksi bangunan dan yang dibuat dari tanah dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain, dibakar sampai matang sehingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air. Adapun syarat-syarat batu bata secara visual mempunyai rusuk-rusuk yang tajam dan siku, bidang sisi harus datar, tidak menunjukkan retak-retak dan perubahan bentuk yang berlebihan, tidak mudah hancur atau patah, warna seragam dan berbunyi nyaring bila dipukul. Namun, selain kelebihan bata merah, kekurangan bata merah membutuhkan plesteran yang cukup tebal untuk menghasilkan dinding yang rapid an waktu pemasangan yang lebih lama (Badan Standarisasi Nasional, 2000).

Standar bata merah di Indonesia oleh Y.D.N.I (Yayasan Dana Normalisasi Indonesia) nomor 15-2094-2000 menetapkan ukuran standart untuk bata merah sebagai berikut:

- a. Panjang 240 mm, lebar 115 mm dan tebal 52 mm.
- b. Panjang 230 mm, lebar 110 mm dan tebal 50 mm.

2.2.2.5. Bata ringan

Ada 2 jenis bata ringan yaitu *Aerated Lightweight Concrete* (ALC) atau sering disebut juga *Autoclaved Aerated Concred* (AAC) dan *Cellular lightweight Concrete* (CLC). Bata ringan tipe ACC adalah beton selular yang terdiri dari pasir kwarsa, semen, kapur, sedikit gypsum, air, dan aluminium pasta sebagai bahan pengembang (pengisi udara secara kimiawi) mengakibatkan memiliki gelembung udara dalam campuran tersebut. Bata ringan tipe CLC adalah beton selular yang mengalami proses *curing* secara alami. Bata ringan CLC mirip beton konvensional

tetapi agregat kasar (kerikil) digantikan oleh udara, prosesnya menggunakan busa organik yang sangat stabil dan tidak ada reaksi kimia ketika proses pencampuran adonan (Jusuf et al., 2018).

2.3 Karakteristik material

2.3.1 Beton bertulang

2.3.1.1 Modulus elastisitas

Nilai modulus elastisitas beton (E_c) ditentukan menurut (SNI 03-2847-2019) beton sebagai berikut:

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c}$$

Dimana: E_c = modulus elastisitas beton

f'_c = Mutu beton

2.3.1.2 Hubungan tegangan-regangan

(Mander et al., 1988) mengusulkan hubungan tegangan-regangan parametric dan beton terdiri dari dua bagian, yaitu bagian lengkung (*curved*) dan bagian lurus (*linier*), seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.2. Persamaan untuk bagian lengkung

($\epsilon_c \leq 2\epsilon'_c$):

$$f_c = \frac{f'_c x^r}{r - 1 + x^r}$$

Dengan

$$x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon'_c}$$

$$r = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_c - \frac{f'_c}{\epsilon'_c}}$$

Persamaan ($2\epsilon'_c < \epsilon_c \leq \epsilon_u$):

$$f_c = \left(\frac{2f'_c r}{r - 1 + 2^r} \right) \left(\frac{\epsilon_u - \epsilon_c}{\epsilon_u - 2\epsilon'_c} \right)$$

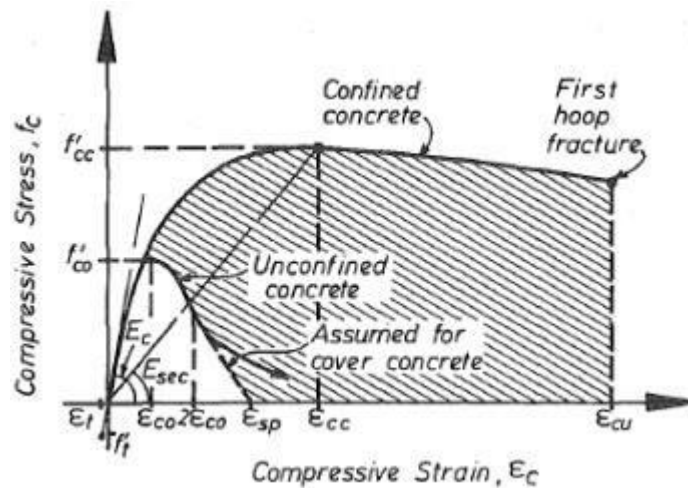
Dimana:

f_c = tegangan beton

ϵ_c = regangan beton

ϵ'_c =regangan beton saat kuat tekan puncak (f'_c)

ϵ_u = regangan ultimit beton



Gambar 2.2: Bentuk kurva tegangan-regangan untuk beton (Mander et al., 1988).

2.3.2 Pasangan dinding bata

2.3.2.1 Modulus elastisitas

Modulus elastisitas (Paulay, 1992) merekomendasikan nilai modulus elastisitas (ϵ_m) untuk pasangan dinding bata sebagai berikut:

$$\epsilon_m = 750f'_m$$

Dimana:

ϵ_m = modulus elastisitas pasangan dinding bata.

f'_m = kuat tekan puncak pasangan dinding bata.

2.3.2.2 Poisson's ratio

Poisson's ratio adalah perbandingan regangan arah lateral dengan regangan arah longitudinal dan dinyatakan dengan huruf Yunani ν (nu). Chen (2003) merekomendasikan nilai *poisson's ratio* untuk pasangan dinding bata sebesar 0.15.

2.3.2.3 Tegangan dinding pengisi

Tegangan pada dinding pengisi meliputi tegangan geser, tegangan tarik dan tegangan tekan. Ketiga jenis tegangan jenis ini dapat menimbulkan kegagalan pada dinding pengisi berupa kegagalan geser, kegagalan tarik diagonal dan kegagalan tekan diagonal. Sehingga dalam perencanaanya dinding pengisi harus dapat menahan ketiga jenis kegagalannya yang diakibatkan beban yang terjadi pada struktur rangka.

1. Tegangan geser

Kegagalan geser yang terjadi pada dinding pengisi berkaitan dengan tegangan geser yang terdapat pada dinding ketika struktur tersebut menerima gaya lateral. Pada analisis model elemen diperoleh bahwa nilai tegangan geser kritis terjadi pada bagian tengah dinding pengisi (Smith, and Coull, 1991). Nilai tegangan geser empiris dirumuskan sebagai berikut:

$$\tau_{xy} = \frac{1.43Q}{Lt}$$

Dengan Q : Gaya horizontal struktur rangka

L : Panjang dinding pengisi struktur

t : Tebal dinding pengisi

FEMA-273 dalam (Bell & Davidson, 2001) menyebutkan bahwa walaupun tegangan geser pada dinding pengisi melampaui kuat geser yang diijinkan namun dinding pengisi tersebut tetap mampu menahan geser yang diijinkan namun dinding pengisi tersebut tetap mampu menahan geser sampai empat kali tegangan ijin. Dinding pengisi yang menerima beban geser yang kuat akan mengalami keretakan namun masih mampu menahan geser struktur untuk memperlambat deformasi yang terjadi.

2. Tegangan tarik

Tegangan tarik diagonal dipengaruhi oleh jenis dinding pengisi yang digunakan. Tegangan ini juga dipengaruhi oleh kekakuan struktur rangka karena terjadi dibagian pojok bawah dan tengah dinding pengisi (Smith, and Coull, 1991).

Keruntuhan tarik diagonal pada dinding pengisi berkaitan dengan tegangan tarik diagonal maksimum yang terjadi pada dinding. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan (Smith, and Coull, 1991) tegangan tarik diagonal dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\delta d = \frac{0.58Q}{Lt}$$

Dengan Q : Gaya horizontal struktur rangka

L : Panjang dinding pengisi struktur

t : Tebal dinding pengisi

Besarnya kuat tarik diagonal dinding pengisi belum dapat dipastikan sehingga masih dalam batas pendekatan yang tetap dapat digunakan sebagai pedoman dalam menganalisis tegangan tarik dinding pengisi (Smith, and Coull, 1991).

3. Tegangan tekan

Kolom yang lebih kaku menyebabkan tekanan gaya lateral pada kolom menjadi semakin luas sehingga tekanan yang terjadi pada dinding pengisi lebih kecil (Smith, and Coull, 1991). Pada penelitian tersebut diperoleh jika keruntuhan pada dinding pengisi didekat kolom. Tegangan tekan pada dinding pengisi secara empiris dirumuskan sebagai berikut:

$$\delta d = \frac{\frac{h}{l} (0.8 - 0.2) Q}{Lt}$$

Dengan Q : Gaya horizontal struktur rangka

L : Panjang dinding pengisi struktur

t : Tebal dinding pengisi

h : Tinggi dinding

2.4 Pemodelan

Analisis pemodelan untuk struktur bangunan yang tinggi bergantung pada beberapa keadaan dan pendekatan yang berhubungan dengan tipe dan ukuran struktur dan banyaknya tingkat dalam desain rancangan. Pemodelan struktur berkembang dengan cepat seiring dengan dukungan teknologi computer yang

semakin canggih. Kemudahan yang diberikan dalam pemodelan struktur dengan computer dapat mempercepat proses perhitungan, sehingga yang menjadi focus para perancang bangunan adalah bagaimana cara menginterpestasikan permasalahan yang ada ke dalam model struktur yang dapat diproses computer. Menurut (Smith, and Coull, 1991) dijelskan bahwa pendekatan dalam pemodelan dibagi menjadi tiga analisis pendahuluan, analisis menengah dan final serta pendekatan gabungan untuk analisis pendahuluan dan final.

2.4.1 Analisis pendahuluan

Analisis pendahuluan biasanya dilakukan pada tahap awal. Perhitungan analisis dilakukan untuk menentukan dimensi struktur agar didapat seproporsional dan seefektif mungkin. Maka dari itu analisis ini mentut kecepatan dari prosesnya sehingga pada pelaksanaannya tidak memodelkan struktur secara mendetail. Pemodelan dengan cara ini memiliki simpangan sekitar 15% dari analisis yang lebih detail (Smith, and Coull, 1991).

2.4.2 Analisis menengah dan final

Analisis ini dilakukkan dengan momodelkan struktur secara apa adanya dengan menekankan hasil yang didapat harusla seakurat mungkin. Sehingga model yang akan dibuat menjadi detail sebagaimana kamampuan program yang digunakan untuk mengerjakannya. Kelemahan dari cara ini berada pada waktu pengerjaanya. Semakin kompleks suatu model yang dibuat, semakin banyak parameter yang harus diperhitungkan, dan semakin lama pula proses analisisnya. Bahkan dengan dengan seakin rumit perhitungan yang dilakukan, resiko terjadinya kesalahan juga semakin besar.

2.4.3 Pendekatan gabungan untuk analisis pendahuluan dan final

Ketika sebuah struktur dimodel dengan sangat detail sehingga kinerja program menjadi sangat berat, maka dapat menggunakan cara analisis pendekatan. Analisis ini bertujuan untuk membuat model yang lebih sederhana namun tetap menghasilkan analisis yang cukup akurat.

Caranya adalah dengan menyederhanakan bentuk dari suatu elemen namun tidak menghilangkan kontribusinya dalam mempengaruhi perilaku struktur secara keseluruhan.

2.5 Elemen frame

(Dewobroto, 2004) menjelaskan bahwa elemen frame pada sap 2000 telah disiapkan untuk memodelkan struktur yang dapat diidealisasikan sebagai rangka (elemen garis atau elemen satu dimensi) dalam orientasi ruang/3D. *degree of freedom* (d.o.f) adalah jumlah derajat kebebasan suatu titik nodal untuk mengalami deformasi yang dapat berupa translasi (perpindahan) maupun rotasi (perputaran) terhadap tiga sumbu pada orientasi ruang/3D.

2.6 Elemen gap

(Dewobroto, 2004) menjelaskan dalam pemodelan struktur, pada program SAP 2000 menyediakan berbagai macam elemen-elemen penghubung yang dapat digunakan. Salah satu yang digunakan dalam penelitian ini adalah elemen gap. Elemen ini umumnya digunakan untuk menunjukkan hubungan antara dua elemen struktur yang berbeda dan menyalurkan hubungan gaya antar keduanya. Misalnya antara elemen frame dengan elemen shell. Elemen gap ini mempunyai kekakuan yang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

- $K_i = E_i \times t$
- $K_g = 0.0378 K_i + 347$

2.7 Elemen Shell

(Dewobroto, 2004) menjelaskan bahwa elemen shell dapat disederhanakan menjadi elemen membrane dan elemen pelat. Elemen membrane hanya memperhitungkan gaya-gaya sebidang atau momen drilling (momen yang berputar pada sumbu tegak lurus arah bidangnya). Sedangkan elemen pelat hanya memperhitungkan momen dan gaya transversal yang dihasilkan oleh gaya-gaya yang bekerja tegak lurus elemen bidang tersebut.

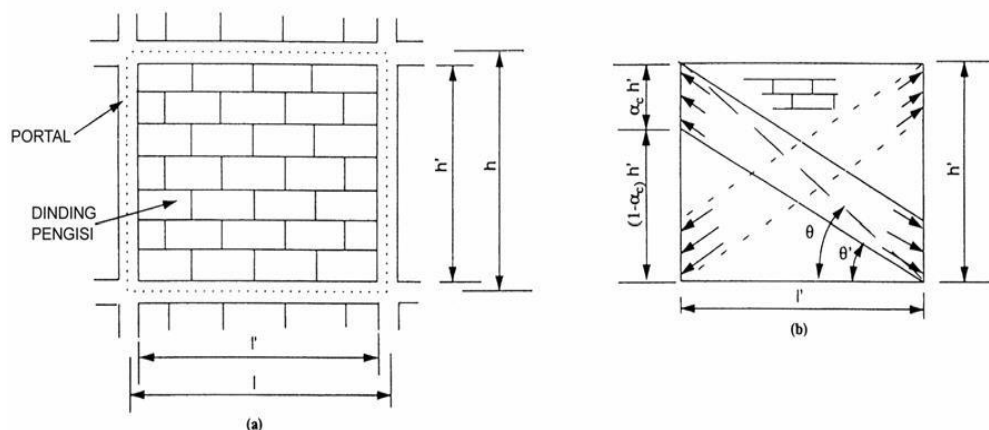
2.8 Diagonal Strut

Diagonal tekan ekivalen diagonal strut adalah metode untuk analisa inelastic portal isi yang diajukan (Saneinejad & Hobbs, 1995).

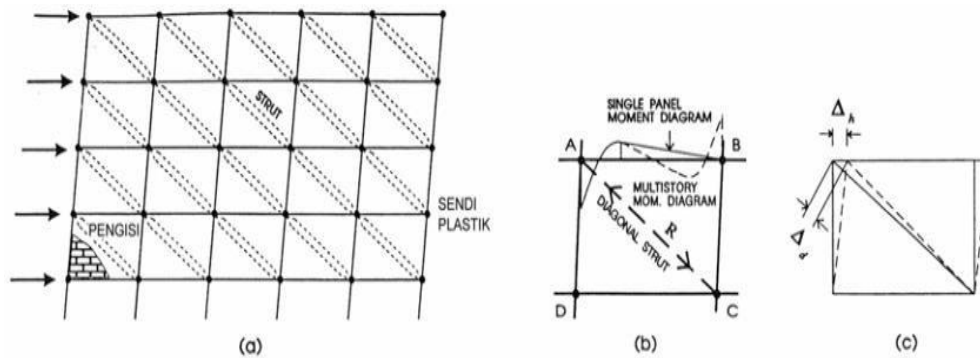
Portal isi dapat dianggap sebagai portal tidak bergoyang (*brace framed*), dimana dinding pengisi akan berfungsi sebagai diagonal tekan ekivalen (*equivalent diagonal strut*)

Diagonal tekan hanya kuat terhadap gaya tekan saja. Pengaruh beban lateral bolak-balik akibat gempa dapat diatasi dengan terbentuknya diagonal tekan pada arah lain yang juga mengalami tekan. Apabila properti mekanika (luas penampang, A_d dan modulus elastisitas, E_d) dari diagonal tekan ekivalen dapat dicari maka portal isi dapat dianalisis sebagai “portal terbuka dengan diagonal tekan ekivalen”, tentu saja “diagonal” harus ditempatkan sedemikian agar hanya mengalami tekan saja. Properti mekanik yang dicari dengan metode tersebut didasarkan pada kondisi keruntuhan yang bersifat non-linier dan sekaligus diperoleh juga resistensi atau kuat nominal dari diagonal tekan ekivalen.

Dengan konsep perencana berbasis kuat batas atau bebann terfaktor, selanjutnya portal berpenopang ekivalen (*equivalent braced frame*) dapat dianalisis dengan cara manual atau *computer* sebagai portal berpenopang biasa (*ordinary braced frame*). Gaya-gaya pada diagonal tekan ekivalen hasil analisis selanjutnya dibandingkan dengan kuat nominal yang dipunyainya dan dievaluasi, bila perlu dapat dilakukan perubahan geometri dan dianalisis ulang. Demikian seterusnya sampai diperoleh konfigurasi yang baik (Dewobroto, 2005).



Gambar 2.3: a) Portal isi; b) Penopang diagonal bolak-balik (Dewobroto, 2005).



Gambar 2.4: portal berpenopang ekivalen, keterangan: (a) model portal pada kondisi beban puncak/ultimate; (b) distribusi momen pada portal; (c) deformasi lateral (Dewobroto, 2005).

2.8.1 Asumsi dasar

Untuk mendapatkan properti mekanik dari diagonal tekan ekivalen yang bersifat *lower-bound* yang konsisten dan rasional, (Saneinejad & Hobbs, 1995) berdasarkan test percobaan dan penelitian analitis “m.e.h” mengambil asumsi berikut sebagai dasarnya:

1. Deformasi lateral terjadi sebanding dengan besarnya beban lateral yang ada sampai suatu batas dimana dinding pengisi secara bertahap hancur dan kekuatannya akan drop akibat daktilitas dinding yang terbatas. ada tiga mode kehancuran yang teridentifikasi secara jelas pada portal isi akibat pembebanan lateral, yaitu:

- *Corner Crushing* (CC): bagian sudut hancur, minimal salah satu ujung diagonal.
- *Diagonal Compression* (DC): dinding pengisi hancur pada bagian tengah diagonal.
- *Shear* (S): keruntuhan geser arah horizontal pada nat sambungan dinding.

Timbul retak diagonal sejajar arah gaya bukan indikasi kehancuran tetapi hanya digunakan sebagai persyaratan batas untuk kondisi layan.

2. panjang blok tegangan desak yang diusulkan tidak lebih dari 0.4 tinggi panel pengisi:

$$\alpha_c h \leq 0,4 h' \text{ dan } \alpha_b l \leq 0,4 l' \dots \dots (1)$$

Dimana α adalah presentase panjang bidang kontak dari tinggi atau lebar panel, sub-skrip c = kolom dan b = balok. Notasi h atau l untuk jarak as-ke-as portal; sedangkan h' dan l' adalah jarak bersih panel, terlihat seperti Gambar 2.3.

3. Interaksi panel/dinding pengisi dengan portal ditunjukkan dengan besarnya gaya geser yang diperoleh dari rumus berikut:

$$F_c = \mu r^2 c_c \text{ dan } F_b = \mu r c_b \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

μ = koefisien gesek panel-portal

C = gaya normal pada bidang kontak

F = gaya geser seperti Gambar 2.4; subskrip

c = kolom dan b = balok; $r=h/l < 1,0$.

4. Terjadinya sendi plastis pada bagian sudut yang dibebani umumnya terjadi pada beban puncak (*peak load*) dan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$M_A = M_C = M_{pj} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana M_A dan M_C = bending momen pada sudut yang dibebani (titik A dan C pada Gambar 2.13). M_{pj} = tahanan momen plastis paling kecil dari balok, kolom atau sambungan, disebut dengan joint plastic resisting moment.

5. Karena dinding pengisi mempunyai daktilitas yang terbatas, maka deformasi portal pada beban puncak juga terbatas kecuali pada bagian sudut yang dibebani, dengan demikian portal masih dalam kondisi elastis.

$$M_B = M_D = M_j < M_{pj} \dots\dots\dots (4)$$

$$M_c = \beta_c M_{pc} \text{ dan } M_b = \beta_b M_{pb} \dots\dots (4a, b)$$

Dimana M_B dan M_D = bending momen pada sudut yang tidak dibebani (titik B dan D pada Gambar 2.13); M_j = merujuk pada salah satu nilai tersebut; M_c dan M_b = momen elastis terbesar yang ada pada kolom (c) dan balok (b); M_{pc} dan M_{pb} = tahanan momen plastis dari kolom dan balok. Saneinejad dan Hobb, (1995) menetapkan:

$$\beta_c \leq \beta_0 = 0,2 \text{ dan } \beta_b \leq \beta_0 = 0,2 \dots\dots\dots (5)$$

Dimana β_0 = nominal atau batas atas (*upper-bound*), nilai dari faktor reduksi β .

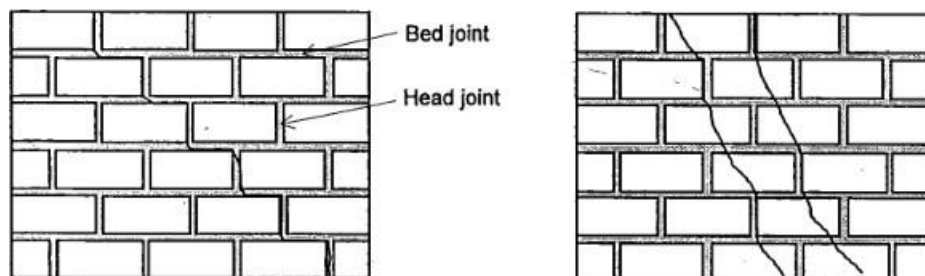
2.9 Perilaku struktur rangka dengan dinding pengisi akibat beban lateral

Struktur rangka dengan dinding pengisi merupakan struktur dengan perilaku komposit. Dalam menahan gempa, kekakuan lateral dan kekuatan dari struktur tersebut sangat bergantung dari sifat-sifat struktur rangka, dinding pengisi, dan kekakuan relative kedua komponen tersebut. Selain dapat meningkatkan kekakuan, aksi bracing in-plane pada masonry juga dapat mengurangi deformasi lateral dan mengubah perilaku dinamis. Hal tersebut karena system tersebut mampu 13 memencarkan energy melalui friksi dan slip pada pertemuan struktur. Priesley dan calvi dalam (Crisafulli, 1997).

Menyatakan retak akibat tarik diagonal merupakan kegagalan. Dikatakan sebagai kegagalan struktur karena dikhawatirkan dinding tersebut runtuh akibat beban muka.

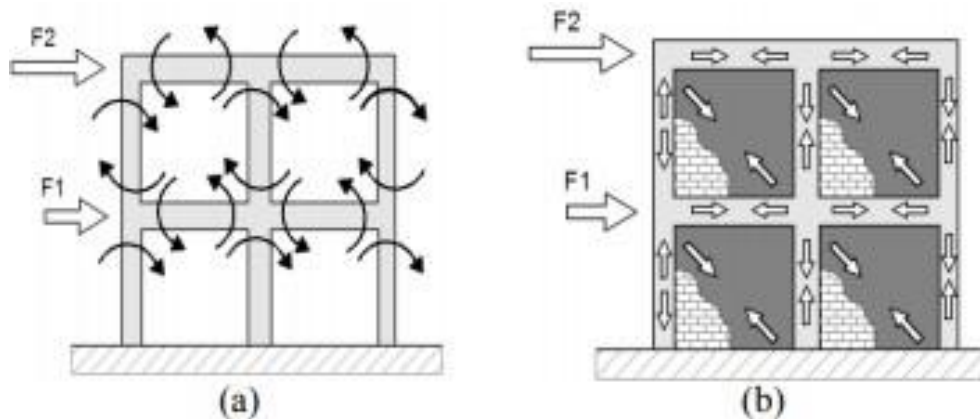
Peninjauan terhadap kekuatan geser dan kekuatan tarik dinding pengisi diperlukan saat dinding dibebani gaya lateral akibat gempa. Perilaku panel pengisi dipengaruhi oleh respon getas unit masonry terhadap beban tarik dan kekuatan mortal. Karena itu mode keruntuhan yang biasanya terjadi adalah:

1. Keruntuhan geser friksi, yaitu kegagalan dinding pengisi akibat ketidaklekatan atau geser pada bed joint yang terjadi pada tingkat tegangan normal rendah. Keretakan akan timbul secara bertahap seperti gambar dibawah (a)
2. Kegagalan diagonal tarik terjadi pada tegangan normal yang cukup tinggi. Keretakan terjadi pada head joint dan memlalui bata tampak pada gambar
3. Kegagalan diagonal tekan akibat timbul tegangan normal yang sangat tinggi bila dibandingkan dengan tegangan geser (b).



Gambar 2.5: (a) keretakan diagonal bertahap; (b) kegagalan geser (Crisafulli, 1997).

(Tanjung, 2016) melakukan penelitian eksperimental terhadap struktur portal tunggal beton bertulang yang diisi dinding bata merah serta diberikan beban lateral. Ketika dinding bata didesain sebagai elemen struktur, maka mekanisme transfer beban akan berubah dari sistem transfer portal menjadi sistem transfer rangka batang seperti Gambar 2.6 berikut ini:



Gambar 2.6: Perilaku bingkai di bawah beban lateral: (a) rangka kosong, aksi rangka utama; (b) rangka isi, aksi rangka utama (Nicola et al., 2015).

Dengan melihat perpindahan yang terjadi diperoleh bahwa kekakuan dinding pengisi lebih tinggi dari kekakuan portal terbuka. Perpindahan dinding pengisi 52.5% lebih tinggi dari portal terbuka.

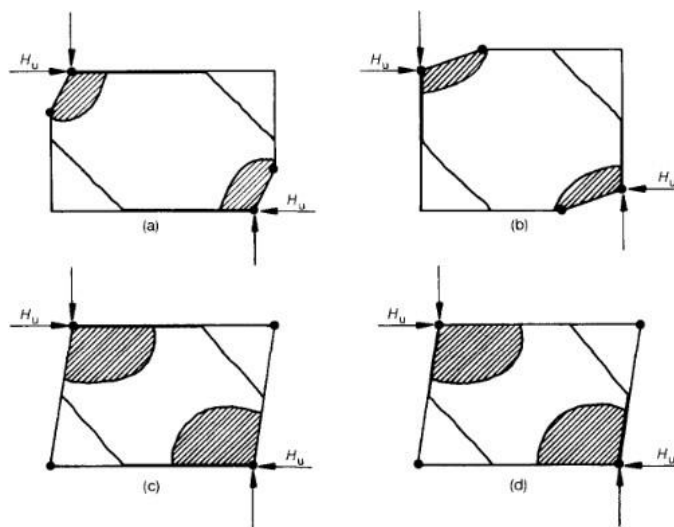
2.10 Ragam Kegagalan Struktur Rangka dengan Dinding Pengisi

Menurut (Dewobroto, 2005), meskipun dikategorikan sebagai komponen non struktural, tetapi dinding bata memiliki kecenderungan berinteraksi dengan portal yang ditempatinya terutama bila ada beban lateral akibat gempa yang besar. Pemodelan dinding pengisi bata menurut Siregar (2010), terdapat dua metode; *Diagonal Compression Strut* serta *Continuum model*.

Kegagalan yang terjadi pada suatu struktur rangka dengan dinding pengisi dipengaruhi oleh perbandingan tinggi dan bentang dinding serta kekakuan relative komponen struktur rangka dan dinding pengisi. (Takim Andriono & Gideon Hadi Kusuma, 2000) pada studinya melakukan tinjauan atas pembatasan tersebut dengan memperhatikan kondisi tembok pengisi saat menagalami kegagalan (runtuh), kemudian mengevaluasi sampai sejauh mana keoptimalan tembok pengisi

yang direncanakan berdasarkan pembatasan tersebut menerima beban muka akibat gempa kuat.

(Liauw dan Kwan, 1983) mengklarifikasi ragam-ragam kegagalan dasar menjadi 3 kelompok dan kemudian mengusulkan suatu konsep perencanaan berdasarkan rencana rantai per-lantai dengan asumsi bahwa struktur tidak akan mengalami keruntuhan selama gaya geser pada lantai yang bersesuaian tidak melebihi gaya geser ultimit, H_u . Klasifikasi ragam-ragam kegagalan dan gaya geser lantai ultimit, H_u , yang diusulkan oleh (Liauw dan Kwan, 1983) tersebut adalah:



Gambar 2.7: Klasifikasi Ragam Kegagalan (Liauw dan Kwan, 1983).

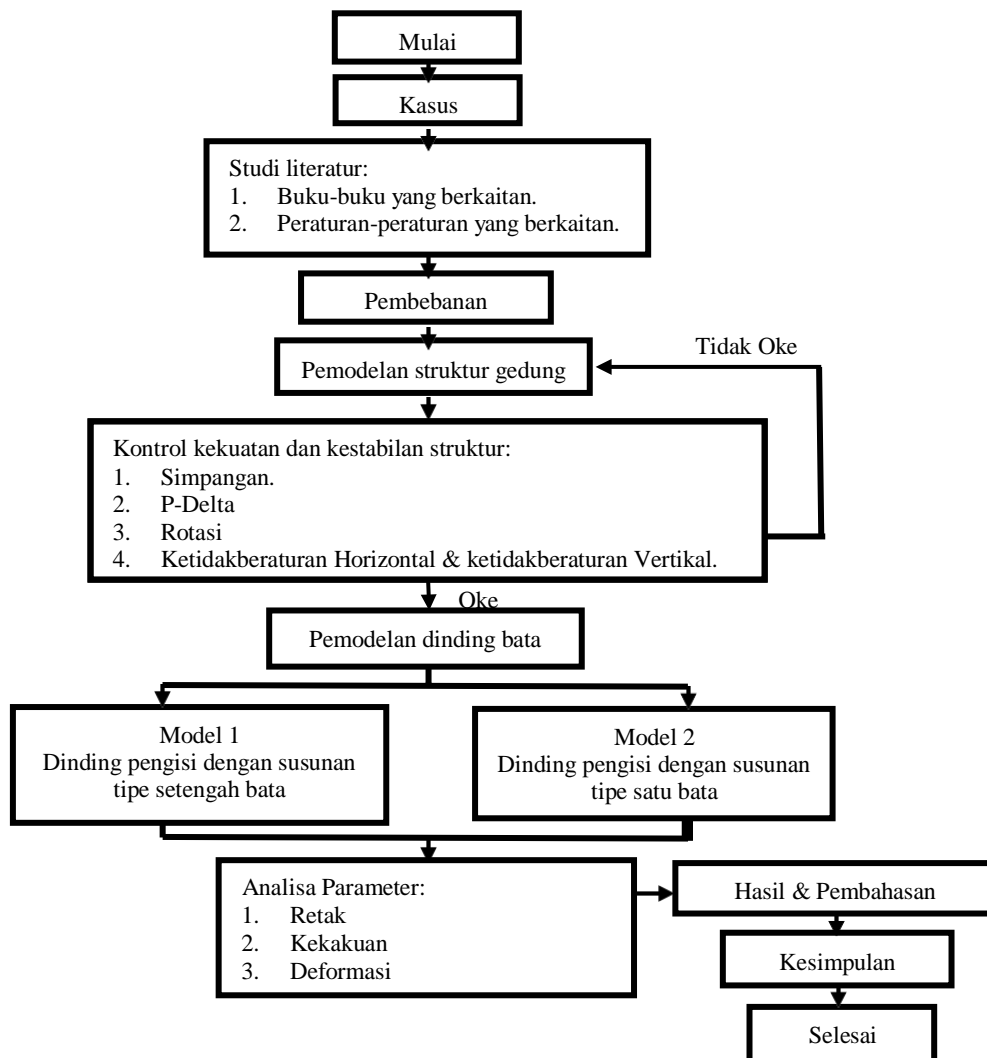
1. Ragam (a): keremukan ujung dengan kegagalan pada kolom. Pada ragam ini ujung tekan dinding pengisi mengalami kerumukan dan terbentuk sendi plastis pada ujung yang terbebani dan kolom.
2. Ragam (b): keremukan ujung dengan kegagalan pada balok. Pada ragam ini ujung tekan dinding pengisi mengalami kerumukan dan sendi plastis terbentuk pada ujung yang terbebani dan pada balok.
3. Ragam (c) dan (d): keremukan diagonal. Pada ragam kegagalan ini ujung tekan dinding pengisi mengalami keremukan lebih dahulu, kemudian menjalar ke bagian tengah dinding pengisi diikuti terjadinya sendi plastis pada kolom balok, atau daerah sekitar pertemuan antara balok dan kolom.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode penelitian

Bab ini berisi tentang pemodelan pada dinding pengisi yang direncanakan guna untuk melihat perilaku dinding yang direncanakan. Secara umum, metode penelitian dalam Tugas Akhir ini dibuat dalam suatu bagan alir seperti yang tampak pada Gambar 3.1 berikut ini:



Gambar 3.1: Bagan alir.

3.2. Pembebanan pada struktur gedung

Perhitungan pada struktur gedung berpedoman dalam peraturan PPPURG (1987) untuk beban mati, SNI 1726 (2019) untuk beban gempa, dan RSNI 1727 (2018) untuk beban angin dan kombinasi beban.

3.2.1. Beban mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung 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 berat derek dan sistem pengangkut material RSNI 1727 (2018). Berat sendiri elemen struktur dihitung secara otomatis oleh *software computer*, sedangkan beban mati tambahan dihitung secara manual kemudian dimasukkan ke dalam program dan berdasarkan PPPURG (1987). Beban mati yang digunakan dalam struktur gedung ini terdapat pada lampiran 1.

3.2.2. Beban hidup

Beban hidup merupakan beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung dan barang-barang yang dapat berpindah, seperti mesin dan peralatan lain yang dapat digantikan selama umur gedung RSNI 1727 (2018). Pada struktur gedung ini difungsikan sebagai ruko atau toko. Beban hidup yang digunakan dalam struktur gedung ini terdapat pada lampiran 1.

3.2.3. Beban angin

Beban angin merupakan beban yang berasal dari alam itu sendiri. Beban angin sangat penting untuk diperhitungkan dalam struktur gedung RSNI 1727 (2018). Untuk data kecepatan angin didapat dari BPS (Badan Pusat Statistik) untuk daerah Aceh memiliki kecepatan angin 10.44 Km/Jam. Beban hidup yang digunakan dalam struktur gedung ini terdapat pada lampiran 3.

3.2.4. Beban gempa

Besarnya beban gempa dalam penelitian ini akan dianalisis dengan analisis spektrum respon ragam sesuai dengan SNI 1726 (2019) menggunakan *software computer* dan dapat dilihat pada lampiran 2.

3.2.5. Kombinasi Beban

Kombinasi beban dihitung berdasarkan RSNI 1727 (2018) tentang beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. Kombinasi beban yang digunakan dalam struktur gedung ini sebagai berikut:

- $1,4D$
- $1,2D + 1,6L$
- $1,2D + L$
- $1,2D + 0,5W$
- $1,2D + W + L$
- $0,9D + W$
- $1,4D + L + 0,39Ex + 1,3Ey$
- $1,4D + L + 0,39Ey + 1,3Ex$
- $0,7D + 0,39Ex + 1,3Ey$
- $0,7D + 0,39Ey + 1,3Ex$

Ket:

D = Beban mati

L = Beban hidup

W = Beban angin

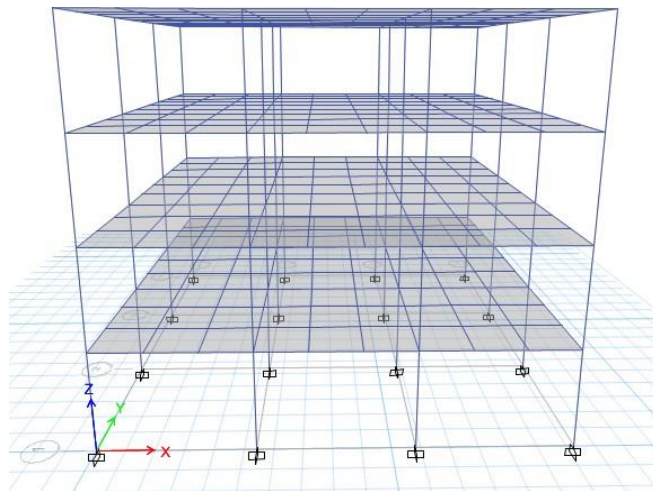
Ex = Beban gempa arah X

Ey = Beban gempa arah Y

3.3. Pemodelan struktur gedung

Struktur gedung dengan pemodelan 3D dan data struktur gedung yang digunakan dalam analisis ini antara lain:

- Fungsi Bangunan : Ruko (Toko)
- Tinggi Bangunan : 16 m
- Tinggi antar lantai : 4 m
- Lebar bangunan : 18 m
- Jumlah lantai : 4 Lantai (16 m)
- Lokasi : Aceh Tengah
- Material : Beton Bertulang
- Mutu Beton (f_c') : 30 MPa
- Mutu Baja Tul. Pokok, f_y : 400 MPa
- Mutu Baja Tul. Sengkang, f_y : 240 MPa
- Tebal Pelat Lantai : 12 cm
- Tebal Pelat Lantai Atap : 12 cm
- Jenis Struktur : Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)



Gambar 3.2: Pemodelan 3D portal terbuka.

3.4. Pengecekan struktur gedung

3.4.1. Simpangan antarlantai

Penentuan simpangan antartingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan simpangan pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat SNI 1726 (2019).

Simpangan antar tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin (Δ_a). pengecekan simpangan antartingkat pada struktur gedung ini dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 berikut ini:

Tabel 3.1: Pengecekan simpangan antartingkat arah X.

| Story | Load Case/Combo | delta Total | delta xe | cd | delta x | Tinggi Tingkat | Delta Izin | Delta izin /redudansi | Cek |
|-------|-----------------|-------------|----------|-----|---------|----------------|------------|-----------------------|-----|
| 1 | Ex Max | 25.97 | 5.217 | 5.5 | 28.7 | 4000 | 61.5 | 47.34 | OK |
| 3 | Ex Max | 20.75 | 7.467 | 5.5 | 41.1 | 4000 | 61.5 | 47.34 | OK |
| 2 | Ex Max | 13.28 | 8.254 | 5.5 | 45.4 | 4000 | 61.5 | 47.34 | OK |
| 1 | Ex Max | 5.032 | 5.032 | 5.5 | 27.7 | 4000 | 61.5 | 47.34 | OK |

Table 3.2: Pengecekan simpangan antartingkat arah Y.

| Story | Load Case/Combo | delta Total | delta xe | cd | delta x | Tinggi Tingkat | Delta Izin | Delta izin /redudansi | Cek |
|-------|-----------------|-------------|----------|-----|---------|----------------|------------|-----------------------|-----|
| 1 | Ey Max | 25.97 | 5.217 | 5.5 | 28.7 | 4000 | 61.5 | 47.34 | OK |
| 3 | Ey Max | 20.75 | 7.467 | 5.5 | 41.1 | 4000 | 61.5 | 47.34 | OK |
| 2 | Ey Max | 13.28 | 8.254 | 5.5 | 45.4 | 4000 | 61.5 | 47.34 | OK |
| 1 | Ey Max | 5.032 | 5.032 | 5.5 | 27.7 | 4000 | 61.5 | 47.34 | OK |

3.4.2. P-delta

Berdasarkan SNI 1726 (2019) pengaruh P-delta pada geser tingkat dan momen, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar tingkat yang diakibatkannya tidak perlu diperhitungkan bila koefisien stabilitas (θ) seperti ditentukan oleh persamaan berikut sama dengan atau kurang dari 0,10. pengecekan P-delta pada struktur gedung ini dapat dilihat pada tabel 3.3, dan tabel 3.4 berikut ini:

Table 3.3: Pengecekan P-delta arah X.

| Story | Px | Delta | Ie | Vx | hsx | Cd | Teta | Cek |
|-------|------------|-------|----|----------|------|-----|--------|-----|
| 4 | 5129.0185 | 28.7 | 1 | 619.9228 | 4000 | 5.5 | 0.0108 | OK |
| 3 | 11789.2465 | 41.1 | 1 | 1226.937 | 4000 | 5.5 | 0.0179 | OK |

Tabel 3.3: *Lanjutan.*

| Story | Px | Delta | Ie | Vx | hsx | Cd | Teta | Cek |
|-------|------------|-------|----|----------|------|-----|--------|-----|
| 2 | 18690.4734 | 45.4 | 1 | 1643.523 | 4000 | 5.5 | 0.0235 | OK |
| 1 | 25980.5003 | 27.7 | 1 | 1851.193 | 4000 | 5.5 | 0.0177 | OK |

Table 3.4: Pengecekan P-delta arah Y.

| Story | Py | Delta | Ie | Vy | hsy | Cd | Teta | Cek |
|-------|------------|-------|----|----------|------|-----|--------|-----|
| 4 | 5129.0185 | 28.7 | 1 | 619.9228 | 4000 | 5.5 | 0.0108 | OK |
| 3 | 11789.2465 | 41.1 | 1 | 1226.937 | 4000 | 5.5 | 0.0179 | OK |
| 2 | 18690.4734 | 45.4 | 1 | 1643.523 | 4000 | 5.5 | 0.0235 | OK |
| 1 | 25980.5003 | 27.7 | 1 | 1851.193 | 4000 | 5.5 | 0.0177 | OK |

3.4.3. Torsi

Berdasarkan SNI 1726 (2019) torsi memiliki dua hal yakni torsi bawaan dan torsi tak terduga. pengecekan torsi pada struktur gedung ini dapat dilihat pada tabel 3.5, tabel 3.6, tabel 3.7, dan tabel 3.8 adalah sebagai berikut ini:

Table 3.5: Torsi pada arah X + eksentrisitas.

| Arah X + Ecc | | | | |
|--------------|------------|------------|-------|-----|
| Story | Maximum mm | Average mm | Ratio | Cek |
| Atap | 28.711 | 26.585 | 1.08 | OK |
| 3 | 22.823 | 21.12 | 1.081 | OK |
| 2 | 14.536 | 13.44 | 1.081 | OK |
| 1 | 5.492 | 5.071 | 1.083 | OK |

Table 3.6: Torsi pada arah X - eksentrisitas.

| Arah X - Ecc | | | | |
|--------------|------------|------------|-------|-----|
| Story | Maximum mm | Average mm | Ratio | Cek |
| Atap | 28.711 | 26.585 | 1.08 | OK |
| 3 | 22.823 | 21.12 | 1.081 | OK |
| 2 | 14.536 | 13.44 | 1.081 | OK |
| 1 | 5.492 | 5.071 | 1.083 | OK |

Table 3.7: Torsi pada arah Y + eksentrisitas.

| Arah Y + Ecc | | | | |
|--------------|------------|------------|-------|-----|
| Story | Maximum mm | Average mm | Ratio | Cek |
| Atap | 28.711 | 26.585 | 1.08 | OK |
| 3 | 22.823 | 21.12 | 1.081 | OK |
| 2 | 14.536 | 13.44 | 1.081 | OK |
| 1 | 5.492 | 5.071 | 1.083 | OK |

Table 3.8: Torsi pada arah Y - eksentrisitas.

| Arah Y - Ecc | | | | |
|--------------|------------|------------|-------|-----|
| Story | Maximum mm | Average mm | Ratio | Cek |
| Atap | 28.711 | 26.585 | 1.08 | OK |
| 3 | 22.823 | 21.12 | 1.081 | OK |
| 2 | 14.536 | 13.44 | 1.081 | OK |
| 1 | 5.492 | 5.071 | 1.083 | OK |

3.4.4. Ketidakberaturan horizontal

Berdasarkan SNI 1726 (2019), tipe dari ketidakberaturan torsi yang ditentukan berdasarkan defleksi maksimum (δ_{max}) dan defleksi rata-rata (δ_{avg}):

1. Dikatakan tanpa ketidakberaturan torsi apabila ada jika simpangan antar tingkat maksimum, yang dihitung termasuk torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$, di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah kurang dari 1,2 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur ($\delta_{max} < 1.2 \delta_{avg}$).
2. Dikatakan 1a apabila ada jika simpangan antar tingkat maksimum, yang dihitung termasuk torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$, di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,2 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur ($\delta_{max} > 1.2 \delta_{avg}$).
3. Dikatakan 1b apabila ada jika simpangan antar tingkat maksimum yang dihitung termasuk akibat torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$, di salah satu

ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,4 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur ($\delta_{max} > 1.4 \delta_{avg}$).

Pengecekan ketidakberaturan torsi pada struktur gedung ini dapat dilihat pada Tabel 3.9, Tabel 3.10, Tabel 3.11, dan Tabel 3.12 adalah sebagai berikut ini:

Table 3.9: Ketidakberaturan horizontal 1a dan 1b arah X+ eksentrisitas.

| EQx + Ecc | Story | Maximum mm | Average mm | 1.2 x Average | 1.4 x Average | Ketidak beraturan 1a | Ketidak beraturan 1b |
|-----------------|-------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Atap | 28.711 | 26.585 | 31.902 | 37.219 | Tidak Ada | Tidak Ada |
| | 3 | 22.823 | 21.12 | 25.344 | 29.568 | Tidak Ada | Tidak Ada |
| | 2 | 14.536 | 13.44 | 16.128 | 18.816 | Tidak Ada | Tidak Ada |
| | 1 | 5.492 | 5.071 | 6.0852 | 7.0994 | Tidak Ada | Tidak Ada |

Table 3.10: Ketidakberaturan horizontal 1a dan 1b arah X – eksentrisitas.

| EQx - Ecc | Story | Maximum mm | Average mm | 1.2 x Average | 1.4 x Average | Ketidak beraturan 1a | Ketidak beraturan 1b |
|-----------------|-------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Atap | 28.711 | 26.585 | 31.902 | 37.2 19 | Tidak Ada | Tidak Ada |
| | 3 | 22.823 | 21.12 | 25.344 | 29.568 | Tidak Ada | Tidak Ada |
| | 2 | 14.536 | 13.44 | 16.128 | 18.816 | Tidak Ada | Tidak Ada |
| | 1 | 5.492 | 5.071 | 6.0852 | 7.0994 | Tidak Ada | Tidak Ada |

Table 3.11: Ketidakberaturan horizontal 1a dan 1b arah Y + eksentrisitas.

| EQy + Ecc | Story | Maximum mm | Average mm | 1.2 x Average | 1.4 x Average | Ketidak beraturan 1a | Ketidak beraturan 1b |
|-----------------|-------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Atap | 28.711 | 26.585 | 31.902 | 37.219 | Tidak Ada | Tidak Ada |
| | 3 | 22.823 | 21.12 | 25.344 | 29.568 | Tidak Ada | Tidak Ada |
| | 2 | 14.536 | 13.44 | 16.128 | 18.816 | Tidak Ada | Tidak Ada |
| | 1 | 5.492 | 5.071 | 6.0852 | 7.0994 | Tidak Ada | Tidak Ada |

Table 3.12: Ketidakberaturan horizontal 1a dan 1b arah Y - eksentrisitas.

| EQy - Ecc | Story | Maximum mm | Average mm | 1.2 x Average | 1.4 x Average | Ketidak beraturan 1a | Ketidak beraturan 1b |
|-----------------|-------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Atap | 28.711 | 26.585 | 31.902 | 37.219 | Tidak Ada | Tidak Ada |
| | 3 | 22.823 | 21.12 | 25.344 | 29.568 | Tidak Ada | Tidak Ada |
| | 2 | 14.536 | 13.44 | 16.128 | 18.816 | Tidak Ada | Tidak Ada |
| | 1 | 5.492 | 5.071 | 6.0852 | 7.0994 | Tidak Ada | Tidak Ada |

Dilihat pada tabel diatas terlihat bahwa simpangan antar tingkat maksimum, yang dihitung termasuk torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$, di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah kurang dari 1,2 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur dan kurang dari 1,4 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur, sehingga struktur bangunan tersebut termasuk kategori tanpa ketidakberaturan torsi.

3.4.5. Ketidakberaturan Vertikal

Berdasarkan SNI 1726 (2019), untuk ketidakberaturan vertikal tipe 1a dikatakan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 70% kekakuan tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya. Dan untuk ketidakberaturan vertikal tipe 1b dikatakan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 60% kekakuan tingkat di atasnya atau kurang dari 70% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya. Pengecekannya dapat dilihat pada Tabel 3.13, dan Tabel 3.14 dibawah ini:

Table 3.13: Ketidakberaturan vertikal 1a dan 1b arah X.

| | Story | Stiffness X kN/m | 70% | 60% | Ketidak beraturan 1a | Ketidak beraturan 1b |
|---------|-------|---------------------|-------------|-------------|----------------------------|----------------------------|
| RS X | Atap | 116038.848 | | | | |
| | 3 | 162600.59 | 28.63565378 | 28.63565378 | Tidak Ada | Tidak Ada |
| | 2 | 198720.946 | 18.17642112 | 18.17642112 | Tidak Ada | Tidak Ada |
| | 1 | 367884.048 | 45.9827228 | 45.9827228 | Tidak Ada | Tidak Ada |

Table 3.14: Ketidakberaturan vertikal 1a dan 1b arah Y.

| | Story | Stiffness Y kN/m | 70% | 60% | Ketidak beraturan 1a | Ketidak beraturan 1b |
|---------|-------|---------------------|-------------|-------------|----------------------------|----------------------------|
| RS Y | Atap | 116038.848 | | | | |
| | 3 | 162600.59 | 28.63565378 | 28.63565378 | Tidak Ada | Tidak Ada |
| | 2 | 198720.946 | 18.17642112 | 18.17642112 | Tidak Ada | Tidak Ada |
| | 1 | 367884.048 | 45.9827228 | 45.9827228 | Tidak Ada | Tidak Ada |

Untuk ketidakberaturan vertical tipe 2 dikatakan ada jika massa efektif disebarang tingkat lebih dari 150% massa efektif tingkat di dekatnya. Atap yang

lebih ringan dari lantai dibawahnya tidak perlu ditinjau. Pengecekkannya dapat dilihat tabel 3.15 pada dibawah ini:

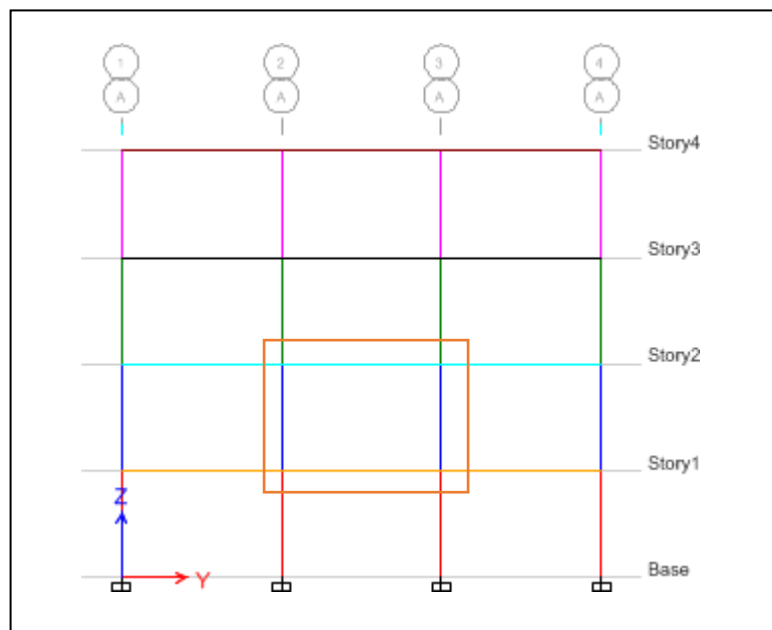
Tabel 3.15: Ketidakberaturan vertikal tipe 2.

| Tingkat | Massa (Kg) | 150% | Cek |
|---------|------------|-------------|-----------|
| Atap | 311928.87 | 69.4999842 | Tidak Ada |
| 3 | 448818.62 | 96.23613945 | Tidak Ada |
| 2 | 466372.22 | 92.16500226 | Tidak Ada |
| 1 | 506018.78 | | |

3.5. Pemodelan dinding pengisi

3.5.1. Balok, kolom, dan dinding yang ditinjau.

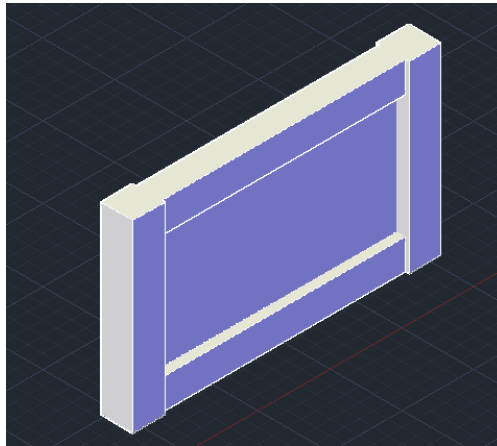
Dalam pemodelan dinding pengisi untuk dimensi balok dan kolom yang akan ditinjau adalah dilantai 2, dikarenakan beban terbesar berada dilantai 2.



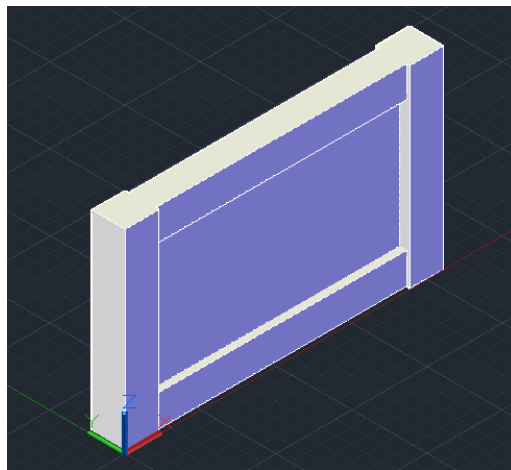
Gambar 3.3: Balok, kolom, dan dinding yang akan ditinjau.

3.5.2. Penyusunan dinding pengisi

Ada dua bentuk penyusunan dinding pengisi bata merah yang akan dianalisis sesuai parameter-parameter yang ditinjau, diantaranya:



Gambar 3.4: Model 1 dinding pengisi dengan penyusunan setengah bata.



Gambar 3.5: Model 2 dinding pengisi dengan penyusunan satu bata.

3.6. Input pemodelan

3.6.1. Definisi material

Sebelum melakukan analisis, yang harus di input terlebih dahulu ialah spesifikasi material pada *Engineering Data*. Dibawah ini merupakan spesifikasi material yang digunakan pada dinding pengisi yang akan analisis, sebagai berikut ini:

1. Spesifikasi Beton Bertulang (SNI 03-2847-2019)
 - Mutu Beton Bertulang : f_c' 30 MPa
 - *Density* : 2400 kg/m³
 - *Young's Modulus* : 25742.9602 MPa
 - *Poisson's Ratio* : 0.2

- *Compressive Ultimate Strength* : 30 MPa

| Properties of Outline Row 3: Fc 30 | | | | |
|------------------------------------|---|------------|--------------------|---|
| | A | B | C | D E |
| 1 | Property | Value | Unit | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2 | <input checked="" type="checkbox"/> Material Field Variables | Table | | |
| 3 | <input checked="" type="checkbox"/> Density | 2400 | kg m ⁻³ | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| 4 | <input checked="" type="checkbox"/> Isotropic Elasticity | | | <input type="checkbox"/> |
| 5 | Derive from | Young'... | | |
| 6 | Young's Modulus | 25743 | MPa | <input type="checkbox"/> |
| 7 | Poisson's Ratio | 0.2 | | <input type="checkbox"/> |
| 8 | Bulk Modulus | 1.4302E+10 | Pa | <input type="checkbox"/> |
| 9 | Shear Modulus | 1.0726E+10 | Pa | <input type="checkbox"/> |
| 10 | <input checked="" type="checkbox"/> Compressive Ultimate Strength | 30 | MPa | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |

Gambar 3.6: Input material beton fc' 30 pada *software*.

2. Spesifikasi Dinding Bata Merah (Wiranata et al., 2016)

- Mutu Dinding Setengah Bata : f_m 3.91
- *Density* : 250 kg/m³
- *Young's Modulus* : 750 x f_m MPa (Paulay, 1992)
: 2932.5 MPa
- *Poisson's Ratio* : 0.15
- *Compressive Ultimate Strength* : 3.91 MPa

| Properties of Outline Row 4: Bata Merah | | | | |
|---|---|----------------------|--------------------|---|
| | A | B | C | D E |
| 1 | Property | Value | Unit | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2 | <input checked="" type="checkbox"/> Material Field Variables | Table | | |
| 3 | <input checked="" type="checkbox"/> Density | 250 | kg m ⁻³ | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| 4 | <input checked="" type="checkbox"/> Isotropic Elasticity | | | <input type="checkbox"/> |
| 5 | Derive from | Young's Modulus a... | | |
| 6 | Young's Modulus | 2932.5 | MPa | <input type="checkbox"/> |
| 7 | Poisson's Ratio | 0.15 | | <input type="checkbox"/> |
| 8 | Bulk Modulus | 1.3964E+09 | Pa | <input type="checkbox"/> |
| 9 | Shear Modulus | 1.275E+09 | Pa | <input type="checkbox"/> |
| 10 | <input checked="" type="checkbox"/> Compressive Ultimate Strength | 3.91 | MPa | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |

Gambar 3.7: Input material dinding bata merah pada *software*.

3. Spesifikasi Dinding Batako

- Mutu Dinding Setengah Bata : f'm 4.96
- *Density* : 2400 kg/m³ (Hanif, 2016)
- Young's Modulus : 750 x fm' MPa (Paulay, 1992)
: 3720 MPa
- Poisson's Ratio : 0.15
- Compressive Ultimate Strength : 4.96 MPa (Anggreni et al., 2015)

| Properties of Outline Row 5: Batako | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------|-----|
| | A | B | C | D E |
| 1 | Property | Value | Unit | |
| 2 | Material Field Variables | Table | | |
| 3 | Density | 2400 | kg m ⁻³ | |
| 4 | Isotropic Elasticity | | | |
| 5 | Derive from | Young's Modulus a... | | |
| 6 | Young's Modulus | 3720 | MPa | |
| 7 | Poisson's Ratio | 0.15 | | |
| 8 | Bulk Modulus | 1.7714E+09 | Pa | |
| 9 | Shear Modulus | 1.6174E+09 | Pa | |
| 10 | Compressive Ultimate Strength | 4.96 | MPa | |

Gambar 3.8: Input material dinding batako pada software.

4. Spesifikasi Dinding Bata Ringan (Suasira et al., 2016)

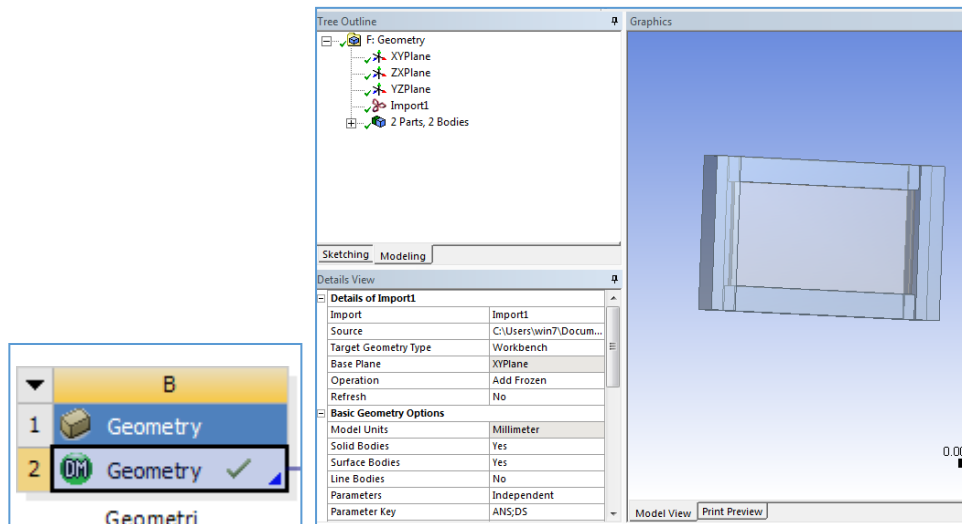
- Mutu Dinding Setengah Bata : f'm 4.00
- *Density* : 520 kg/m³
- *Young's Modulus* : 750 x fm' MPa (Paulay, 1992)
: 3000 MPa
- *Poisson's Ratio* : 0.15
- *Compressive Ultimate Strength* : 4.00 MPa

| | A | B | C | D | E |
|----|-------------------------------|----------------------|--------------------|---|---|
| 1 | Property | Value | Unit | | |
| 2 | Material Field Variables | Table | | | |
| 3 | Density | 520 | kg m ⁻³ | | |
| 4 | Isotropic Elasticity | | | | |
| 5 | Derive from | Young's Modulus a... | | | |
| 6 | Young's Modulus | 3000 | MPa | | |
| 7 | Poisson's Ratio | 0.15 | | | |
| 8 | Bulk Modulus | 1.4286E+09 | Pa | | |
| 9 | Shear Modulus | 1.3043E+09 | Pa | | |
| 10 | Compressive Ultimate Strength | 4 | MPa | | |

Gambar 3.9: Input material dinding bata ringan pada *software*.

3.6.2. Input model dinding pengisi

Model yang digunakan dalam dinding pengisi terdapat pada sub bab 3.5.2. Pada Table 3.16, dan Table 3.17 yang merupakan semua model serta penginputan model ke *software* yang akan digunakan dalam analisis pada dinding pengisi terlihat pada Gambar 3.1 berikut ini:

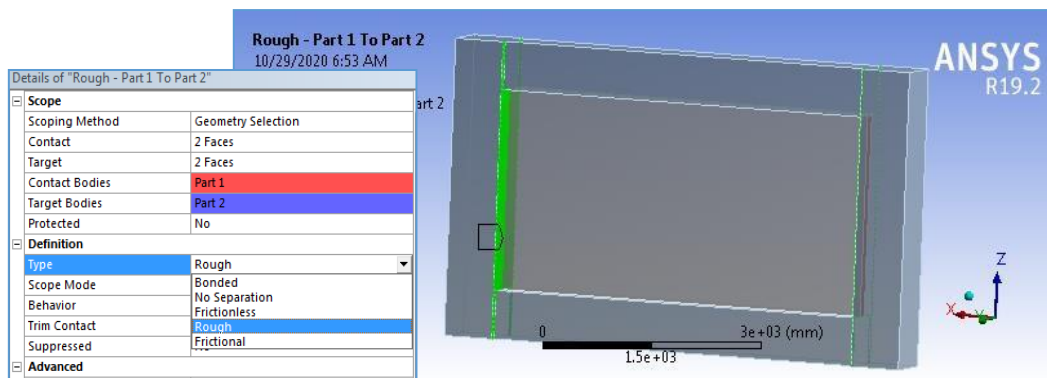


Gambar 3.10: Input model dinding pengisi ke *software*.

3.6.3. Definisi *contact*

Contact merupakan penghubung antara dua geometri yang memiliki fungsi tersendiri sesuai dengan perilaku material tersebut. Dalam analisis dinding pengisi ini digunakan dua *contact* yang berbeda, diantaranya adalah *bonded*, *rough*.

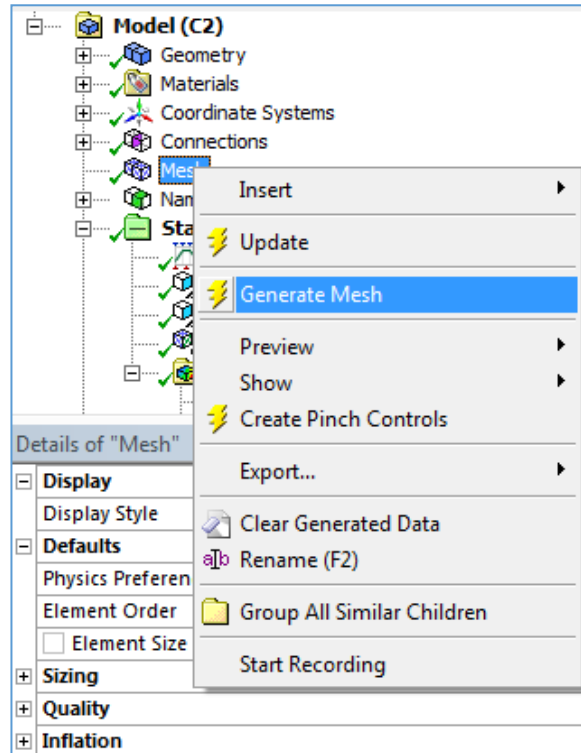
- *Bonded* berfungsi sebagai penghubung yang terhubung dengan tipe kontak ini akan terikat dengan arah beban yang ditetapkan. Dengan kontak *bonded* mengizinkan terjadinya *sliding* maupun *gap*.
- *Rough* mirip dengan *frictionless*, *contact* ini memiliki gesekan yang sangat kasar dimana kontak ini tidak mengizinkan terjadinya *sliding*.
- *Frictionless* merupakan tipe *contact* yang koefisien friksinya nol atau *contact* tanpa gesekan. *Contact* ini mengizinkan terjadinya *sliding* dan *gap*.



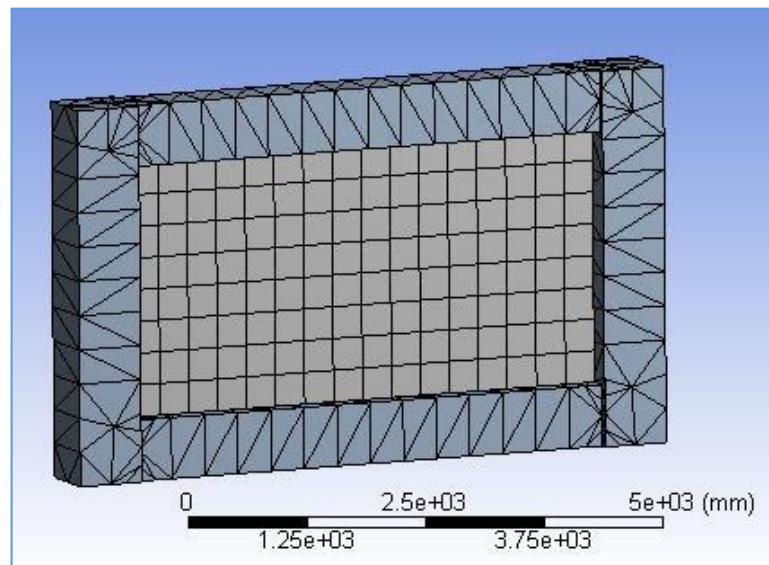
Gambar 3.11: Mengatur *contact* pada dinding pengisi.

3.6.4. Meshing

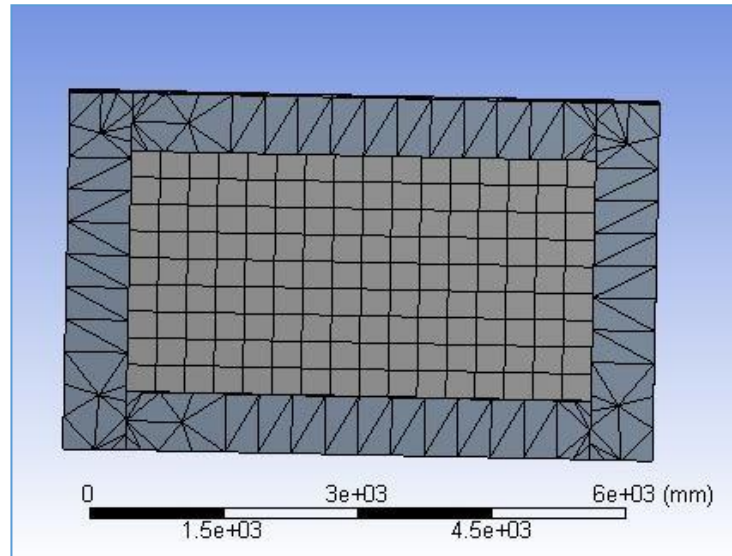
Meshing merupakan proses simulasi yang membagi geometri menjadi elemen-elemen sederhana. *Meshing* juga dapat mempengaruhi akurasi serta kecepatan saat melakukan *running* analisis. Semakin kecil *meshing* yang dibuat maka semakin bagus pula akurasi yang didapat saat melakukan *running* analisis. Dalam analisis dinding pengisi ini *meshing* yang dilakukan secara default tanpa mengatur ukuran maupun tipe dari *meshing* tersebut. Pada Gambar 3.2, Gambar 3.3, dan Gambar 3.4 ini merupakan *meshing* pada tiap model serta melakukan *generate mest*.



Gambar 3.12: *Generate mest* pada model 1 dan model 2 pada dinding pengisi.



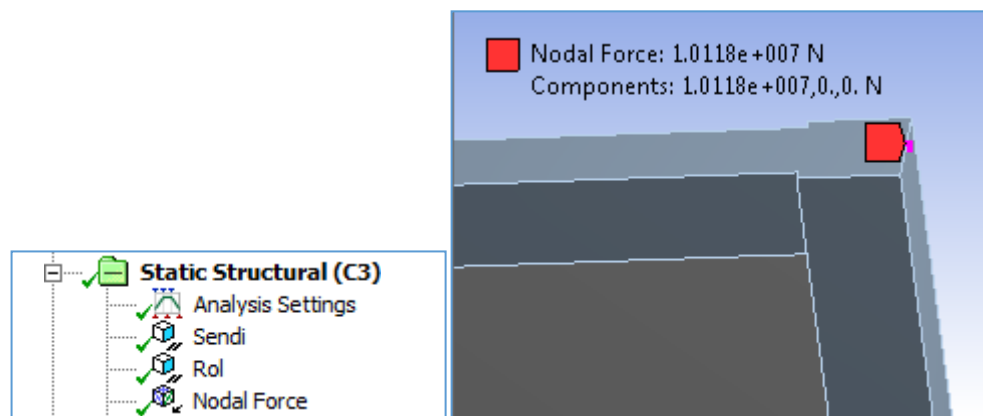
Gambar 3.13: *Meshing* pada model 1 setengah bata.



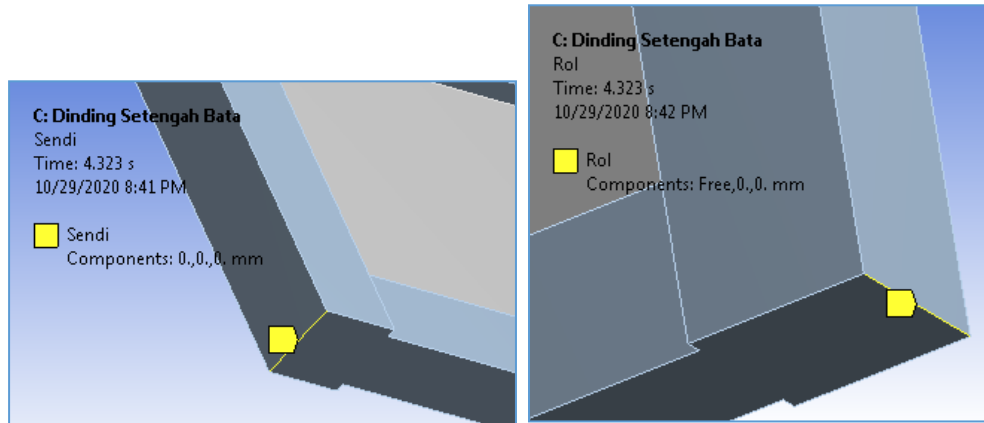
Gambar 3.14: *Meshing* pada model 2 satu bata.

3.6.5. Pembebanan dan tumpuan dinding pengisi

Beban yang diterima dalam melakukan analisis pada dinding pengisi ialah menggunakan gaya geser maksimum sebesar 15627.00 kN. Pada Gambar 3.5 dan Gambar 3.6 terdapat cara mendefinisikan beban dan tumpuan pada model.



Gambar 3.15: Penerapan beban dari gaya geser serta mendefinisikan beban.



Gambar 3.16: Penerapan tumpuan sendi dan rol pada dinding pengisih.

3.6.6. Step control dan large deflection

Pengaturan *time step* dan *large deflection* sangat penting untuk melakukan analisis linier. Pada Gambar 3.22 merupakan pengaturan *time step* dan *large deflection* pada software.

| Details of "Analysis Settings" | |
|--------------------------------|--------------------|
| [-] Step Controls | |
| Number Of Steps | 5. |
| Current Step Number | 5. |
| Step End Time | 5. s |
| Auto Time Stepping | On |
| Define By | Substeps |
| Carry Over Time Step | Off |
| Initial Substeps | 5. |
| Minimum Substeps | 5. |
| Maximum Substeps | 10. |
| [-] Solver Controls | |
| Solver Type | Program Controlled |
| Weak Springs | Off |
| Solver Pivot Checking | Program Controlled |
| Large Deflection | Off |
| Inertia Relief | Off |

Gambar 3.17: Pengaturan *time step* dan *large deflection*.

3.6.7. Newton raphson

Sebelum melakukan running analisis perlu mengatur dahulu nilai pada *newton raphson* sebesar 10^{-7} . *Newton raphson* berguna untuk mengatur error saat melakukan *solve* pada software. Pada Gambar 3.7 dibawah merupakan pengaturan *newton raphson*.

| Details of "Solution Information" | |
|-------------------------------------|-------------------|
| [-] Solution Information | |
| Solution Output | Solver Output |
| Newton-Raphson Residuals | 0 |
| Identify Element Violations | 0 |
| Update Interval | 2.5 s |
| Display Points | All |
| [-] FE Connection Visibility | |
| Activate Visibility | Yes |
| Display | All FE Connectors |
| Draw Connections Attached To | All Nodes |
| Line Color | Connection Type |

Gambar 3.18: Pengaturan *newton rahpson*.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil analisis retak pada dinding pengisi

4.1.1. Analisis retak pada dinding Pengisi

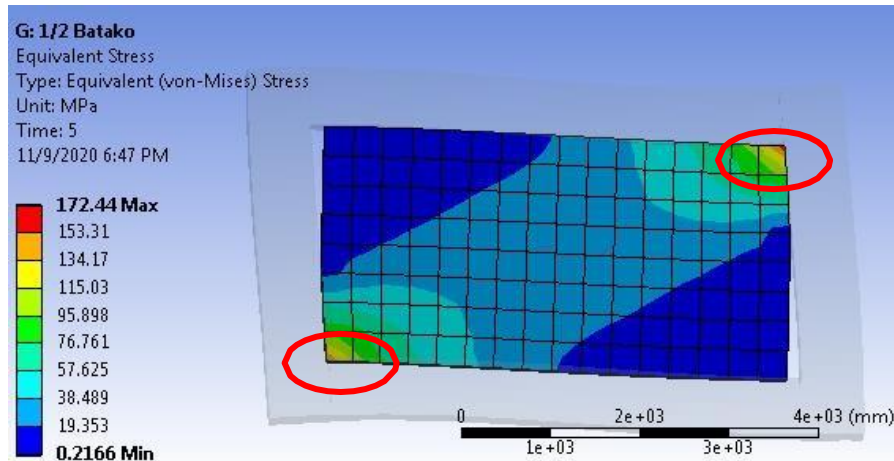
Pola tegangan *Von Misses*, retak yang terjadi pada setiap model dinding pengisi, dan gaya geser maksimum 15627.00 KN. Pada analisis ini hanya dilakukan analisis linier sehingga untuk meningkatkan melebihi kuat batas dari dinding bata maka gaya geser yang terjadi dikalikan dengan R nya. Kegagalan yang terjadi pada suatu struktur rangka dengan dinding pengisi dipengaruhi oleh perbandingan tinggi dan lebar bentang dinding pengisi serta kekakuan relatife komponen struktur rangka dari dinding pengisi serta variasi dari jenis dinding bata. Dari analisis retak pada dinding pengisi, data yang digunakan untuk analisis dinding pengisi dapat dilihat pada tabel dan pada bab 3 sebelumnya:

Table 4.1: Data analisis dinding pengisi.

| Jenis Model | Mutu (MPa) | Tebal Dinding (mm) | Lebar Dinding (mm) | Tinggi Dinding (mm) |
|-----------------|------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| ½ Bata Merah | 3.91 | 110 | 5300 | 2700 |
| Satu Bata Merah | 3.91 | 240 | 5300 | 2700 |
| ½ Batako | 4.96 | 100 | 5300 | 2700 |
| Satu Batako | 4.96 | 400 | 5300 | 2700 |
| Bata Ringan | 4.00 | 100 | 5300 | 2700 |

4.1.1.1. Dinding setengah bata merah

Kondisi retak yang terjadi pada dinding pengisi dengan bata merah dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini:



Gambar 4.1: Analisis retak dinding dengan susunan setengah bata merah.

Dari kontur tegangan dinding bata sudah mengalami retak, dan Pola retak pada dinding bata berupa retak diagonal pada setiap pojok bawah dan pojok atas kolom, retak akibat tertekannya dinding yang disebabkan oleh dorongan dari beban lateral. Pada Gambar 4.1 diambil tegangan rata-rata dari dinding untuk mengetahui besarnya beban lateral yang terjadi pada dinding pengisi hingga mengalami retak. Untuk tegangan tekan maksimum terjadi pada sekitar sudut kanan atas dan sudut kiri bawah pada dinding pengisi, ditunjukkan pada lingkaran merah yang terdapat pada Gambar 4.1.

Adapun hasil perhitungan beban lateral yang terjadi saat retak pada dinding pengisi dengan susunan tipe setengah bata merah dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini:

Tabel 4.2: Besarnya beban lateral saat terjadi retak pada dinding pengisi dengan susunan setengah bata merah.

| Time (s) | Beban Lateral (KN) | Tegangan Average (MPa) | Cek |
|----------|--------------------|------------------------|-------------|
| 0.2 | 625.09 | 0.89187 | Tidak Retak |
| 0.4 | 1250.20 | 1.8042 | Tidak Retak |
| 0.6 | 1875.30 | 2.7319 | Tidak Retak |
| 0.8 | 2500.40 | 3.6686 | Tidak Retak |
| 1 | 3125.50 | 4.6115 | Retak |
| 1.2 | 3750.50 | 5.5587 | Retak |
| 1.4 | 4375.60 | 6.5093 | Retak |
| 1.6 | 5000.70 | 7.4624 | Retak |
| 1.8 | 5625.80 | 8.4175 | Retak |

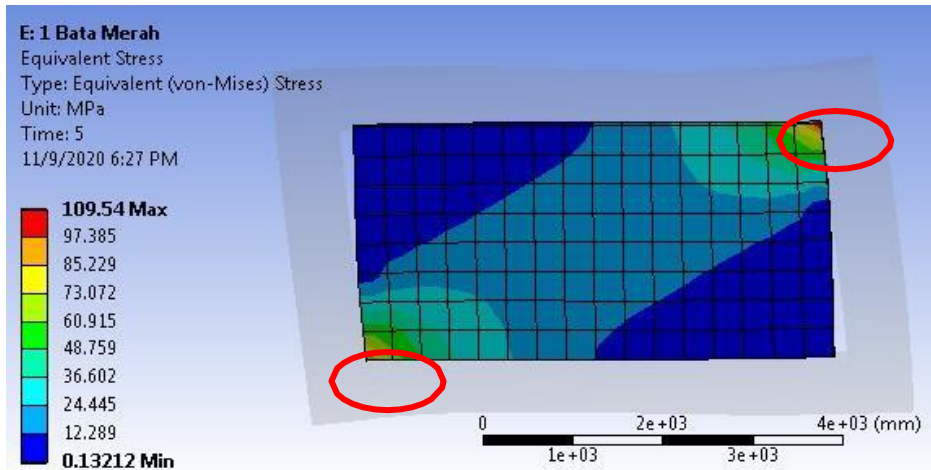
Tabel 4.2: *Lanjutan.*

| Time (s) | Beban Lateral (KN) | Tegangan Average (MPa) | Cek |
|----------|--------------------|------------------------|-------|
| 2 | 6250.90 | 9.3743 | Retak |
| 2.2 | 6876.00 | 10.332 | Retak |
| 2.4 | 7501.10 | 11.292 | Retak |
| 2.6 | 8126.20 | 12.252 | Retak |
| 2.8 | 8751.30 | 13.212 | Retak |
| 3 | 9376.40 | 14.173 | Retak |
| 3.2 | 10001.00 | 15.135 | Retak |
| 3.4 | 10627.00 | 16.096 | Retak |
| 3.6 | 11252.00 | 17.059 | Retak |
| 3.8 | 11877.00 | 18.021 | Retak |
| 4 | 12502.00 | 18.984 | Retak |
| 4.2 | 13127.00 | 19.947 | Retak |
| 4.4 | 13752.00 | 20.911 | Retak |
| 4.6 | 14377.00 | 21.874 | Retak |
| 4.8 | 15002.00 | 22.838 | Retak |
| 5 | 15627.00 | 23.803 | Retak |

Retak awal yang didapat berdasarkan *software computer* terhadap pemodelan dinding pengisi setengah bata merah yaitu saat beban lateral mencapai 3125.50 KN dengan nilai tegangan 4.6115 MPa. Pada saat beban lateral mencapai 15627.00 KN, tegangan retak menjadi sebesar 23.803 MPa. Ini terjadi karena dinding secara terus menerus terdorong sehingga dinding bata retak, dan berhenti setelah beban mencapai 15627.00 KN.

4.1.1.2. Dinding satu bata merah

Kondisi retak yang terjadi pada dinding pengisi dengan bata merah dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini:



Gambar 4.2: Analisis retak dinding bata dengan dengan susunan satu bata merah.

Dari kontur tegangan dinding bata sudah mengalami retak, dan Pola retak pada dinding bata berupa retak diagonal pada setiap pojok bawah dan pojok atas kolom, retak akibat tertekannya dinding yang disebabkan oleh dorongan dari beban lateral. Pada Gambar 4.2 diambil tegangan rata-rata dari dinding untuk mengetahui besarnya beban lateral yang terjadi pada dinding pengisi hingga mengalami retak. Untuk tegangan tekan maksimum terjadi pada sekitar sudut kanan atas dan sudut kiri bawah pada dinding pengisi, ditunjukkan pada lingkaran merah yang terdapat pada Gambar 4.2.

Adapun hasil perhitungan beban lateral yang terjadi saat retak pada dinding pengisi dengan susunan tipe satu bata merah dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut ini:

Table 4.3: Besarnya beban lateral saat terjadi retak pada dinding pengisi dengan susunan satu bata merah.

| Time (s) | Beban Lateral (KN) | Tegangan Average (MPa) | Kuat Batas |
|----------|--------------------|------------------------|-------------|
| 0.2 | 625.09 | 0.650 | Tidak Retak |
| 0.4 | 1250.20 | 1.315 | Tidak Retak |
| 0.6 | 1875.30 | 1.990 | Tidak Retak |
| 0.8 | 2500.40 | 2.672 | Tidak Retak |
| 1 | 3125.50 | 3.357 | Tidak Retak |
| 1.2 | 3750.50 | 4.046 | Retak |
| 1.4 | 4375.60 | 4.737 | Retak |
| 1.6 | 5000.70 | 5.429 | Retak |
| 1.8 | 5625.80 | 6.123 | Retak |

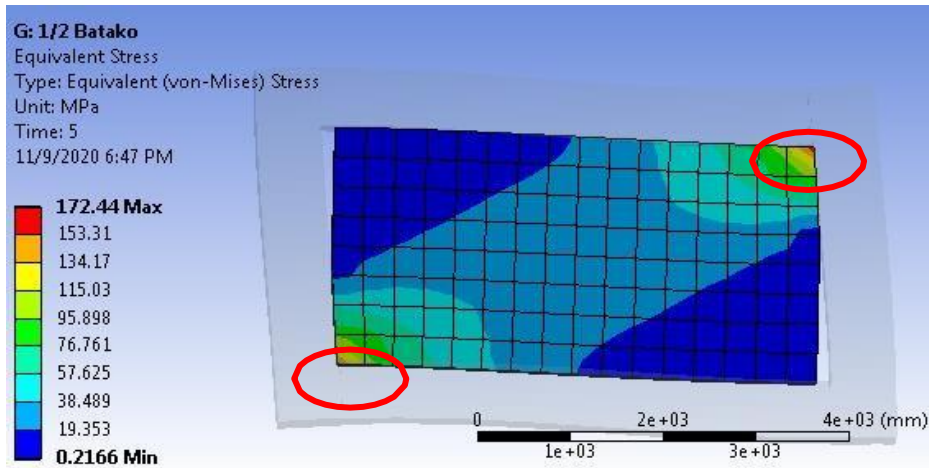
Tabel 4.3: *Lanjutan.*

| Time (s) | Beban Lateral (KN) | Tegangan Average (MPa) | Kuat Batas |
|----------|--------------------|------------------------|------------|
| 2 | 6250.90 | 6.818 | Retak |
| 2.2 | 6876.00 | 7.514 | Retak |
| 2.4 | 7501.10 | 8.211 | Retak |
| 2.6 | 8126.20 | 8.908 | Retak |
| 2.8 | 8751.30 | 9.607 | Retak |
| 3 | 9376.40 | 10.305 | Retak |
| 3.2 | 10001.00 | 11.004 | Retak |
| 3.4 | 10627.00 | 11.704 | Retak |
| 3.6 | 11252.00 | 12.404 | Retak |
| 3.8 | 11877.00 | 13.104 | Retak |
| 4 | 12502.00 | 13.805 | Retak |
| 4.2 | 13127.00 | 14.506 | Retak |
| 4.4 | 13752.00 | 15.207 | Retak |
| 4.6 | 14377.00 | 15.908 | Retak |
| 4.8 | 15002.00 | 16.610 | Retak |
| 5 | 15627.00 | 17.312 | Retak |

Retak awal yang didapat berdasarkan *software computer* terhadap pemodelan dinding pengisi satu bata merah yaitu saat beban lateral mencapai 3750.50 KN dengan nilai tegangan 4.046 MPa. Pada saat beban lateral mencapai 15627.00 KN, tegangan retak menjadi sebesar 17.312 MPa. Ini terjadi karena dinding secara terus menerus terdorong sehingga dinding bata retak, dan berhenti setelah beban mencapai 15627.00 KN.

4.1.1.3. Dinding setengah batako

Kondisi retak yang terjadi pada dinding pengisi dengan bata merah dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut ini:



Gambar 4.3: Analisis retak dinding pengisi dengan setengah batako.

Dari kontur tegangan dinding bata sudah mengalami retak, dan Pola retak pada dinding bata berupa retak diagonal pada setiap pojok bawah dan pojok atas kolom, retak akibat tertekannya dinding yang disebabkan oleh dorongan dari beban lateral. Pada Gambar 4.3 diambil tegangan rata-rata dari dinding untuk mengetahui besarnya beban lateral yang terjadi pada dinding pengisi hingga mengalami retak. Untuk tegangan tekan maksimum terjadi pada sekitar sudut kanan atas dan sudut kiri bawah pada dinding pengisi, ditunjukkan pada lingkaran merah yang terdapat pada Gambar 4.3.

Adapun hasil perhitungan beban lateral yang terjadi saat retak pada dinding pengisi dengan susunan tipe setengah batako dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut ini:

Table 4.4: Besarnya beban lateral saat terjadi retak pada dinding pengisi setengah batako.

| Time (s) | Beban Lateral (KN) | Tegangan Average (MPa) | Kuat Batas |
|----------|--------------------|------------------------|-------------|
| 0.2 | 625.09 | 1.082 | Tidak Retak |
| 0.4 | 1250.20 | 2.188 | Tidak Retak |
| 0.6 | 1875.30 | 3.310 | Tidak Retak |
| 0.8 | 2500.40 | 4.444 | Tidak Retak |
| 1 | 3125.50 | 5.584 | Retak |
| 1.2 | 3750.50 | 6.730 | Retak |
| 1.4 | 4375.60 | 7.879 | Retak |
| 1.6 | 5000.70 | 9.032 | Retak |
| 1.8 | 5625.80 | 10.187 | Retak |

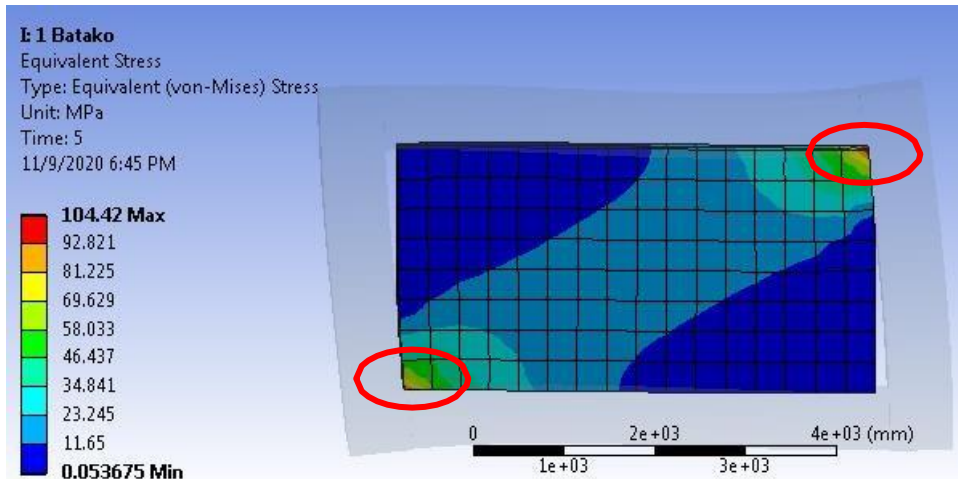
Tabel 4.4: *Lanjutan.*

| Time (s) | Beban Lateral (KN) | Tegangan Average (MPa) | Kuat Batas |
|----------|--------------------|------------------------|------------|
| 2 | 6250.90 | 11.343 | Retak |
| 2.2 | 6876.00 | 12.502 | Retak |
| 2.4 | 7501.10 | 13.661 | Retak |
| 2.6 | 8126.20 | 14.822 | Retak |
| 2.8 | 8751.30 | 15.983 | Retak |
| 3 | 9376.40 | 17.145 | Retak |
| 3.2 | 10001.00 | 18.307 | Retak |
| 3.4 | 10627.00 | 19.470 | Retak |
| 3.6 | 11252.00 | 20.633 | Retak |
| 3.8 | 11877.00 | 21.797 | Retak |
| 4 | 12502.00 | 22.961 | Retak |
| 4.2 | 13127.00 | 24.125 | Retak |
| 4.4 | 13752.00 | 25.290 | Retak |
| 4.6 | 14377.00 | 26.455 | Retak |
| 4.8 | 15002.00 | 27.620 | Retak |
| 5 | 15627.00 | 28.786 | Retak |

Retak awal yang didapat berdasarkan *software computer* terhadap pemodelan dinding pengisi Setengah batako yaitu saat beban lateral mencapai 3125.50 KN dengan nilai tegangan 5.584 MPa. Pada saat beban lateral mencapai 15627.00 KN, tegangan retak menjadi sebesar 28.786 MPa. Ini terjadi karena dinding secara terus menerus terdorong sehingga dinding bata retak, dan berhenti setelah beban mencapai 15627.00 KN.

4.1.1.4. Dinding satu batako

Kondisi retak yang terjadi pada dinding pengisi dengan bata merah dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut ini:



Gambar 4.4: Analisis retak dinding pengisi dengan satu batako.

Dari kontur tegangan dinding bata sudah mengalami retak, dan Pola retak pada dinding bata berupa retak diagonal pada setiap pojok bawah dan pojok atas kolom, retak akibat tertekannya dinding yang disebabkan oleh dorongan dari beban lateral. Pada Gambar 4.3 diambil tegangan rata-rata dari dinding untuk mengetahui besarnya beban lateral yang terjadi pada dinding pengisi hingga mengalami retak. Untuk tegangan tekan maksimum terjadi pada sekitar sudut kanan atas dan sudut kiri bawah pada dinding pengisi, ditunjukkan pada lingkaran merah yang terdapat pada Gambar 4.3.

Adapun hasil perhitungan beban lateral yang terjadi saat retak pada dinding pengisi dengan susunan tipe satu batako dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut ini:

Table 4.2: Besarnya beban lateral saat terjadi retak pada dinding pengisi dengan satu batako.

| Time (s) | Beban Lateral (KN) | Tegangan Average (MPa) | Cek |
|----------|--------------------|------------------------|-------------|
| 0.2 | 625.09 | 0.546 | Tidak Retak |
| 0.4 | 1250.20 | 1.099 | Tidak Retak |
| 0.6 | 1875.30 | 1.657 | Tidak Retak |
| 0.8 | 2500.40 | 2.221 | Tidak Retak |
| 1 | 3125.50 | 2.787 | Tidak Retak |
| 1.2 | 3750.50 | 3.355 | Tidak Retak |
| 1.4 | 4375.60 | 3.924 | Tidak Retak |
| 1.6 | 5000.70 | 4.495 | Tidak Retak |
| 1.8 | 5625.80 | 5.066 | Retak |
| 2 | 6250.90 | 5.638 | Retak |

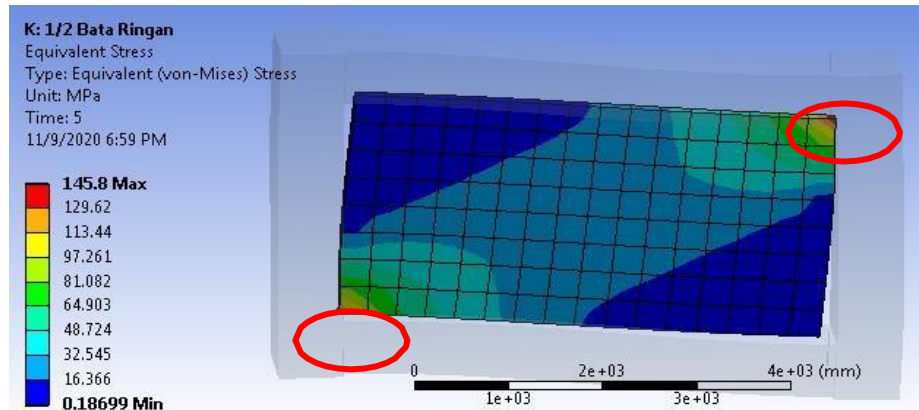
Tabel 4.5: *Lanjutan.*

| Time (s) | Beban Lateral (KN) | Tegangan Average (MPa) | Cek |
|----------|--------------------|------------------------|-------|
| 2.2 | 6876.00 | 6.211 | Retak |
| 2.4 | 7501.10 | 6.784 | Retak |
| 2.6 | 8126.20 | 7.358 | Retak |
| 2.8 | 8751.30 | 7.932 | Retak |
| 3 | 9376.40 | 8.506 | Retak |
| 3.2 | 10001.00 | 9.081 | Retak |
| 3.4 | 10627.00 | 9.656 | Retak |
| 3.6 | 11252.00 | 10.231 | Retak |
| 3.8 | 11877.00 | 10.807 | Retak |
| 4 | 12502.00 | 11.382 | Retak |
| 4.2 | 13127.00 | 11.958 | Retak |
| 4.4 | 13752.00 | 12.534 | Retak |
| 4.6 | 14377.00 | 13.110 | Retak |
| 4.8 | 15002.00 | 13.686 | Retak |
| 5 | 15627.00 | 14.262 | Retak |

Retak awal yang didapat berdasarkan *software computer* terhadap pemodelan dinding pengisi satu batako yaitu saat beban lateral mencapai 5625.80 KN dengan nilai tegangan 5.066 MPa. Pada saat beban lateral mencapai 15627.00 KN, tegangan retak menjadi sebesar 14.262 MPa. Ini terjadi karena dinding secara terus menerus terdorong sehingga dinding bata retak, dan berhenti setelah beban mencapai 15627.00 KN.

4.1.1.5. Dinding setengah bata ringan.

Kondisi retak yang terjadi pada dinding pengisi dengan bata merah dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut ini:



Gambar 4.5: Analisis retak dinding pengisi dengan susunan setengah bata ringan.

Dari kontur tegangan dinding bata sudah mengalami retak, dan Pola retak pada dinding bata berupa retak diagonal pada setiap pojok bawah dan pojok atas kolom, retak akibat tertekannya dinding yang disebabkan oleh dorongan dari beban lateral. Pada Gambar 4.5 diambil tegangan rata-rata dari dinding untuk mengetahui besarnya beban lateral yang terjadi pada dinding pengisi hingga mengalami retak. Untuk tegangan tekan maksimum terjadi pada sekitar sudut kanan atas dan sudut kiri bawah pada dinding pengisi, ditunjukkan pada lingkaran merah yang terdapat pada Gambar 4.5.

Adapun hasil perhitungan beban lateral yang terjadi saat retak pada dinding pengisi dengan susunan tipe setengah bata ringan dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut ini:

Table 4.6: Besarnya beban lateral saat terjadi retak pada dinding pengisi dengan setengah bata ringan.

| Time (s) | Beban Lateral (KN) | Tegangan Average (MPa) | Kuat Batas |
|----------|--------------------|------------------------|-------------|
| 0.2 | 625.09 | 0.93159 | Tidak Retak |
| 0.4 | 1250.20 | 1.889 | Tidak Retak |
| 0.6 | 1875.30 | 2.8609 | Tidak Retak |
| 0.8 | 2500.40 | 3.8414 | Tidak Retak |
| 1 | 3125.50 | 4.8276 | Retak |
| 1.2 | 3750.50 | 5.8127 | Retak |
| 1.4 | 4375.60 | 6.8063 | Retak |
| 1.6 | 5000.70 | 7.8028 | Retak |
| 1.8 | 5625.80 | 8.8014 | Retak |
| 2 | 6250.90 | 9.8017 | Retak |
| 2.2 | 6876.00 | 10.804 | Retak |

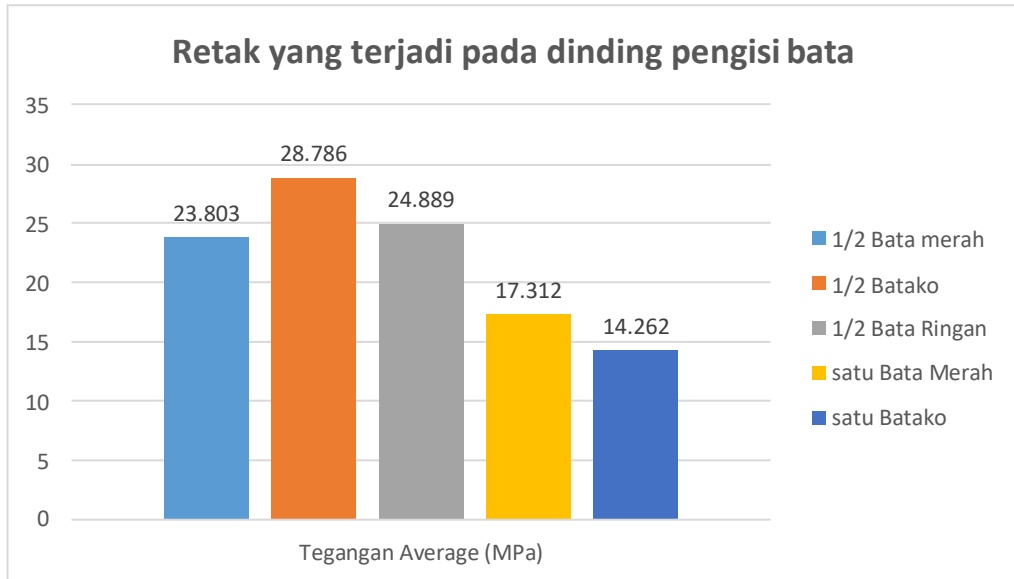
Tabel 4.6: *Lanjutan.*

| Time (s) | Beban Lateral (KN) | Tegangan Average (MPa) | Kuat Batas |
|----------|--------------------|------------------------|------------|
| 2.4 | 7501.10 | 11.806 | Retak |
| 2.6 | 8126.20 | 12.81 | Retak |
| 2.8 | 8751.30 | 13.814 | Retak |
| 3 | 9376.40 | 14.819 | Retak |
| 3.2 | 10001.00 | 15.824 | Retak |
| 3.4 | 10627.00 | 16.83 | Retak |
| 3.6 | 11252.00 | 17.836 | Retak |
| 3.8 | 11877.00 | 18.842 | Retak |
| 4 | 12502.00 | 19.849 | Retak |
| 4.2 | 13127.00 | 20.856 | Retak |
| 4.4 | 13752.00 | 21.864 | Retak |
| 4.6 | 14377.00 | 22.872 | Retak |
| 4.8 | 15002.00 | 23.88 | Retak |
| 5 | 15627.00 | 24.889 | Retak |

Retak awal yang didapat berdasarkan *software computer* terhadap pemodelan dinding pengisi setengah bata ringan yaitu saat beban lateral mencapai 3125.50 KN dengan nilai tegangan 4.8276 MPa. Pada saat beban lateral mencapai 15627.00 KN, tegangan retak menjadi sebesar 24.889 MPa. Ini terjadi karena dinding secara terus menerus terdorong sehingga dinding bata retak, dan berhenti setelah beban mencapai 15627.00 KN.

4.1.2. Perbandingan hasil analisis retak pada dinding pengisi

Pada gambar 4.6 dapat dilihat perbandingan hasil pemeriksaan retak pada setiap dinding pengisi dengan bentang 6 m dan tinggi 4 m, menggunakan *software computer*. Pada setiap dinding pengisi perbandingan yang terdapat tidak jauh berbeda, akan tetapi dapat dilihat bahwasannya dimensi dan mutu yang berbeda sangat berpengaruh untuk terjadinya retak.

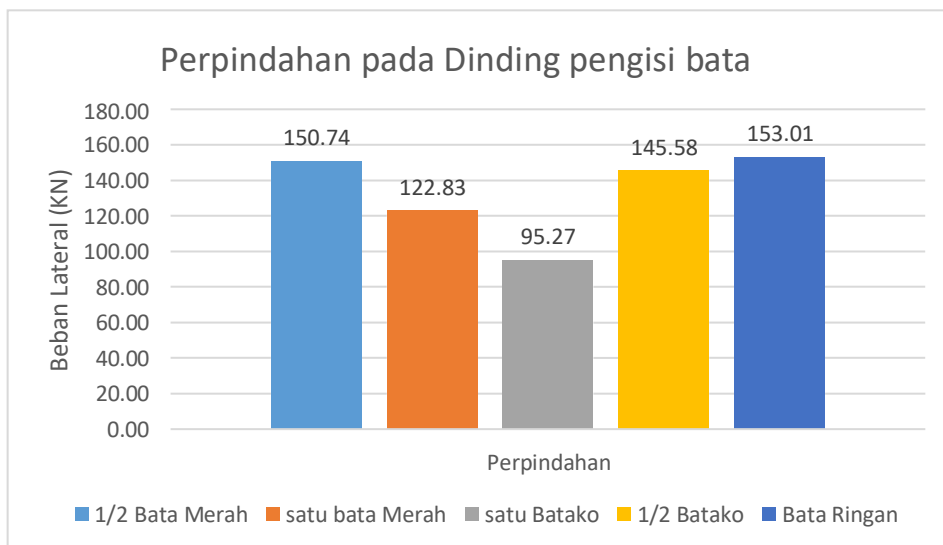


Gambar 4.6: Hasil analisis retak pada dinding pengisi.

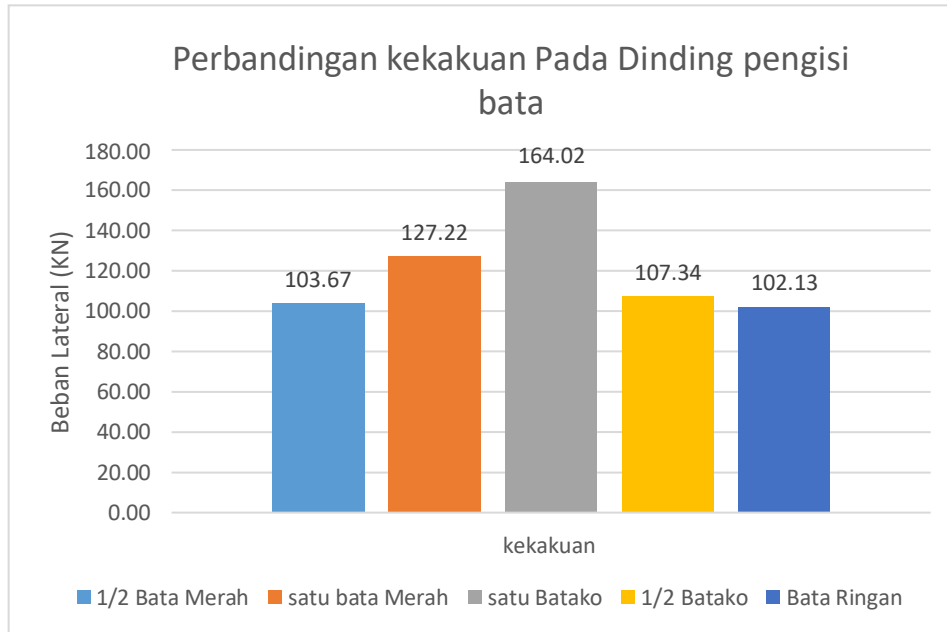
4.2. Hasil analisis kekakuan dan perpindahan dinding pengisi

4.2.1. Analisis kekakuan pada dinding Pengisi terhadap balok dan kolom

Kekakuan diperoleh dari perbandingan antara beban lateral dengan besarnya perpindahan yang terjadi akibat pembebanan. erbandingan kekakuan dan perpindahan dinding pengisi untuk setiap model dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8:



Gambar 4.7: Hasil analisis perpindahan pada dinding pengisi.



Gambar 4.8: Hasil analisis Kekakuan pada dinding pengisi.

Dari Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 terlihat perbandingan hasil pemeriksaan kekakuan dan perpindahan dinding pengisi terhadap balok dan kolom. Dapat disimpulkan bahwa kekakuan yang terjadi pada setiap dinding pengisi perbandingan yang terdapat tidak jauh berbeda, akan tetapi dapat dilihat bahwasannya dimensi dan mutu yang berbeda sangat berpengaruh terhadap kekakuan, semakin tebal dimensi maka kekakuan juga besar dan semakin besar beban yang terjadi dan kecilnya perpindahan yg terjadi maka semakin besar pula kekakuan yg terjadi.

4.2.2. Tegangan pada dinding pengisi

Keruntuhan yang terjadi pada dinding pengisi meliputi geser, tarik, dan tekan. Kegagalan geser terjadi akibat gaya lateral Q , maka dari itu tegangan tekan maupun tegangan geser yang terjadi tidak boleh melebihi tegangan *ultimate*-nya. Tegangan geser dan tegangan tekan *ultimate*-nya dihitung sebagai berikut pada dinding pengisi dirumuskan dalam persamaan (Stafford-Smith, B., and Coull, 1991):

1. Tegangan Geser ultimate

$$0,3\sqrt{f_m'}$$

- Untuk bata merah $0,3\sqrt{f_m'} = 0,3\sqrt{3,91} = 0,593$
- Untuk batako $0,3\sqrt{f_m'} = 0,3\sqrt{4,96} = 0,596$
- Untuk bata ringan $0,3\sqrt{f_m'} = 0,3\sqrt{4,00} = 0,6$

2. Tegangan tekan ultimate

f_m'

- f_m' bata merah = 3,91 MPa
- f_m' batako = 4,96 MPa
- f_m' bata ringan = 4,00 MPa

4.2.2.1. Tegangan geser dan tegangan tekan *ultimate* dinding pengisi susunan setengah bata merah

1. Tegangan Geser:

$$\tau_{xy} = \frac{1.43Q}{Lt} = \frac{1.43 \times 15627000}{5300 \times 110} = 38.33 \text{ Mpa}$$

2. Tegangan tekan diagonal, gaya lateral yang terjadi :

$$\delta d = \frac{(0.8 \frac{h}{l} - 0.2)Q}{Lt} = \frac{(0.8 \frac{2700}{5300} - 0.2)15627000}{5300 \times 110} = 5.56 \text{ Mpa}$$

Dari hasil analisis tegangan dinding pengisi, didapat tegangan geser melampaui tegangan geser *ultimate*-nya dan tegangan tekan melampaui tegangan tekan *ultimate*-nya.

4.2.2.2. Tegangan geser dan tegangan tekan *ultimate* dinding pengisi susunan satu bata merah

1. Tegangan Geser:

$$\tau_{xy} = \frac{1.43Q}{Lt} = \frac{1.43 \times 15627000}{5300 \times 240} = 17.57 \text{ Mpa}$$

2. Tegangan tekan diagonal, gaya lateral yang terjadi :

$$\delta d = \frac{(0.8 \frac{h}{l} - 0.2)Q}{Lt} = \frac{(0.8 \frac{2700}{5300} - 0.2)15627000}{5300 \times 240} = 2.55 \text{ Mpa}$$

Dari hasil analisis tegangan dinding pengisi, didapat tegangan geser melampaui tegangan geser *ultimate*-nya dan tegangan tekan tidak melampaui tegangan tekan *ultimate*-nya.

4.2.2.3. Tegangan geser dan tegangan tekan *ultimate* dinding pengisi susunan setengah batako

1. Tegangan Geser:

$$\begin{aligned}\tau_{xy} &= \frac{1.43Q}{Lt} = \frac{1.43 \times 15627000}{5300 \times 100} \\ &= 42.16 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

2. Tegangan tekan diagonal, gaya lateral yang terjadi :

$$\begin{aligned}\delta d &= \frac{(0.8 \frac{h}{l} - 0.2)Q}{Lt} = \frac{(0.8 \frac{2700}{5300} - 0.2)15627000}{5300 \times 100} \\ &= 6.12 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Dari hasil analisis tegangan dinding pengisi, didapat tegangan geser melampaui tegangan geser *ultimate*-nya dan tegangan tekan melampaui tegangan tekan *ultimate*-nya.

4.2.2.4. Tegangan geser dan tegangan tekan *ultimate* dinding pengisi susunan satu batako

1. Tegangan Geser:

$$\begin{aligned}\tau_{xy} &= \frac{1.43Q}{Lt} = \frac{1.43 \times 15627000}{5300 \times 400} \\ &= 10.54 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

2. Tegangan tekan diagonal, gaya lateral yang terjadi :

$$\begin{aligned}\delta d &= \frac{(0.8 \frac{h}{l} - 0.2)Q}{Lt} = \frac{(0.8 \frac{2700}{5300} - 0.2)15627000}{5300 \times 400} \\ &= 1.53 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Dari hasil analisis tegangan dinding pengisi, didapat tegangan geser melampaui tegangan geser *ultimate*-nya dan tegangan tekan tidak melampaui tegangan tekan *ultimate*-nya.

4.2.2.5. Tegangan geser dan tegangan tekan *ultimate* dinding pengisi susunan setengah bata ringan

1. Tegangan Geser:

$$\tau_{xy} = \frac{1.43Q}{Lt} = \frac{1.43 \times 15627000}{5300 \times 100} = 42.16 \text{ Mpa}$$

2. Tegangan tekan diagonal, gaya lateral yang terjadi :

$$\delta d = \frac{(0.8 \frac{h}{l} - 0.2)Q}{Lt} = \frac{(0.8 \frac{2700}{5300} - 0.2)15627000}{5300 \times 100} = 6.12 \text{ Mpa}$$

Dari hasil analisis tegangan dinding pengisi, didapat tegangan geser melampaui tegangan geser *ultimate*-nya dan tegangan tekan melampaui tegangan tekan *ultimate*-nya.

4.2.3. Hasil tegangan Geser dan tekan pada dinding pengisi

Dari hasil analisis tegangan dinding pengisi, didapat tegangan geser dan tegangan tekan pada setiap variasi model satu bata dan setengah bata, dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.7: Tegangan geser pada dinding bata.

| Variasi model | Tegangan geser MPa | Tegangan geser <i>ultimate</i> MPa | Keterangan |
|-----------------|--------------------|------------------------------------|------------|
| 1/2 Bata Merah | 38.33 | 0.59 | Melampaui |
| satu bata Merah | 17.57 | 0.59 | Melampaui |
| 1/2 Batako | 42.16 | 0.67 | Melampaui |
| Satu Batako | 10.54 | 0.67 | Melampaui |
| Bata Ringan | 42.16 | 0.60 | Melampaui |

Tabel 4.3: Tegangan tekan pada dinding bata.

| Variasi model | Tegangan tekan MPa | Tegangan tekan <i>ultimate</i> MPa | Keterangan |
|-----------------|--------------------|------------------------------------|-----------------|
| 1/2 Bata Merah | 5.56 | 3.91 | Melampaui |
| satu bata Merah | 2.55 | 3.91 | Tidak Melampaui |
| 1/2 Batako | 6.12 | 4.96 | Melampaui |
| Satu Batako | 1.53 | 4.96 | Tidak Melampaui |
| Bata Ringan | 6.12 | 4.00 | Melampaui |

Berdasarkan Tabel 4.7 tegangan geser yang terjadi pada dinding melebihi tegangan tekan nominal, sehingga tegangan tekan pada dinding tidak memenuhi persyaratan kuat geser dinding. Dan berdasarkan Tabel 4.8 tegangan geser yang terjadi pada dinding satu bata merah dan satu batako tidak melebihi tegangan tekan nominal, sehingga tegangan tekan pada dinding masih memenuhi persyaratan kuat tekan dinding pengisi bata.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Model 1 yang mengalami retak lebih besar terhadap dinding pengisi bata adalah batako yaitu sebesar 28.786 MPa. Dan model 2 yang mengalami retak lebih besar terhadap dinding pengisi bata adalah bata merah yaitu sebesar 17.312 MPa. Sehingga didapatkan presentasi perbandingan terjadinya keretakan pada model 1 dan model 2 dengan variasi jenis bata yang berbeda yaitu:

- Bata merah = 6%
- Batako = 15%
- Bata ringan = 0%

2. Model 1 yang mengalami perpindahan dan kekakuan lebih besar terhadap dinding pengisi bata adalah batako. Dan model 2 yang mengalami perpindahan dan kekakuan lebih besar terhadap dinding pengisi bata adalah batako. Sehingga didapatkan presentasi perbandingan perpindahan dan kekakuan terhadap dinding pengisi pada model 1 dan model 2 dengan variasi jenis bata yang berbeda yaitu:

- Bata merah = 24% untuk kekakuan dan untuk perpindahan 28%
- Batako = 57% untuk kekakuan dan untuk perpindahan 50%
- Bata ringan = 0% untuk kekakuan dan untuk perpindahan 50%

5.2 Saran

Berdasarkan analisa data dan pembahasan mengenai “ Analisis Perilaku Retak dan Kekakuan Terhadap Dinding Pengisi Bata”, maka untuk menyempurnakan penelitian ini kedepan perlu adanya beberapa saran sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya, sebaiknya dinding pengisi dianalisis menggunakan analisis non-linear dan adanya bukaan (opening) pada dinding, seperti pintu dan jendela sehingga hasil analisis dapat mendekati keadaan sesungguhnya di lapangan.

2. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan maka dapat disarankan jika perlunya pengaruh dinding pengisi diperhitungkan dalam perencanaan struktur suatu bangunan, karena dinding pengisi terbukti memberikan pengaruh terhadap kekakuan dari komponen struktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1987). *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. (2019). *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan (ACI 318M-14 dan ACI 318RM-14, MOD)*. Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 8, 254.
- Anggreni, M. Y., dkk. (2015). *Perilaku Tekan Dan Lentur Dinding Pasangan Batako Tanpa Plesteran, Dengan Plesteran Dan Dengan Perkuatan Wiremesh*. Jurnal Spektran, 3(2), 10–19.
- Bell, D. K., & Davidson, B. J. (2001). *Evaluation of Earthquake Risk Buildings with Masonry Infill Panels*. Technical Conference Future Directions A Vision for Earthquake Engineering in New Zealand New Zealand Society for Earthquake Engineering Taupo New Zealand, 4, 1–10.
- Lee, H. S., & Woo, S. (2002). *Effect of masonry infills on seismic performance of a 3-storey R/C frame with non-seismic detailing*. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 31(2), 353–378.
- Nicola, T., Leandro, C., Guido, C., & Enrico, S. (2015). *Masonry infilled frame structures: State-of-the-art review of numerical modelling*. Earthquake and Structures, 8(3), 733–759.
- Tanjung, J. (2016). *Studi Eksperimental tentang Pengaruh Dinding Bata Merah Terhadap Ketahanan Lateral Struktur Beton Bertulang*. Jurnal Teknik Sipil ITB, 23(2), 99–106.
- Crisafulli, F. (1997). *Seismic behaviour of reinforced concrete structures with masonry infills*. (p. 395).
- Dewobroto, W. (2005). *Analisa Inelastis Portal - Dinding Pengisi dengan Equivalent Diagonal Strut*. Journal of Civil Engineering, 12.
- FEMA. (2000). *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings*. Rehabilitation Requirements, 1, 1–518.
- Giri, I. B. D., dkk. (2017). *Pada Gedung Empat Lantai Behavior Of Infilled Frame Structure With Opening On Four*. Universitas Udayana.
- Hanif, N. (2016). *Analisis Sifat Fisis Dan Mekanis Batako Pejal Dalam Meningkatkan Kekuatan Dinding Di Yogyakarta*. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Jusuf, J. S. P., dkk. (2018). *Kehematan Biaya Material Akibat Penggunaan Bata*. Jurnal Teknik Sipil, VII (1), 93–104.

- Leksono, R. S., dkk. (2012). *Studi Pengaruh Kekuatan dan Kekakuan Dinding Bata pada Bangunan Bertingkat*. Jurnal Teknik ITS.
- Mander, J. B., dkk. (1988). *Transverse Reinforcement Occurred , Was Determined By Equating the Work Done on the Confined Concrete and Longitudinal Reinforcement When Deformed in Compression To the Available Strain Energy Capacity of the Transverse Reinforcement When Fracture Occurre*. Journal of Structural Engineering, 114(8), 1827–1849.
- Paulay, T. and P. (1992). *Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings*. In Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering (Vol. 25, Issue 4).
- Saneinejad, A., & Hobbs, B. (1995). *Inelastic design of infilled frames*. Journal of Structural Engineering (United States).
- Sari, M. I., dkk. (2018). *Perilaku Lateral Siklik Portal Beton Bertulang Berisi Dinding Bata Merah*. Jurnal Teknik Sipil.
- Stafford-Smith, B., and Coull, H. (1991). *Tall Building Structures Analysis and Design*, Wiley- Interscience. 536 strán
- Suasira, I. W., dkk. (2016). *Perbandingan Desain Struktur Beton Bertulang Dengan Bata Ringan Dengan Menggunakan Program Sap 2000*. Jurnal Logic. Vol. 16. No. 2.
- T. c. Liauw, dkk (1983). *Plastic theory of infilled frames with finite interface shear strength*. University of Ottawa Library System. Plastic707–723.
- Takim Andriono, & Gideon Hadi Kusuma. (2000). *Tinjauan Terhadap Pembatasan Dimensi Tembok Pengisi Yang Menerima Beban Muka Akibat Gempa*. Civil Engineering Dimension, 2(1), 1–8.
- Wiranata, I. M. K., dkk (2016). *Analisis Sistem Dinding Bata Sebagai Strut Dengan Sistem Open Frame*. Universitas Warmadewa. Vol. 5. No. 2.

LAMPIRAN 1

PERHITUNGAN BEBAN MATI TAMBAHAN DAN HIDUP

1. BEBAN MATI TAMBAHAN

1) Beban mati tambahan pelat lantai

a. Lantai 1

| | | |
|--------------------------|----------|---------------------|
| • Spesi Lantai Keramik | = 0.0042 | kN/m ² |
| • M&E | = 0.19 | kN/m ² |
| • Penutup lantai Keramik | = 0.24 | kN/m ² |
| • Plafon + penggantung | = 0.18 | kN/m ² |
| <hr/> | | |
| Total | = 0.61 | kN/m ² + |

b. Lantai 2

| | | |
|--------------------------|----------|---------------------|
| • Spesi Lantai Keramik | = 0.0042 | kN/m ² |
| • M&E | = 0.19 | kN/m ² |
| • Penutup lantai Keramik | = 0.24 | kN/m ² |
| • Plafon + penggantung | = 0.18 | kN/m ² |
| <hr/> | | |
| Total | = 0.61 | kN/m ² + |

c. Lantai 3

| | | |
|--------------------------|----------|---------------------|
| • Spesi Lantai Keramik | = 0.0042 | kN/m ² |
| • M&E | = 0.19 | kN/m ² |
| • Penutup lantai Keramik | = 0.24 | kN/m ² |
| • Plafon + penggantung | = 0.18 | kN/m ² |
| <hr/> | | |
| Total | = 0.61 | kN/m ² + |

2) Beban mati tambahan pelat atap

a. Lantai atap

| | | |
|------------------------|----------|-------------------|
| • Plafon + penggantung | = 0.18 | kN/m ² |
| • waterproof | = 0.04 | kN/m ² |
| • Plester | = 0.0042 | kN/m ² |
| <hr/> | | |
| Total | = 0.224 | kN/m ² |

2. BEBAN HIDUP

1) Beban hidup pelat lantai

a. Lantai 1

| | | |
|--------------------|--------|-------------------|
| • Toko Eceran Lt.1 | = 4.79 | kN/m ² |
|--------------------|--------|-------------------|

b. Lantai 2

| | | |
|--------------------|--------|-------------------|
| • Toko Eceran Lt.2 | = 3.59 | kN/m ² |
|--------------------|--------|-------------------|

c. Lantai 3

| | | |
|--------------------|--------|-------------------|
| • Toko Eceran Lt.3 | = 3.59 | kN/m ² |
|--------------------|--------|-------------------|

| | | |
|-------|---------|-------------------|
| <hr/> | | |
| Total | = 11.97 | kN/m ² |

2) Beban Hidup Pelat Atap

a. Lantai atap

| | | |
|---------------------------|--------|-------------------|
| • Beban hidup Grosir toko | = 0.96 | kN/m ² |
|---------------------------|--------|-------------------|

| | | |
|-------|--------|-------------------|
| <hr/> | | |
| Total | = 0.96 | kN/m ² |

LAMPIRAN 2

PERHITUNGAN BEBAN GEMPA

1. Umum

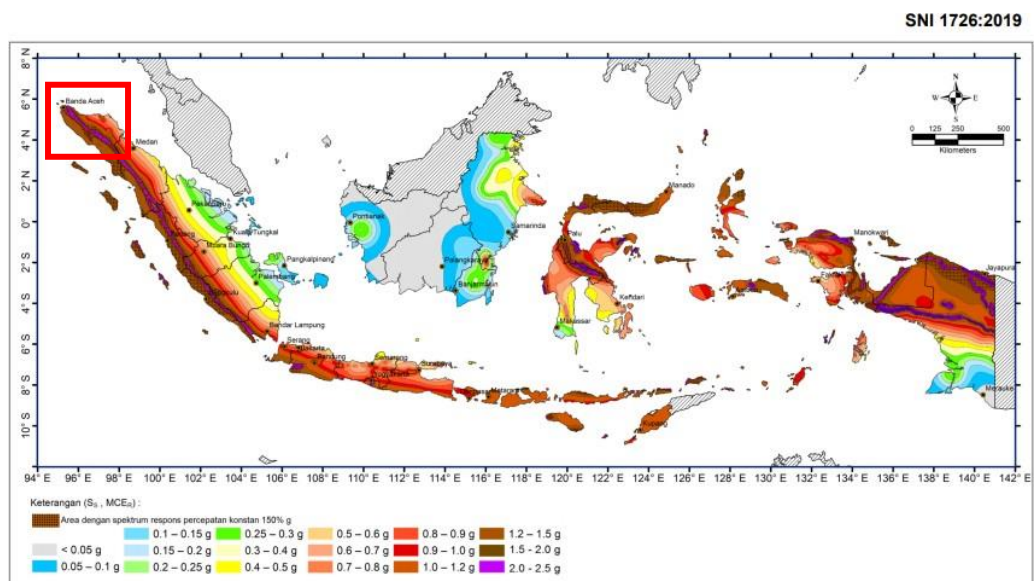
- Fungsi bangunan = Gedung Toko / Ruko
- Lokasi = Banda Aceh
- Kategori resiko = I
- Kelasa situs tanah = SD (Tanah Sedang)

2. Faktor Keutamaan Gempa

Tabel L2.0.1: Faktor kutamaan gempa.

| Kategori Resiko | Faktor Keutamaan Gempa, Ie |
|-----------------|----------------------------|
| I atau II | 1,0 |
| III | 1,25 |
| IV | 1,50 |

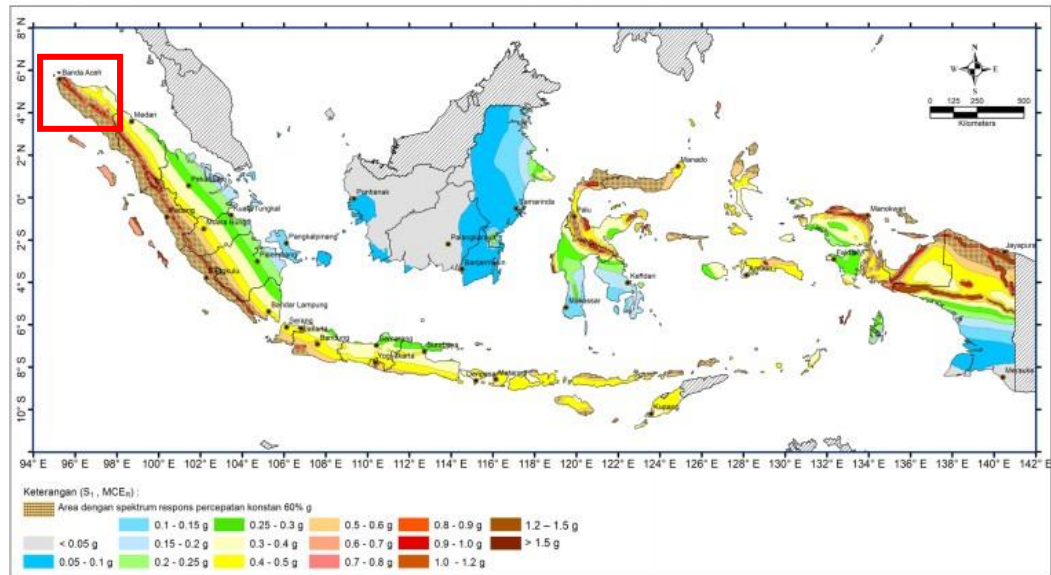
3. Parameter Percepatan Gempa



Gambar L2.0.1: Peta parameter S_s untuk daerah Banda Aceh.

Percepatan gempa untuk periode pendek, (S_s) = 1.5 g

SNI 1726:2019



Gambar L2.0.2: Peta parameter S_1 untuk daerah Banda Aceh.

Percepatan gempa untuk periode pendek, (S_1) = 0.6 g

4. Koefisien Situs

- Faktor amplikasi getaran percepatan pada getaran periode pendek (F_a) = 1
- Faktor amplikasi getaran percepatan pada getaran periode 1 detik (F_v) = 1.7

5. Parameter Respon Spektral

- Parameter respon spektral percepatan pada periode pendek

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s = 1 \cdot 1,5 = 1.5$$

- Parameter respon spektral percepatan pada periode 1 detik

$$S_{M1} = F_a \cdot S_1 = 1,7 \cdot 0,6 = 1.02$$

6. Parameter Percepatan Spektral Desain

- Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek (S_{DS})

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = 1,000$$

- Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek (S_{D1})

- $S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = 0.680$

7. Kategori Desain Seismik

Tabel L2.0.2: Kategori desain seismik untuk periode pendek.

| S_{DS} | Kategori Risiko | | |
|----------------------------|-----------------|--|----|
| | I, 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 |

KDS berdasarkan parameter respon percepatan pada periode pendek = D

Tabel L2.0.3: Kategori desain seismik untuk periode 1 detik.

| S_{D1} | Kategori Risiko | | |
|-----------------------------|-----------------|--|----|
| | I, 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 |

KDS berdasarkan parameter respon percepatan pada periode 1 detik = D

8. Sistem Struktur Pemikul Gaya Seismik

- Sistem pemikul gaya seismik = Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
- Koefisien modifikasi respon, $R = 8$
- Factor kuat lebih sistem, $\Omega_0 = 3$
- Factor pembesaran simpangan lateral, $C_d = 5,5$
- Redudansi, $\rho = 1,3$

9. Spektrum Respon Desain

Tata cara perhitungan spektrum respon desain terdapat pada dibawah ini:

- 1) Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respon percepatan desain S_a , harus diambil sebesar:

$$S_a = S_{DS} \cdot (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_o})$$

- 2) Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_o dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respon percepatan desain, S_a sama dengan S_{DS} .
- 3) Untuk periode yang lebih besar dari T_s tetapi lebih kecil dari atau sama dengan T_L , respon spektral percepatan desain S_a , digunakan formulasi:

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

- 4) Untuk periode lebih besar dari T_L , respon spektral percepatan desain S_a , digunakan formulasi:

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

- 5) Untuk T , T_o , T_s , dan T_L terdapat pada dibawah ini:

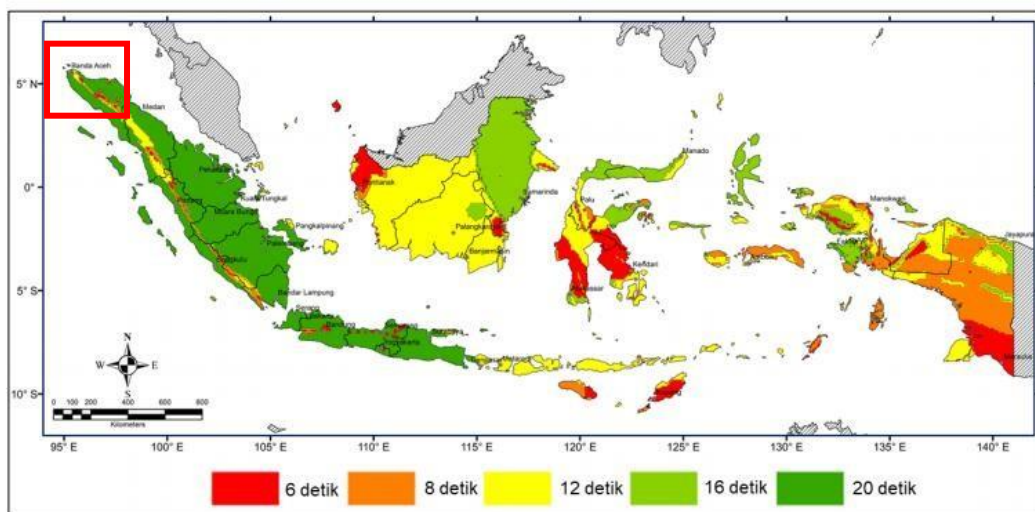
T = periode fundamental struktur

$$T_o = 0,2 \cdot \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \cdot \frac{0,680}{1,000} = 0,13 \text{ detik}$$

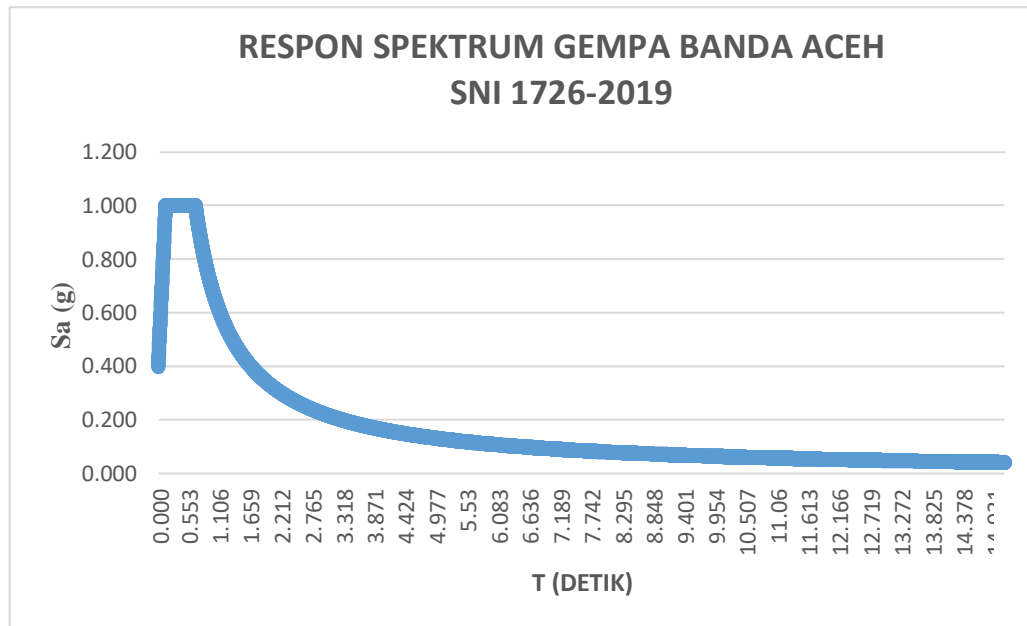
$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,680}{1,000} = 0,680 \text{ detik}$$

$T_L = 20$ detik (terdapat pada gambar L2.3 dibawah ini)

SNI 1726:2019



Gambar L2.0.3: Peta transisi periode panjang, T_L untuk daerah Banda Aceh.



Gambar L2.4: Spektrum respon desain untuk daerah Banda Aceh.

10. Prosedur Analisis

Tabel L2.0.4: Prosedur analisis pembebanan gempa.

| KDS | Karakteristik Struktur | Analisis Gaya Lateral Ekuivalen | Analisis Spektrum Respons Ragam | Prosedur Respons Riwayat Waktu Seismik |
|-------|--|---------------------------------|---------------------------------|--|
| B,C | Semua Struktur | I | I | I |
| D,E,F | Bangunan dengan kategori resiko I dan II yang tidak melebihi 2 tingkat diatas dasar | I | I | I |
| | Struktur tanpa ketidakberaturan struktural dan ketinggiannya tidak melebihi 48,8 m | I | I | I |
| | Struktur tanpa ketidakberaturan struktural dengan ketinggian melebihi 48,8 m dan $T < 3,5 T_s$ | I | I | I |
| | Struktur dengan ketinggian tidak melebihi 48,8 m dan hanya memiliki ketidakberaturan horizontal tipe 2,3,4 atau 5 atau ketidakberaturan vertikal tipe 4, 5a, atau 5b | I | I | I |
| | Semua struktur lainnya | TI | I | I |

Ket: TI = Tidak diizinkan, I = Diizinkan

11. Penentuan Periode

Tabel L2.0.5: Penentuan nilai C_t dan x .

| Tipe Struktur | C_t | x |
|---|--------|------|
| Sistem rangka pemikul momen dimana 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 eksentrik | 0,0731 | 0,75 |
| Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk | 0,0731 | 0,75 |
| Semua sistem struktur lainnya | 0,0488 | 0,75 |

$$T_{\text{aminimum}} = C_t \cdot h_n^x = 0,0466 \times 16^{0,9} = 0,565 \text{ detik}$$

Ket:

h_n = ketinggian struktur (m)

Tabel L2.0.6: Penentuan nilai C_u .

| Parameter percepatan respon spectral desain pada 1 detik, S_{D1} | Koefisien C_u |
|--|-----------------|
| $\geq 0,4$ | 1,4 |
| 0,3 | 1,4 |
| 0,2 | 1,5 |
| 0,15 | 1,6 |
| $\leq 0,1$ | 1,7 |

$$T_{\text{amaksimum}} = C_u \cdot T_{\text{aminimum}} = 1,4 \times 0,69839 = 0,565 \text{ detik}$$

Periode arah X

Periode arah Y

$$T_{\text{software}} = 0,803 \text{ detik}$$

$$T_{\text{software}} = 0,803 \text{ detik}$$

$$T_{\text{aminimum}} = 0,565 \text{ detik}$$

$$T_{\text{aminimum}} = 0,565 \text{ detik}$$

$$T_{\text{amaksimum}} = 0,791 \text{ detik diambil}$$

$$T_{\text{amaksimum}} = 0,791 \text{ detik diambil}$$

12. Gaya Lateral Gempa

Tabel L2.0.7: Gaya lateral gempa pada arah X dan Y.

| Lantai | Tinggi | X | Y |
|--------|--------|----------|----------|
| | m | KN | KN |
| Atap | 4 | 619.9228 | 619.9228 |
| 3 | 4 | 607.014 | 607.014 |
| 2 | 4 | 416.586 | 416.586 |
| 1 | 4 | 207.6703 | 207.6703 |

13. Story Shears

Tabel L2.8: Story Shears arah X.

| Lantai | Tinggi | X | Y |
|--------|--------|-----------|----------|
| | m | KN | KN |
| Atap | 4 | 619.9228 | 143.0039 |
| 3 | 4 | 1226.9368 | 283.5306 |
| 2 | 4 | 1643.5228 | 379.6487 |
| 1 | 4 | 1851.1931 | 427.1748 |
| Base | 0 | 0 | 0 |

Tabel L2.9: Story Shears arah Y.

| Lantai | Tinggi | X | Y |
|--------|--------|----------|-----------|
| | m | KN | KN |
| Atap | 4 | 143.0039 | 619.9228 |
| 3 | 4 | 283.5306 | 1226.9368 |
| 2 | 4 | 379.6487 | 1643.5228 |
| 1 | 4 | 427.1748 | 1851.1931 |
| Base | 0 | 0 | 0 |

14. Modal

Dalam (SNI 1726-2019) dijelaskan bahwa analisis harus dilakukan untuk menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi 100% dari massa struktur.

Tabel L2.9: Modal pada arah X dan Y

| Mode | Periode detik | UX | UY | Sum UX | Sum UY |
|------|---------------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 0.754 | 0.0205 | 0.7698 | 0.0205 | 0.7698 |
| 2 | 0.754 | 0.7698 | 0.0205 | 0.7903 | 0.7903 |
| 3 | 0.618 | 0 | 0 | 0.7903 | 0.7903 |
| 4 | 0.234 | 0.0035 | 0.1355 | 0.7938 | 0.9259 |
| 5 | 0.234 | 0.1355 | 0.0035 | 0.9294 | 0.9294 |
| 6 | 0.196 | 0 | 0 | 0.9294 | 0.9294 |
| 7 | 0.118 | 0.0014 | 0.0539 | 0.9308 | 0.9833 |
| 8 | 0.118 | 0.0539 | 0.0014 | 0.9847 | 0.9847 |
| 9 | 0.1 | 0 | 0 | 0.9847 | 0.9847 |
| 10 | 0.078 | 0.0134 | 0.0019 | 0.9981 | 0.9866 |
| 11 | 0.078 | 0.0019 | 0.0134 | 1 | 1 |
| 12 | 0.067 | 0 | 0 | 1 | 1 |

15. Faktor Skala

Untuk gaya geser dasar hasil analisis ragam (V_t) kurang dari 100% dari gaya geser dasar (V) yang dihitung melalui metode static ekuivalen, maka gaya tersebut harus dikalikan dengan V/V_t , dimana V merupakan gaya geser dasar static ekuivalen dan V_t merupakan gaya geser dasar yang didapat dari analisis kombinasi ragam.

Koefisien respons seismik dinyatakan sebagai berikut:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} = \frac{1,000}{\frac{8}{1}} = 0,13$$

Nilai C_s tidak lebih dari:

-Untuk $T < T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{\frac{R}{T \cdot (I_e)}} = \frac{0,680}{0,791 \cdot \frac{8}{1}} = 0,107$$

C_s tidak kurang dari:

$$C_s = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e = 0,044 \times 1,000 \times 1 = 0,04400 \geq 0,01$$

C_s minimum tambahan berdasarkan S_1 jika melebihi besar atau sama dengan 0,6 g

Maka:

$$C_s = \frac{S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,5 \times 0,6}{\left(\frac{8}{1,0}\right)} = 0,0375$$

Maka, nilai C_s yang dipakai $C_s = 0,107$.

Berat total struktur $W = 17707,7049$ KN, maka gaya geser static ekuivalen sebagai berikut:

- Gaya geser statik
 $V_x = C_s \text{ pakai} \times W = 1902,65157$ KN
 $V_y = C_s \text{ pakai} \times W = 1902,65157$ KN
- Gaya geser dinamik
RS Max X = 1507,6244 KN

$$RS \text{ Max Y} = 1507,6244 \text{ KN}$$

Maka cek:

$$V_{tx}/V_x = RS \text{ Max X} / (V_x \times 100) = 79,2380 \text{ KN (Not Oke)}$$

$$V_{ty}/V_y = RS \text{ Max Y} / (V_y \times 100) = 79,2380 \text{ KN (Not Oke)}$$

Dengan V_{tx}/V_x dan $V_{ty}/V_y < 100\%$, maka faktor skala gaya harus diperhitungkan.

- Faktor Skala Gaya

$$\frac{g \cdot I_e}{R} = \frac{9,81 \times 1}{8} = 1,22625$$

- Gaya geser statik

$$V_x = C_s \text{ pakai } \times W = 1902.65157 \text{ KN}$$

$$V_y = C_s \text{ pakai } \times W = 1902.65157 \text{ KN}$$

- Gaya geser dinamik

$$RS \text{ Max X} = 1902,652 \text{ KN}$$

$$RS \text{ Max Y} = 1902,652 \text{ KN}$$

Maka cek:

$$V_{tx}/V_x = RS \text{ Max X} / (V_x \times 100) = 100 \text{ KN (Oke)}$$

$$V_{ty}/V_y = RS \text{ Max Y} / (V_y \times 100) = 100 \text{ KN (Oke)}$$

Dengan V_{tx}/V_x dan $V_{ty}/V_y = 100\%$, maka factor skala gaya harus diperhitungkan sudah benar.

LAMPIRAN 3

PERHITUNGAN BEBAN ANGIN

1. Kecepatan angin

- Jarak = 72 km
- Kecepatan (V) = 10.44 km/jam
= 2.9 m/s
= 6.4728 mph

2. Faktor angin

- Faktor arah angin, kd = 0.85 (SPGAU)

3. Exposur

- Kekasaran permukaan = B
- Kategori eksposur = C

4. Efek topografi

- Jarak sisi angin datang dari bukit ke lokasi gedung, $X_{\text{datang}} = 67700$ m
- Jarak sisi angin pergi dari bukit ke lokasi gedung, $X_{\text{pergi}} = 67700$ m
- Tinggi bukit, H = 924 m
- Jarak horizontal dari sisi angin datang, Lh = 38300 m
- Ketinggian diatas permukaan tanah, z = 18 m

$$\frac{H}{Lh} = 0.02 > 0.5$$

$$= 0.5 \text{ (diambil)}$$

$$K_1 = 0.72 \text{ (Bukit 2-D)}$$

Untuk nilai K_2 dikarenakan bukit 2-D harus menggunakan formulasi:

$$K_2 = (1 - |x| / (\mu \cdot L_h))$$

$$\frac{K_1}{Lh} = 1.5$$

$$\mu \text{ datang} = 1.5$$

$$\mu \text{ pergi} = 1.5$$

$$\gamma = 3$$

$$\text{Maka, } K_2 \text{ datang} = -0.17842$$

$$K_2 \text{ pergi} = -0.17842$$

$$K_1 = 1$$

5. Faktor topografi

- $K_{zt} \text{ datang} = 0.87154$
- $K_{zt} \text{ pergi} = 0.87154$

6. Faktor elevasi permukaan tanah

- Elevasi tanah diatas permukaan laut, $z_g = 1732 \text{ m}$
- Faktor elevasi permukaan tanah, $K_e = 0.8$

7. Koefisien eksposur tekanan kecepatan, K_h dan K_z

- Elevasi tanah diatas permukaan tanah, $z = 12.5 \text{ m}$
- K_z dan $K_h = 1.04$

8. Tekanan kecepatan

- $q_z = 0,613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times K_e \times V_2$
 $= 3.178$

9. Faktor efek tiupan angin

- Faktor Efek tiupan angin $= 0.85$
- K_h dan $K_z = 1.04$

10. Faktor efek hembusan angin

- Faktor efek hembusan angin, $G = 0.85$

11. Koefisien tekanan internal, G_{cpi}

- Klasifikasi = Bangunan tertutup

- $G_{cpi \text{ datang}} = 0.18$
- $G_{cpi \text{ pergi}} = -0.18$

12. Koefisien tekanan dinding, C_p

- $L/B = 1$
- Dinding disisi angin datang = 0.8
- Dinding disisi angin pergi = -0.5

13. Tekanan angin desain

- $p = qG C_p - q_i(G_{cpi})$
- $P_{\text{datang}} = 1.588753 \text{ N/m}^2$
= 0.12 kN
- $P_{\text{pergi}} = -0.77849 \text{ N/m}^2$
= -0.05955 kN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama : Dwi Saputri
Panggilan : Dwi
Tempat, Tanggal Lahir : Parbutaran, 05 Januari 1998
Jenis Kelamin : Perempuan
Alamat Sekarang : Jl. Bukit Barisan I No. 14/25, Glugur Darat I,
Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera
Utara
HP/Tlpn Seluler : 085270744255

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1607210018
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Jenis Kelamin : Perempuan
Peguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Peguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 3 Medan 20238

PENDIDIKAN FORMAL

| Tingkat Pendidikan | : Nama dan Tempat Tahun Kelulusan | |
|--------------------------|-----------------------------------|------|
| Sekolah Dasar | : SDN 095217 | 2010 |
| Sekolah Menengah Pertama | : SMP Negeri 2 Bosar Maligas | 2013 |
| Sekolah Menengah Atas | : SMA Negeri 1 Bandar | 2016 |

ORGANISASI

| Informasi | Tahun |
|---|-----------|
| <u>IMM Bidang Sekretaris Seni Budaya dan Olahraga</u> | 2017-2018 |