

**TUGAS AKHIR**

**STUDI TINGKAT KERENTANAN *NON-ENGINEERED BUILDING*  
MENGUNAKAN DINDING PASANGAN BATA MERAH  
SETENGAH BATU**

Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik di  
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



**Disusun oleh:**

**Resa Rosliati**

**20150110182**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2019**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Resa Rosliati  
NIM : 20150110182  
Judul : Studi Tingkat Kerentanan *Non-Engineered Building*  
menggunakan Dinding Pasangan Bata Merah Setengah  
Batu

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya saya sendiri. Apabila terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber secara jelas. Jika dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak mana pun.

Yogyakarta, 25 Februari 2019

Yang membuat pernyataan



Resa Rosliati

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Tugas akhir ini dipersembahkan untuk kedua orang tua dan seluruh saudara yang selalu memberikan semangat, doa, dan dukungan demi kelancaran dan keberhasilan tugas akhir ini.

Semoga dapat bermanfaat bagi agama, bangsa, dan negara.

## PRAKATA



*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Segala puji bagi Allah SWT Yang Menguasai segala sesuatu, Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui kerentanan *non-engineered building* yang menggunakan dinding pasangan bata merah setengah batu.

Selama penyusunan Tugas Akhir ini penulis mendapat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak sehingga dapat terselesaikan dengan baik. Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih atas dukungan dari berbagai pihak yakni kepada:

1. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
2. Ir. Fadillawaty Saleh, M.T. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir,
3. Fanny Monika, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir,
4. kedua Orang Tua dan adik yang selalu memberikan arahan selama belajar dan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini, dan
5. semua pihak yang telah membantu dalam membuat Tugas Akhir ini

Akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta diiringi dengan doa untuk menyelesaikan tugas akhir ini hanya kepada Allah SWT semua dikembalikan.

*Wallahu a'lam bi Showab.*

*Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Yogyakarta, 25 Februari 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL.....   | i    |
| LEMBAR PENGESAHAN .....  | iii  |
| HALAMAN PERNYATAAN .....   | iv   |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....  | v    |
| PRAKATA.....   | vi   |
| DAFTAR ISI.....  | vii  |
| DAFTAR TABEL.....  | ix   |
| DAFTAR GAMBAR .....  | x    |
| DAFTAR LAMPIRAN.....   | xiii |
| DAFTAR SINGKATAN .....   | xiv  |
| DAFTAR ISTILAH .....   | xv   |
| INTISARI.....  | xvi  |
| <i>ABSTRACT</i> .....  | xvii |
| BAB I. PENDAHULUAN .....   | 1    |
| 1.1. Latar Belakang.....   | 1    |
| 1.2. Rumusan Masalah.....  | 2    |
| 1.3. Lingkup Penelitian.....   | 2    |
| 1.4. Tujuan Penelitian .....   | 3    |
| 1.5. Manfaat Penelitian .....  | 3    |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....                    | 4    |
| 2.1 Tinjauan Pustaka .....   | 4    |
| 2.1.2 Penelitian Numerik tentang Modelling Non-Engineered Building.. | 10   |
| 2.1.2 Penelitian Numerik tentang Dinding.....                        | 10   |
| 2.2 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitiin Sekarang .....  | 14   |
| 2.3 Landasan Teori .....   | 17   |
| 2.3.1 Struktur Bangunan Sederhana .....                              | 17   |
| 2.3.2 Kerentanan Stuktur.....  | 18   |
| 2.3.3 Perilaku Dinding Akibat Gempa.....                             | 18   |
| 2.3.4 Daktilitas .....   | 21   |
| 2.3.5 Kekakuan.....  | 212  |
| 2.3.6 Percepatan Gempa.....  | 233  |
| 2.3.7 <i>Finite Element Method</i> .....                             | 244  |
| 2.3.7.1 Kekakuan .....   | 24   |

|   |      |
|---|------|
| 2.2.7.2 Percepatan Gempa .....                              | 255  |
| BAB III. METODE PENELITIAN.....                             | 277  |
| 3.1 Materi Penelitian .....                                 | 277  |
| 3.2 Desain Bangunan .....                                   | 277  |
| 3.3 <i>Material Properties</i> .....                        | 30   |
| 3.4 Data Gempa.....   | 30   |
| 3.5 Metode Penelitian.....                                  | 31   |
| 3.6 Langkah-langkah Pemodelan STERA 3D .....                | 313  |
| 3.7 Langkah-langkah Pemodelan STERA FEM .....               | 315  |
| BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....               | 377  |
| 4.1 Hasil Analisis <i>Non-Engineered Building</i> .....     | 377  |
| 4.1.1 Hasil Pemodelan .....                                 | 377  |
| 4.1.2 Kekakuan Geser.....                                   | 388  |
| 4.1.3 Percepatan Gempa .....                                | 40   |
| 4.2 Hasil Analisis Dinding .....                            | 42   |
| 4.2.1 Dinding Bangunan untuk Penampang Bentuk Persegi ..... | 42   |
| 4.2.2 Dinding Bangunan untuk Penampang Bentuk L .....       | 455  |
| BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....                            | 499  |
| 5.1 Kesimpulan .....  | 499  |
| 5.2 Saran.....  | 49   |
| DAFTAR PUSTAKA .....  | 500  |
| LAMPIRAN .....  | 5252 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1 Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang.....                           | 14 |
| Tabel 3.1 Dimensi struktur <i>non-engineered building</i> .....                                    | 28 |
| Tabel 3.2 <i>Material properties</i> balok dan kolom .....   | 28 |
| Tabel 3.3 <i>Material properties</i> bata merah (Leksono dkk, 2012; Pukhkal dan Murgul, 2017)..... | 28 |
| Tabel 4.1 Nilai percepatan maksimum pada tiap penampang bangunan .....                             | 36 |
| Tabel 4.2 Nilai defleksi dinding pada saat pertama kali retak .....                                | 37 |
| Tabel 4.3 Nilai defleksi dinding bangunan untuk penampang bentuk persegi .....                     | 39 |
| Tabel 4.4 Nilai defleksi dinding pada saat pertama kali retak .....                                | 40 |
| Tabel 4.5 Nilai defleksi dinding bangunan untuk penampang L .....                                  | 42 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1 (a) Kurva pushover; (b) kurva kapasitas modal (Korkmaz dkk., 2018) .....   | 4  |
| Gambar 2.2 Kurva pergeseran <i>out-of-plane</i> untuk dinding bertulang (RM) dan dinding tak bertulang (UM) di sisi (a,b) Selatan; (c,d) Barat; (e,f) Timur (Avila dkk., 2018) .....            | 5  |
| Gambar 2.3 Kurva pergeseran <i>in-plane</i> untuk dinding bertulang (RM) (a) dinding Utara; (b) dinding Barat; (c) dinding Selatan; (e) dinding Timur (Avila dkk., 2018) .....                  | 6  |
| Gambar 2.4 Kurva pergeseran <i>in-plane</i> untuk dinding tak bertulang (UM) (a) dinding Utara; (b) dinding Barat; (c) dinding Selatan; (e) dinding Timur (Avila dkk., 2018) .....              | 6  |
| Gambar 2.5 Kurva hysteresis untuk bangunan asimetris dengan dinding bertulang (RM) dan dinding tak bertulang (UM) (a) arah longitudinal; (b) arah transversal (Avila dkk., 2018) .....          | 6  |
| Gambar 2.6 Pola kerusakan pada bangunan asimetris (a, b) bangunan bertulang; (c, d) bangunan tak bertulang (Avila dkk., 2018) .....   | 7  |
| Gambar 2.7 Kurva rotasi torsional untuk dinding bertulang (RM) dan dinding tak bertulang (UM) (Avila dkk., 2018) .....  | 7  |
| Gambar 2.8 Perbandingan antara pola kerusakan dan pola retak analisis pushover dengan gaya horizontal dari arah Barat (a) sisi Selatan; (b) sisi Utara (Catellazzi dkk., 2017) .....            | 8  |
| Gambar 2.9 Perbandingan antara pola kerusakan dan pola retak analisis pushover dengan gaya horizontal dari arah Selatan (a) sisi Barat; (b) sisi Timur (Catellazzi dkk., 2017) .....            | 8  |
| Gambar 2.10 Kurva kapasitas dan urutan kegagalan bangunan dalam arah y (Castori dkk., 2017) .....   | 9  |
| Gambar 2.11 Hasil analisis non-linier (a) pola retak di seluruh bangunan; (b) pola retak di panel dinding (Castori dkk., 2017) .....  | 9  |
| Gambar 2.12 Perbandingan hubungan defleksi dengan beban antara eksperimental dan numerik (Baghi dkk., 2018) .....   | 11 |
| Gambar 2.13 Perbandingan hubungan tegangan dengan beban antara eksperimental dan numerik (Baghi dkk., 2018) .....   | 11 |
| Gambar 2.14 Hubungan perpindahan dengan disipasi energi (a) model 1; (b) model 2 (Noh dkk., 2017) .....   | 13 |
| Gambar 2.15 Penyebab kerentanan bangunan (Zulfar dkk., 2014) .....  | 18 |
| Gambar 2.16 Perilaku beban gempa pada pasangan dinding (a) komponen dasar dari pasangan bata; (b) arah gaya pada dinding saat terjadi gempa (Murti, 2003 dalam Prayuda dan Cahyati, 2016) ..... | 20 |
| Gambar 2.17 Penentuan nilai $\Delta_y$ (Sudjati, 2007) .....  | 21 |



|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.18 Elemen balok dengan titik nodal (Sutresman dan Tjandinegara, 2013) .....  | 24 |
| Gambar 2.19 Komponen matriks [U] (Saito, 2017).....   | 26 |
| Gambar 3.1 Denah bangunan dengan (a) penampang persegi; (b) penampang bentuk L dalam satuan cm .....                        | 28 |
| Gambar 3.2 Dinding penuh untuk (a) penampang persegi; (b) penampang bentuk L dalam satuan cm .....                          | 28 |
| Gambar 3.3 Dinding dengan bukaan pintu untuk (a) penampang persegi; (b) penampang bentuk L dalam satuan cm .....            | 29 |
| Gambar 3.4 Dinding dengan bukaan pintu dan jendela untuk (a) penampang persegi; (b) penampang bentuk L dalam satuan cm..... | 29 |
| Gambar 3.5 Rekaman gempa arah sumbu X.....  | 30 |
| Gambar 3.6 Rekaman gempa arah sumbu Y.....  | 31 |
| Gambar 3.7 Rekaman gempa arah sumbu Z .....   | 31 |
| Gambar 3.8 Bagan alir secara umum alur penelitian .....   | 32 |
| Gambar 3.9 Alur pemodelan dengan STERA 3D dan STERA FEM .....   | 33 |
| Gambar 3.10 Tampilan awal STERA 3D .....  | 33 |
| Gambar 3.11 Tampilan model struktur aktual .....  | 34 |
| Gambar 3.12 Tampilan analisis selesai .....   | 34 |
| Gambar 3.13 <i>Response setting</i> menambah beban gempa .....  | 34 |
| Gambar 3.14 Tampilan awal STERA FEM .....   | 35 |
| Gambar 3.15 Tampilan model struktur aktual .....  | 35 |
| Gambar 3.16 Tampilan analisis selesai .....   | 36 |
| Gambar 3.17 Tampilan pola keruntuhan.....   | 36 |
| Gambar 4.1 Hasil pemodelan <i>non-engineered building</i> untuk penampang bentuk persegi .....                              | 37 |
| Gambar 4.2 Hasil pemodelan <i>non-engineered building</i> untuk penampang bentuk L .....                                    | 37 |
| Gambar 4.3 Kerusakan untuk penampang bentuk persegi.....  | 38 |
| Gambar 4.4 Kerusakan untuk penampang bentuk L.....  | 38 |
| Gambar 4.5 Hubungan antara gaya geser dasar dan perpindahan untuk penampang bentuk persegi .....                            | 39 |
| Gambar 4.6 Hubungan antara gaya geser dasar dan perpindahan untuk penampang bentuk L .....                                  | 39 |
| Gambar 4.7 Hubungan antara percepatan dan waktu untuk penampang bentuk persegi arah X .....                                 | 40 |
| Gambar 4.8 Hubungan antara percepatan dan waktu untuk penampang bentuk persegi arah Y .....                                 | 40 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 4.9 Hubungan antara percepatan dan waktu untuk penampang bentuk L arah X .....      | 40 |
| Gambar 4.10 Hubungan antara percepatan dan waktu untuk penampang bentuk L arah Y .....     | 41 |
| Gambar 4.11 Skala warna distribusi tegangan dinding.....                                   | 42 |
| Gambar 4.12 Pola keruntuhan dinding dengan beban 2,5 kN (a, b) arah X; (c, d) arah Y ..... | 43 |
| Gambar 4.13 Pola keruntuhan dinding dengan beban 5 kN (a, b) arah X; (c, d) arah Y .....   | 43 |
| Gambar 4.14 Pola keruntuhan dinding dengan beban 7,5 kN (a, b) arah X; (c, d) arah Y ..... | 44 |
| Gambar 4.14 Hubungan antara beban dan defleksi pada arah X .....                           | 44 |
| Gambar 4.15 Hubungan antara beban dan defleksi pada arah Y .....                           | 45 |
| Gambar 4.16 Pola keruntuhan dinding dengan beban 2,5 kN (a, b) arah X; (c, d) arah Y ..... | 46 |
| Gambar 4.17 Pola keruntuhan dinding dengan beban 5 kN (a, b) arah X; (c, d) arah Y .....   | 46 |
| Gambar 4.18 Pola keruntuhan dinding dengan beban 7,5 kN (a, b) arah X; (c, d) arah Y ..... | 46 |
| Gambar 4.19 Hubungan antara beban dan defleksi pada arah X .....                           | 47 |
| Gambar 4.20 Hubungan antara beban dan defleksi pada arah Y .....                           | 47 |

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Pola Keruntuhan Dinding .....52

## DAFTAR SINGKATAN

| Simbol            | Keterangan                                    |
|-------------------|---|
| $K_e$             | Kekakuan elastik                              |
| $P_{peak}$        | Beban puncak                                  |
| $\Delta P_{peak}$ | Simpangan puncak                              |
| $S_u$             | Kuat geser                                    |
| $P_u$             | Beban geser ultimit                           |
| $b$               | Lebar dinding yang dikenai beban              |
| $P_{yield}$       | Beban pada kondisi leleh                      |
| $A$               | Luas sesuai beban-simpangan yang diamati      |
| $\Delta_{yield}$  | Simpangan leleh                               |
| PGA               | <i>Peak Ground Acceleration</i>               |
| $\Delta$          | Jarak episenter                               |
| $I_0$             | Intensitas sumber gempa                       |
| $I$               | Intensitas pada jarak episenter               |
| $a$               | Percepatan tanah pada tempat yang akan dicari |
| $M$               | Magnitudo                                     |
| $r$               | Jarak hiposenter                              |
| $h$               | Kedalaman sumber gempa                        |

## DAFTAR ISTILAH

1. **Beban Mati**  
Beban dengan besar yang konstan dan berada pada posisi yang sama setiap saat.
2. **Beban Gempa**  
Beban yang bekerja pada struktur akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan karena adanya gempa bumi baik itu gempa tektonik atau vulkanik) yang mempengaruhi struktur tersebut.
3. **Defleksi**  
Perubahan bentuk pada balok dalam arah y akibat adanya pembebanan vertikal yang diberikan pada balok atau batang.
4. *Finite Element Method*  
Metode elemen hingga untuk menyelesaikan suatu problem dengan cara membagi objek analisa menjadi bagian-bagian kecil yang terhingga.
5. **Gaya Geser Dasar**  
Gaya yang bekerja pada dasar bangunan.
6. **Kekakuan**  
Sifat bahan yang mampu regang pada tegangan tinggi tanpa diikuti regangan yang besar.
7. **Percepatan Tanah Maksimum**  
Percepatan terbesar pada permukaan yang pernah terjadi di suatu wilayah dalam periode waktu tertentu akibat getaran gempa.
8. **Simpangan**  
Jarak antara kedudukan benda yang bergetar pada suatu saat sampai kembali pada kedudukan seimbangnya.