

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS NUMERIS KERENTANAN BANGUNAN RUMAH  
SEDERHANA BATU BATA TERHADAP GEMPA**



**Disusun oleh:**

**Melati Sukma Astie Baroo**

**20150110070**

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

**2019**

## **TUGAS AKHIR**

# **ANALISIS NUMERIS KERENTANAN BANGUNAN RUMAH SEDERHANA BATU BATA TERHADAP GEMPA**

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



**Disusun oleh:**

**Melati Sukma Astie Baroo**

**20150110070**

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

**2019**

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**  
*APPROVAL SHEET*

Judul : Analisis Numeris Kerentanan Bangunan Rumah  
*Title* : Sederhana Batu Bata Terhadap Gempa  
*Numerical Analysis of Simple Brick Houses Loads Under Earthquakes*

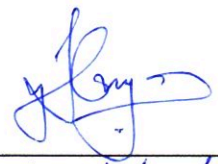
Mahasiswa : Melati Sukma Astie Baroo  
*Student*

Nomor Mahasiswa : 20150110070  
*Student ID.*


Dosen Pembimbing : 1. Taufiq Ilham Maulana, S.T., M.Eng.  
*Advisors*

Telah disetujui oleh Tim Penguji :  
*Approved by the Committee on Oral Examination*

Taufiq Ilham Maulana, S.T., M.Eng.  
Ketua Tim Penguji  
*Chair*


:   
Yogyakarta, 5/8/2019

Restu Faizah, S.T., M.T.  
Anggota Tim Penguji  
*Member*

:   
Yogyakarta, 5/8/2019

Diterima dan disetujui sebagai persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik  
*Accepted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Bachelor of Engineering*

Ketua Program Studi  
*Head of Department*


Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D.

NIK. 19740607 201404 123 064

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Melati Sukma Astie Baroo  
NIM : 20150110070  
Judul : Analisis Numeris Kerentanan Bangunan Rumah  
Sederhana Batu Bata Terhadap Gempa

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, 10 Juli 2019

Yang membuat pernyataan



Melati Sukma Astie Baroo

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Alhamdulillah hirabbil alamin, segala puji bagi Allah SWT Tuhan pencipta semesta alam. Berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam senantiasa dicurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Tugas akhir ini dipersembahkan untuk kedua orang tua, kakak, dan seluruh keluarga besar. Tugas akhir ini juga dipersembahkan untuk almamater Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

## PRAKATA



*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Analisis Numeris Kerentanan Bangunan Rumah Sederhana Batu Bata Terhadap Gempa”**.

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 *displacement* dan tegangan pada bangunan sederhana yaitu perumahan dengan berbagai tipe.

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

1. Bapak Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Taufiq Ilham Maulana, S.T., M. Eng. Selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan pengarahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Kedua Orang Tua yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan.

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, 10 Juli 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL.....  | i    |
| LEMBAR PENGESAHAN .....   | iii  |
| HALAMAN PERNYATAAN .....  | iv   |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....   | v    |
| PRAKATA.....  | vi   |
| DAFTAR ISI.....   | vii  |
| DAFTAR TABEL.....   | x    |
| DAFTAR GAMBAR .....   | xi   |
| DAFTAR LAMPIRAN.....  | xiii |
| DAFTAR SINGKATAN .....  | xiv  |
| DAFTAR ISTILAH .....  | xv   |
| ABSTRAK .....   | 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 .....   | 5    |
| 2.1. Tinjauan Pustaka.....  | 5    |
| 2.1.1. Penelitian Terdahulu dengan Analisis Perpindahan ( <i>Displacement</i> )<br>dan Tegangan ..... | 6    |
| 2.1.2. Dinding Batu Bata .....  | 6    |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.1.3. Analisis Metode Elemen Hingga.....                              | 7         |
| 2.2. Dasar Teori .....   | 8         |
| 2.2.1. Gempa Bumi .....  | 8         |
| 2.2.2. Batu Bata .....   | 9         |
| 2.2.3. Peta Gempa 2017 .....   | 9         |
| 2.2.4. Beban Gempa Berdasarkan SNI 1726:2012.....                      | 10        |
| <b>BAB III. METODE PENELITIAN.....</b>                                 | <b>18</b> |
| 3.1. Tahapan Penelitian.....   | 18        |
| 3.2. Pemodelan Tiga Dimensi pada Program <i>FreeCAD</i> .....          | 21        |
| 3.3. Input Geometri dan Analisis pada Program <i>LISA-FEA</i> .....    | 24        |
| <b>BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>                   | <b>40</b> |
| 4.1. Hasil Pemodelan Benda Uji pada Program <i>FreeCAD</i> .....       | 40        |
| 4.2. Perhitungan untuk <i>Input Software</i> .....                     | 40        |
| 4.2.1. Menghitung Respon Spektrum.....                                 | 40        |
| 4.2.2. Menghitung Volume .....   | 42        |
| 4.2.3. Menghitung Massa .....  | 44        |
| 4.2.4. Menghitung Gaya Gempa, F .....                                  | 44        |
| 4.3. Hasil Konvergensi .....   | 45        |
| 4.4. Hasil <i>Displacement</i> dan Tegangan <i>von Misses</i> .....    | 47        |
| 4.4.1. Hasil <i>Displacement</i> dan Tegangan pada Rumah Tipe 21 ..... | 47        |
| 4.4.2. Hasil <i>Displacement</i> dan Tegangan pada Rumah Tipe 36 ..... | 49        |
| 4.4.2. Hasil <i>Displacement</i> dan Tegangan pada Rumah Tipe 45 ..... | 50        |
| 4.4.3. Hasil <i>Displacement</i> dan Tegangan pada Rumah Tipe 50 ..... | 51        |
| 4.5. Distribusi Tegangan.....  | 53        |
| <b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>                                | <b>54</b> |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>  | <b>55</b> |



|               |    |
|---------------|----|
| LAMPIRAN..... | 57 |
|---------------|----|

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa .....    | 10 |
| Tabel 2.2 Faktor keutamaan gempa .....  | 12 |
| Tabel 2.3 Klasifikasi situs .....   | 12 |
| Tabel 2.4 Klasifikasi situs .....   | 13 |
| Tabel 2.5 Koefisien situs, $F_a$ .....  | 13 |
| Tabel 2.6 Koefisien situs, $F_v$ .....  | 14 |
| Tabel 2.7 Nilai parameter periode pendekatan $C_t$ dan $x$ .....                    | 15 |
| Tabel 2.8 Faktor $R$ , $C_d$ , dan $\Omega_0$ untuk sistem penahan gaya gempa ..... | 16 |
| Tabel 2.9 Simpangan antar lantai ijin .....   | 17 |
| Tabel 3.1 Nilai <i>displacement</i> dari jumlah elemen .....                        | 38 |
| Tabel 4.1 Hasil <i>running</i> ukuran elemen .....                                  | 46 |
| Tabel 4.2 Hasil analisis numeris pada rumah tipe 21 .....                           | 48 |
| Tabel 4.3 Hasil analisis numeris pada rumah tipe 36 .....                           | 50 |
| Tabel 4.4 Hasil analisis numeris pada rumah tipe 45 .....                           | 51 |
| Tabel 4.5 Hasil analisis numeris pada rumah tipe 50 .....                           | 52 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1 Peta percepatan respon spektrum 0,2 detik dengan redaman 5% di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun..... | 9  |
| Gambar 2.2 Peta percepatan respon spektrum 1 detik dengan redaman 5% di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun.....   | 10 |
| Gambar 2.3 Spektrum respons desain.....  | 15 |
| Gambar 3.1 Bagan alir tahapan penelitian .....   | 20 |
| Gambar 3.2 Bagan alir benda uji pada program <i>FreeCAD</i> .....  | 21 |
| Gambar 3.3 Sketsa denah rumah tipe 21.....   | 22 |
| Gambar 3.4 Sisi ujung ke arah Z sebesar 3500 mm.....   | 22 |
| Gambar 3.5 Bentuk solid tiga dimensi pada satu ruangan.....  | 23 |
| Gambar 3.6 Hasil pemotongan solid pada rumah tipe 21 .....   | 23 |
| Gambar 3.7 Hasil pemotongan solid pada rumah tipe 21 yang sudah terdapat jendela dan pintu.....  | 24 |
| Gambar 3.8 Bagan alir pemodelan benda uji pada program <i>LISA-FEA</i> .....   | 26 |
| Gambar 3.9 Tampilan program <i>LISA-FEA</i> versi 8.0.....   | 26 |
| Gambar 3.10 <i>Import STEP file</i> .....  | 27 |
| Gambar 3.11 Memilih <i>file</i> pada folder penyimpanan .....  | 27 |
| Gambar 3.12 <i>Meshing Parameters</i> .....  | 28 |
| Gambar 3.13 Menentukan <i>element size</i> dan <i>size grading</i> .....   | 28 |
| Gambar 3.14 <i>Generate Mesh</i> .....   | 29 |
| Gambar 3.15 Dipilih <i>element size</i> (800mm <sup>3</sup> ).....   | 29 |
| Gambar 3.16 Ukuran elemen hasil <i>meshing</i> .....   | 30 |
| Gambar 3.17 Pilihan bantuan pada program <i>LISA-FEA</i> .....   | 30 |
| Gambar 3.18 Satuan unit pada program <i>LISA-FEA</i> .....   | 31 |
| Gambar 3.19 <i>Assign New Material</i> .....   | 31 |
| Gambar 3.20 <i>Input</i> nilai sifat-sifat mekanik batu bata.....  | 32 |
| Gambar 3.21 Pilihan pemberian beban pada <i>Surface4</i> .....   | 32 |
| Gambar 3.22 <i>New loads &amp; constraints</i> – <i>New force</i> .....  | 33 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 3.23 <i>Input</i> beban pada sumbu X.....                                 | 33 |
| Gambar 3.24 Distribusi beban pada permukaan <i>Surface</i> .....                 | 33 |
| Gambar 3.25 Permukaan sisi jepit benda uji terdapat pada <i>Surface3</i> .....   | 34 |
| Gambar 3.26 <i>New loads &amp; constraints – New fixed support</i> .....         | 34 |
| Gambar 3.27 Tampilan <i>fixed support</i> .....                                  | 35 |
| Gambar 3.28 Tumpuan jepit pada benda uji .....                                   | 35 |
| Gambar 3.29 <i>Running/ solver</i> .....   | 36 |
| Gambar 3.30 Tampilan <i>solver</i> .....   | 36 |
| Gambar 3.31 <i>Displacement magnitude</i> .....                                  | 37 |
| Gambar 3.32 Hasil maksimal <i>displacement</i> benda uji sebesar 1,019 mm.....   | 37 |
| Gambar 3.33 Grafik konvergensi jumlah elemen dan <i>displacement</i> .....       | 38 |
| Gambar 3.34 <i>Von Misses Stress</i> .....                                       | 39 |
| Gambar 3.35 Hasil tegangan <i>von Misses</i> sebesar $2,932 \times 10^6$ Pa..... | 39 |
| Gambar 4.1 Pemodelan benda uji rumah tipe 21 pada program <i>FreeCAD</i> .....   | 40 |
| Gambar 4.2 Grafik respon spektrum.....   | 41 |
| Gambar 4.3 Volume bangunan yang ditinjau .....                                   | 42 |
| Gambar 4.4 Grafik hasil uji konvergensi .....                                    | 46 |
| Gambar 4.5 Rumah tipe 21 sisi A dan B arah X.....                                | 48 |
| Gambar 4.6 Rumah tipe 21 sisi C dan D arah Y .....                               | 48 |
| Gambar 4.7 Rumah tipe 36 sisi A dan B arah X.....                                | 49 |
| Gambar 4.8 Rumah tipe 36 sisi C dan D arah Y .....                               | 49 |
| Gambar 4.9 Rumah tipe 45 sisi A dan B arah X.....                                | 50 |
| Gambar 4.10 Rumah tipe 45 sisi C dan D arah Y .....                              | 51 |
| Gambar 4.11 Rumah tipe 50 sisi A dan B arah X.....                               | 52 |
| Gambar 4.12 Rumah tipe 50 sisi C dan D arah Y .....                              | 52 |
| Gambar 4.13 Distribusi tegangan pada rumah tipe 36 arah Y sisi D.....            | 53 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|  |    |
|--|----|
| Lampiran 1. Hasil Konvergensi .....  | 57 |
| Lampiran 2. Hasil <i>Displacement</i> dan Tegangan <i>von Misses</i> ..... | 58 |
| Lampiran 3. Distribusi Tegangan.....                                       | 59 |
| Lampiran 4. Tampilan Cacat pada Bangunan .....                             | 67 |

## DAFTAR SINGKATAN

| Simbol     | Dimensi             | Keterangan  |
|------------|---------------------|---|
| $a$        | [m/s <sup>2</sup> ] | Percepatan  |
| $F_a$      | [-]                 | Koesifien situs untuk perioda pendek 0,2 detik  |
| $F_m$      | [Mpa]               | Kuat tekan dinding batu bata  |
| $F_v$      | [-]                 | Koefisien situs untuk perioda 1 detik   |
| $h_n$      | [m]                 | Ketinggian struktur   |
| $I_e$      | [-]                 | Faktor keutamaan gempa  |
| $R$        | [-]                 | Faktor modifikasi respon spektrum   |
| $S_a$      | [g]                 | Akselerasi respon spektrum yang berhubungan dengan waktu getar alami efektif yang ditinjau                                  |
| $S_I$      | [g]                 | Parameter respon spektrum percepatan gempa untuk perioda 1 detik  |
| $S_{DI}$   | [g]                 | Parameter respons spektral percepatan gempa perioda (1,0 detik)   |
| $S_{DS}$   | [g]                 | Parameter percepatan spektral respons perioda pendek (0,2 detik)  |
| $S_{MI}$   | [g]                 | Parameter percepatan respons spektral percepatan gempa perioda pendek 0,2 detik yang telah disesuaikan terhadap kelas situs |
| $S_{MS}$   | [g]                 | Parameter percepatan respons spektral percepatan gempa perioda 1,0 detik yang telah disesuaikan terhadap kelas situs        |
| $S_S$      | [g]                 | Parameter respons spektrum percepatan gempa untuk perioda pendek (0,2 detik)  |
| $T$        | [detik]             | Periode getar fundamental struktur bangunan   |
| $TB$       | [-]                 | Tidak dibatasi  |
| $TI$       | [-]                 | Tidak diizinkan   |
| $\Omega_0$ | [-]                 | Faktor kuat lebih sistem penahan gaya gempa   |
| $\Delta$   | [m]                 | Simpangan antar lantai  |
| $\Delta_a$ | [m]                 | Simpangan ijin antar lantai   |

## DAFTAR ISTILAH

1. Deformasi batas (*limit deformation*)  
Deformasi yang nilainya dua kali nilai deformasi awal yang terjadi pada pembebanan sebesar 40 persen dari kuat maksimum.
2. Deformasi ultimit (*ultimate deformation*)  
Deformasi saat terjadi kegagalan, yaitu ketika beban yang dapat dipikul turun ke 80%, atau kurang dari kuat maksimum.
3. Deformabilitas  
Nilai perbandingan (rasio) dari deformasi ultimit terhadap deformasi batas.
4. Kelas Situs  
Klasifikasi situs yang dilakukan berdasarkan kondisi tanah pada suatu proyek.
5. Beban Lateral  
Tegak lurus terhadap beban gravitasi atau mendatar relatif sejajar permukaan bumi.
6. Periode Fundamental  
Penentuan besarnya beban gempa. Dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Dalam penentuan periode fundamental, diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan.

## ABSTRAK

Rumah tinggal merupakan kebutuhan primer setiap orang, dimana rumah tinggal ini bangunan paling dominan di Indonesia terutama dinding dengan bahan batu bata merah. Dalam merancang suatu bangunan, kekuatan dinding batu bata merah sering tidak diperhitungkan. Hal ini menyebabkan terjadinya keretakan atau keruntuhan pada dinding batu bata jika terjadi gempa. Gempa bumi adalah salah satu fenomena alam yang terjadi di wilayah Indonesia yang dapat menyebabkan kerusakan pada bangunan bahkan menelan banyak korban. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai perpindahan dan tegangan suatu bangunan rumah sederhana menggunakan bantuan perangkat lunak *FreeCAD* untuk membuat model tiga dimensi dan *LISA-FEA* akan memberikan hasil analisis numeris (metode elemen hingga). Bangunan rumah sederhana yang digunakan pada penelitian ini adalah perumahan di Padang Sidempuan tipe 21, 36, 45, dan 50 yang akan diketahui nilai perpindahan, tegangan, serta distribusi tegangan berdasarkan kejadian gempa arah X dan arah Y. Hasil penelitian ini menunjukkan perpindahan pada semua tipe rumah aman jika terjadi gempa, sedangkan tegangan ada beberapa yang tidak aman yaitu tipe 36 dengan arah Y sisi C mempunyai nilai sebesar 7,44 MPa, sedangkan pada rumah tipe 45 arah X sisi B sebesar 4,81 MPa dan arah Y sisi D sebesar 19,3 MPa, serta pada rumah tipe 50 dengan arah X maupun Y dengan sisi A, B, C, dan D dengan nilai berturut-turut sebesar 4,44 MPa, 4,86 MPa, 4,99 MPa dan 8,95 MPa. Hasil ini dapat dimanfaatkan untuk penelitian selanjutnya.

Kata kunci : gempa, dinding batu bata, perpindahan, tegangan.



## **ABSTRACT**

*Residential homes are the main needs of every individual, where these houses are Indonesia's most dominant building, particularly the walls with red brick products. The strength of a red brick wall is often not taken into consideration when designing a building. In the case of an earthquakes, this creates cracks or collapses on brick walls. Earthquakes are one of the natural phenomena that occurs in Indonesia's land, which can harm houses and even cause many deaths. This study aims to determine the displacement and stress values of a simple house building using FreeCAD software to create a three-dimensional model and the result of numerical analysis (finite element method) will be provided by LISA-FEA. The simple house building used in this research is housing in Padang Sidempuan type 21, 36, 45, and 50 will understand the importance of displacement, voltage, and stress distribution on earthquake direction X and direction Y. The results of this study indicate that in all types the houses is safe in the event of an earthquake, while the voltage is somewhat unsafe, type 36 eith direction Y side C has a value of 7.44 MPa, while in type 45 the direction X side B is 4.81 MPa and direction Y side D is 19.3 MPa, as well as tupe 50 houses with direction X dan Y with sides A, B, C, and D with 4.44 MPa, 4.86 MPa, 4.99 MPa, and 8.95 MPa, respectively. It is possible to use these outcomes fot the further studies.*

*Keywords: earthquake, brick wall, displacement, stress.*