

# PEMODELAN NUMERIK METODE ELEMEN HINGGA RUMAH TINGGAL TERHADAP BEBAN GEMPA

LENY ELVIRA  
NRP: 0821019

Pembimbing : Dr. YOSAFAT AJI PRANATA, S.T., M.T.

## ABSTRAK

Hampir seluruh wilayah di Indonesia mempunyai resiko gempa yang cukup tinggi. Kerusakan terbanyak akibat gempa di Indonesia terjadi pada bangunan sederhana, mengingat bangunan yang ada di Indonesia sebagian besar adalah bangunan bertingkat rendah seperti rumah sederhana satu tingkat dan dua tingkat. Dari segi struktur, rumah sederhana terdiri dari kolom praktis, balok, dan dinding bata. Namun, fungsi dinding bata sebagai komponen *non-struktural* dalam peraturan tingkat Nasional (SNI 03-2847 2002) mengakibatkan pengaruh kekuatan dan kekakuan dinding bata sering tidak diperhitungkan dalam perencanaan suatu bangunan.

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat model rumah 3D yang sudah ada dengan menggunakan program SAP2000. Pemodelan menggunakan metode numerik yaitu metode elemen hingga. Analisis dibuat dengan pemodelan dua dimensi (elemen *shell*). Rumah tinggal yang dipilih adalah rumah dua lantai. Pemodelan rumah tinggal meliputi balok, kolom, pelat lantai, dinding bata, kusen dan tulangan balok. Beban yang direncanakan adalah beban gravitasi dan beban gempa, sehingga dapat diketahui pengaruhnya terhadap struktur rumah tinggal. Kemudian akan dipelajari dan dianalisis deformasi pada balok dan tegangan S11 yang terjadi pada balok, pelat lantai, dinding bata, kolom dan kusen.

Kesimpulan hasil penelitian adalah hasil simulasi memperlihatkan bahwa lendutan yang terjadi pada semua balok masih memenuhi batasan lendutan ijin. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa terjadi kegagalan pada beberapa daerah balok, dinding, dan lantai. Hal ini dapat diketahui dari informasi besarnya tegangan (S11) yang terjadi telah melebihi batasan kuat tekan beton yaitu  $f_c'$  sebesar 25 MPa. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa tegangan (S22) yang terjadi pada kolom masih lebih kecil daripada nilai kuat tekan beton, sehingga kolom masih dalam kondisi kuat. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa tegangan yang terjadi pada kusen lebih kecil daripada nilai kuat tarik dan kuat tekan kayu jenis *red meranti*, sehingga kusen masih dalam kondisi utuh. Informasi kegagalan struktur pada bagian dinding bata menggambarkan bahayanya kerusakan rumah tinggal akibat gempa. Oleh karena itu diperlukan perkuatan-perkuatan, sebagai contoh antara lain dipasang kolom praktis pada lokasi yang diperlukan.

**Kata kunci:** Metode elemen hingga, Rumah tinggal, Gempa, Kegagalan Struktur.

# NUMERICAL MODELING FINITE ELEMENT METHOD OF HOUSE DUE TO EARTHQUAKE LOAD

LENY ELVIRA  
NRP: 0821019

Supervisor : Dr. YOSAFAT AJI PRANATA, S.T., M.T.

## ABSTRACT

Almost all regions in Indonesia have a high seismic risk. Most damage caused by the earthquake in Indonesia occurred in a simple building, given the existing buildings in Indonesia are mostly low-rise buildings such as the simple building one-level and two levels. In terms of a structure, the simple house consists of practical columns, beams, and brick walls. However, the brick wall as a function of non-structural components in the regulation of the National level (SNI 03-2847 2002) made the influence of the strength and stiffness of the brick walls are usually not taken into the planning of a building.

The purpose of this study is to create a 3D model of an existing home using the SAP2000 program. Modeling using numerical methods, namely the finite element method. Analysis was made with two-dimensional modeling (shell elements). The selected houses are two-story house. Modeling of the house include beams, columns, slab floors, brick walls, sills and reinforcement beam. The planned load is the load of gravity and earthquake loads, so as to know its influence on the structure of the house. Then be studied and analyzed the deformation of the beam and S11 stress that occurs in the beam, slab floors, brick walls, columns and frames.

The conclusion of this study is the simulation results showed the deflection that occurs in all beam deflection still meet permit limits. The simulation results showed that there is a failure in some parts of beams, walls, and floors. This can be seen from the stress magnitude information (S11) has exceeded the limits occurring compressive strength of concrete which is  $f_c$  of 25 MPa. The simulation results showed that the stress (S22) occurring in the columns is smaller than the compressive strength of concrete, so the columns is still in strong condition. The simulation results showed that the stress occurring on the sills is smaller than the tensile strength and compressive strength of red meranti wood type, so the sills is still in the intact condition. Failure of structural information on the brick walls illustrated the danger of damage to the house caused by the earthquake. Therefore, it needs strengthening, retrofitting, for example, include a column mounted practically on the required location.

**Keywords:** Finite element method, House, Earthquake, Structure failure.

# DAFTAR ISI

|   |       |
|---|-------|
| HALAMAN JUDUL.....                              | i     |
| LEMBAR PENGESAHAN .....                         | ii    |
| PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN..... | iii   |
| PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN PENELITIAN.....    | iv    |
| SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR .....              | v     |
| SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR .....      | vi    |
| KATA PENGANTAR .....                            | vii   |
| ABSTRAK .....                                   | x     |
| <i>ABSTRACT</i> .....                           | xi    |
| DAFTAR ISI.....                                 | xii   |
| DAFTAR GAMBAR .....                             | xv    |
| DAFTAR TABEL.....                               | xix   |
| DAFTAR NOTASI .....                             | xxi   |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                           | xxiii |

## BAB I PENDAHULUAN

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| 1.1 Latar Belakang .....          | 1 |
| 1.2 Tujuan Penelitian .....       | 2 |
| 1.3 Ruang Lingkup Penelitian..... | 2 |
| 1.4 Sistematika Penulisan.....    | 3 |
| 1.5 Lisensi Perangkat Lunak ..... | 3 |
| 1.6 Metodologi Penelitian .....   | 3 |

## BAB II STUDI LITERATUR

|  |   |
|--|---|
| 2.1 Struktur Beton Bertulang .....         | 4 |
| 2.1.1 Beton .....                          | 5 |
| 2.1.2 Baja Tulangan .....                  | 5 |
| 2.1.3 Struktur Gedung Beton Bertulang..... | 6 |

|  |    |
|--|----|
| 2.2 Dinding Batu Bata.....   | 7  |
| 2.3 Kayu .....   | 8  |
| 2.4 Beban.....   | 10 |
| 2.4.1 Beban Gravitasi .....  | 10 |
| 2.4.2 Beban Gempa .....  | 11 |
| 2.5 Peraturan Gempa SNI 03-1726-2002.....  | 12 |
| 2.5.1 Beban Gempa Nominal Statik Ekuivalen.....                                  | 13 |
| 2.5.2 Wilayah Gempa.....   | 17 |
| 2.5.3 Analisis Statik Ekuivalen .....  | 18 |
| 2.6 Pondasi .....  | 18 |
| 2.6.1 Klasifikasi Pondasi Tiang.....   | 19 |
| 2.6.2 Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang dengan<br>Uji Sondir .....           | 20 |
| 2.6.3 Desain Pondasi .....   | 20 |
| 2.6.4 Hubungan Parameter Nilai Tahanan Ujung ( $q_c$ ) dengan<br>$N_{SPT}$ ..... | 22 |
| 2.7 Metode Elemen Hingga.....  | 23 |
| 2.7.1 Elemen <i>Shell</i> .....  | 26 |
| 2.7.2 Program <i>SAP2000 v.15</i> .....  | 27 |

### BAB III STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN

|   |    |
|---|----|
| 3.1 Data Struktur .....                       | 28 |
| 3.1.1 Data Gedung.....                        | 28 |
| 3.1.2 Data Material.....                      | 41 |
| 3.1.3 Data Tanah .....                        | 41 |
| 3.2 Perencanaan Rumah Tinggal Dua Lantai..... | 41 |
| 3.2.1 Pemodelan 3D .....                      | 42 |
| 3.2.2 Pemodelan Beban.....                    | 49 |
| 3.2.3 Pemodelan Beban Gempa .....             | 51 |
| 3.3 Simulasi Metode Elemen Hingga.....        | 55 |
| 3.3.1 Membagi <i>Area (Divide Area)</i> ..... | 55 |
| 3.3.2 Analisis Struktur Gedung .....          | 56 |

|  |    |
|--|----|
| 3.4 Pembahasan Struktur Atas .....     | 57 |
| 3.4.1 Lendutan pada Balok.....         | 57 |
| 3.4.2 Tegangan pada Balok.....         | 59 |
| 3.4.3 Tegangan Area Lantai .....       | 68 |
| 3.4.4 Tegangan Area Dinding .....      | 72 |
| 3.4.5 Tegangan Area Kolom .....        | 76 |
| 3.4.6 Tegangan Area Kusen.....         | 78 |
| 3.5 Perencanaan Pondasi.....           | 79 |
| 3.5.1 Perencanaan <i>Pilecap</i> ..... | 81 |
| 3.5.2 Perencanaan Pondasi.....         | 83 |
| <br>                                   |    |
| BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN            |    |
| 4.1 Kesimpulan .....                   | 84 |
| 4.2 Saran.....                         | 85 |
| <br>                                   |    |
| DAFTAR PUSTAKA .....                   | 86 |
| LAMPIRAN .....                         | 88 |

## DAFTAR GAMBAR

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 2.1  | Respons Spektrum Gempa Rencana.....  | 17 |
| Gambar 2.2  | Wilayah Gempa Indonesia Dengan Percepatan Puncak<br>Batuan Dengan Dasar Periode Ulang 500 Tahun..... | 18 |
| Gambar 2.3  | <i>Pilecap</i> .....   | 21 |
| Gambar 2.4  | Diskretisasi Suatu Kontinum pada Metode Elemen Hingga ....   | 24 |
| Gambar 2.5  | <i>Divide Area</i> .....   | 25 |
| Gambar 2.6  | Dua Macam Sistem Penomoran .....   | 25 |
| Gambar 3.1  | Tampak Depan .....   | 29 |
| Gambar 3.2  | Tampak Belakang .....  | 29 |
| Gambar 3.3  | Denah Lantai 1 .....   | 30 |
| Gambar 3.4  | Denah Lantai 2 .....   | 31 |
| Gambar 3.5  | Denah Dak Beton dan Pelat Lantai 1 .....   | 32 |
| Gambar 3.6  | Denah Dak Beton dan Pelat Lantai 2 .....   | 32 |
| Gambar 3.7  | Potongan A .....   | 33 |
| Gambar 3.8  | Potongan B .....   | 33 |
| Gambar 3.9  | Denah Pembalokan Lantai 1.....   | 34 |
| Gambar 3.10 | Denah Pembalokan Lantai 2 .....  | 34 |
| Gambar 3.11 | Denah Kolom .....  | 35 |
| Gambar 3.12 | Detail B1.....   | 36 |
| Gambar 3.13 | Detail B2.....   | 36 |
| Gambar 3.14 | Detail K1 .....  | 36 |
| Gambar 3.15 | Detail K2 .....  | 36 |
| Gambar 3.16 | Denah Kusen Lantai 1 .....   | 37 |
| Gambar 3.17 | Denah Kusen Lantai 2 .....   | 37 |
| Gambar 3.18 | Detail Kusen Tipe J2 .....   | 38 |
| Gambar 3.19 | Detail Kusen Tipe J6 .....   | 38 |
| Gambar 3.20 | Detail Kusen Tipe J10 .....  | 39 |
| Gambar 3.21 | Detail Kusen Tipe P1.....  | 39 |
| Gambar 3.22 | Detail Kusen Tipe P2.....  | 40 |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 3.23 | Detail Kusen Tipe P3.....                      | 40 |
| Gambar 3.24 | Tampilan <i>Quick Grid Lines</i> .....         | 42 |
| Gambar 3.25 | Tampilan <i>Default Grid SAP2000</i> .....     | 42 |
| Gambar 3.26 | Tampilan <i>Define Grid System Data</i> .....  | 43 |
| Gambar 3.27 | Mendefinisikan Material Beton.....             | 43 |
| Gambar 3.28 | Mendefinisikan Material Bata .....             | 43 |
| Gambar 3.29 | Mendefinisikan Material Kayu.....              | 44 |
| Gambar 3.30 | Mendefinisikan Material Baja Tulangan .....    | 44 |
| Gambar 3.31 | Mendefinisikan Balok B1 .....                  | 44 |
| Gambar 3.32 | Mendefinisikan Balok B2.....                   | 45 |
| Gambar 3.33 | Mendefinisikan Kolom 15/30 (K1) .....          | 45 |
| Gambar 3.34 | Mendefinisikan Kolom 15/15 (K2) .....          | 45 |
| Gambar 3.35 | Mendefinisikan Kusen.....                      | 46 |
| Gambar 3.36 | Mendefinisikan Lantai.....                     | 46 |
| Gambar 3.37 | Mendefinisikan Dinding.....                    | 46 |
| Gambar 3.38 | Mendefinisikan Tulangan 3D10.....              | 47 |
| Gambar 3.39 | Mendefinisikan Tulangan 2D10.....              | 47 |
| Gambar 3.40 | Jenis Perletakan .....                         | 48 |
| Gambar 3.41 | Pemodelan Rumah Tinggal 3-D .....              | 48 |
| Gambar 3.42 | Tampilan <i>Define Load Patterns</i> .....     | 48 |
| Gambar 3.43 | Tampilan <i>Load Combinations Data</i> .....   | 49 |
| Gambar 3.44 | <i>Input</i> Nilai Beban SDL Lantai.....       | 50 |
| Gambar 3.45 | <i>Input</i> Nilai Beban SDL Dak .....         | 50 |
| Gambar 3.46 | <i>Input</i> Nilai Beban LL Lantai .....       | 51 |
| Gambar 3.47 | <i>Input</i> Nilai Beban LL Dak.....           | 51 |
| Gambar 3.48 | Respons Spektrum Gempa Rencana Wilayah 4 ..... | 52 |
| Gambar 3.49 | <i>Input</i> Nilai Beban $F_x$ Lantai 1 .....  | 54 |
| Gambar 3.50 | <i>Input</i> Nilai Beban $F_y$ Lantai 1 .....  | 54 |
| Gambar 3.51 | <i>Input</i> Nilai Beban $F_x$ Lantai 2 .....  | 55 |
| Gambar 3.52 | <i>Input</i> Nilai Beban $F_y$ Lantai 2.....   | 55 |
| Gambar 3.53 | Tampilan <i>Divide Selected Areas</i> .....    | 55 |
| Gambar 3.54 | <i>Run Analysis</i> .....                      | 56 |

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Gambar 3.55 | Tampilan <i>Deformed Shape</i> .....                        | 56 |
| Gambar 3.56 | Tampilan <i>Member Force Diagram</i> .....                  | 56 |
| Gambar 3.57 | Penamaan Balok Lantai 1 .....                               | 57 |
| Gambar 3.58 | Penamaan Balok Lantai 2 .....                               | 57 |
| Gambar 3.59 | Lokasi Balok yang Ditinjau .....                            | 59 |
| Gambar 3.60 | Penomoran Nodal Area Elemen .....                           | 60 |
| Gambar 3.61 | Potongan Lokasi Balok B7 Portal 4 .....                     | 60 |
| Gambar 3.62 | Tegangan S11 Balok B7 .....                                 | 61 |
| Gambar 3.63 | Detail Tegangan S11 Tumpuan Balok B7 (a) .....              | 61 |
| Gambar 3.64 | Detail Tegangan S11 Lapangan Balok B7 (b).....              | 63 |
| Gambar 3.65 | Grafik Tegangan S11 Tumpuan Balok B7 (Tanpa Skala) .....    | 65 |
| Gambar 3.66 | Grafik Tegangan S11 Lapangan Balok B7 (Tanpa Skala) .....   | 65 |
| Gambar 3.67 | Detail Tegangan S11 (c).....                                | 65 |
| Gambar 3.68 | Detail Tegangan S11 (d) .....                               | 66 |
| Gambar 3.69 | Lokasi Lantai yang Ditinjau .....                           | 68 |
| Gambar 3.70 | Tegangan S11 Lantai 1 yang Ditinjau .....                   | 69 |
| Gambar 3.71 | Detail Tegangan S11 Lantai (a) .....                        | 69 |
| Gambar 3.72 | Detail Tegangan S11 Lantai (b) .....                        | 70 |
| Gambar 3.73 | Lokasi Portal 4.....  | 72 |
| Gambar 3.74 | Tegangan S11 Dinding Portal 4 .....                         | 73 |
| Gambar 3.75 | Tegangan S11 Dinding pada Portal 4 yang Ditinjau .....      | 73 |
| Gambar 3.76 | Detail Tegangan S11 Dinding Portal 4 (a) .....              | 73 |
| Gambar 3.77 | Detail Tegangan S11 Dinding pada Portal 4 (b) dan (c) ..... | 75 |
| Gambar 3.78 | Denah Kolom.....  | 76 |
| Gambar 3.79 | Lokasi Kolom yang Ditinjau (Portal 4).....                  | 77 |
| Gambar 3.80 | Detail Tegangan S22 Kolom yang Ditinjau .....               | 77 |
| Gambar 3.81 | Lokasi Kusen yang Ditinjau .....                            | 78 |
| Gambar 3.82 | Potongan Lokasi Kusen yang Ditinjau .....                   | 79 |
| Gambar 3.83 | Detail Tegangan S11 Kusen (COMB 2).....                     | 79 |
| Gambar 3.84 | Detail Tegangan S22 Kusen (COMB 2).....                     | 79 |
| Gambar 3.85 | Lokasi Kolom C10 pada Denah .....                           | 80 |
| Gambar 3.86 | Tampilan <i>Joint Reactions Forces</i> .....                | 80 |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 3.87 | <i>Joint Reactions</i> Kolom C10.....  | 81 |
| Gambar 3.88 | Tampilan Program <i>Concrete Pilecap Design</i> .....                          | 82 |
| Gambar 3.89 | Ukuran <i>PileCap</i> Berdasarkan Program <i>Concrete PileCap Design</i> ..... | 82 |

## DAFTAR TABEL

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Tabel 2.1  | Sifat Mekanis Baja Struktural (SNI Baja 03-1729-2002) .....   | 6  |
| Tabel 2.2  | Lendutan Izin Maksimum (SNI Beton 03-2847-2002) .....   | 7  |
| Tabel 2.3  | Modulus Elastisitas Pasangan Bata Merah Berdasarkan<br>Penelitian di Indonesia .....  | 8  |
| Tabel 2.4  | Mekanikal Properti Kayu (Pranata et,al.,2011) .....   | 9  |
| Tabel 2.5  | Komponen Beban Mati Gedung (PBI, 1987) .....  | 10 |
| Tabel 2.6  | Beban Hidup Lantai Gedung (PBI, 1987) .....   | 11 |
| Tabel 2.7  | Kombinasi Pembebanan .....  | 13 |
| Tabel 2.8  | Faktor Keutamaan I Untuk Berbagai Kategori<br>Gedung dan Bangunan .....   | 14 |
| Tabel 2.9  | Faktor Daktilitas Maksimum, Faktor Reduksi Gempa,<br>Faktor Tahanan Lebih Struktur dan Faktor Tahanan<br>Lebih Total Beberapa Jenis Sistem dan Subsistem<br>Struktur Gedung ..... | 15 |
| Tabel 3.1  | Berat Struktur Lantai 1 .....   | 52 |
| Tabel 3.2  | Berat Struktur Lantai 2 .....   | 52 |
| Tabel 3.3  | Nilai Beban Geser Dasar Nominal Statik Ekuivalen Arah x .....   | 53 |
| Tabel 3.4  | Nilai Beban Geser Dasar Nominal Statik Ekuivalen Arah y .....   | 53 |
| Tabel 3.5  | Nilai Beban Gempa Nominal Statik Ekuivalen Arah x .....   | 53 |
| Tabel 3.6  | Nilai Beban Gempa Nominal Statik Ekuivalen Arah y .....   | 53 |
| Tabel 3.7  | Nilai Beban Gempa Nominal Statik Ekuivalen yang<br>Diinputkan pada SAP2000.....   | 54 |
| Tabel 3.8  | Lendutan Balok .....  | 58 |
| Tabel 3.9  | Nilai Tegangan S11 Tumpuan Balok B7 (a) .....   | 61 |
| Tabel 3.10 | Nilai Tegangan S11 Lapangan Balok B7 (b) .....  | 63 |
| Tabel 3.11 | Nilai Tegangan S11 (c).....   | 66 |
| Tabel 3.12 | Nilai Tegangan S11 (d) .....  | 67 |
| Tabel 3.13 | Nilai Tegangan S11 Lantai (a) .....   | 70 |

|            |                                      |    |
|------------|--------------------------------------|----|
| Tabel 3.14 | Nilai Tegangan S11 Lantai (b) .....  | 71 |
| Tabel 3.15 | Nilai Tegangan S11 Dinding (a).....  | 74 |
| Tabel 3.16 | Nilai Tegangan S11 Dinding (b) ..... | 75 |
| Tabel 3.17 | Nilai Tegangan S11 Dinding (c).....  | 75 |
| Tabel 3.18 | Nilai Tegangan S22 Kolom .....       | 77 |

## DAFTAR NOTASI

|          |  |
|----------|--|
| $A_g$    | Luas bruto penampang ( $\text{mm}^2$ )   |
| $A_p$    | Luas penampang tiang pancang   |
| $A_{st}$ | Luas total tulangan longitudinal (batang tulangan atau baja profil)  |
| $b$      | Lebar balok (mm)   |
| $C$      | Faktor Respons Gempa dinyatakan dalam percepaan gravitasi yang nilainya bergantung pada waktu getar alami struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam Spektrum Respons Gempa Rencana  |
| $E_b$    | Modulus elastisitas batu bata (MPa)  |
| $E_c$    | Modulus elastisitas beton (MPa)  |
| $E_s$    | Modulus elastisitas baja (MPa)   |
| $f_{bc}$ | Kuat tekan batu bata (MPa)   |
| $f_c'$   | Kuat tekan beton (MPa)   |
| $F_i$    | Beban gempa nominal statik ekuivalen lantai ke-i   |
| $F_x$    | Beban gempa nominal statik ekuivalen arah x  |
| $F_y$    | Beban gempa nominal statik ekuivalen arah y  |
| $f_y$    | Kuat leleh tulangan lentur yang disyaratkan, MPa   |
| $f_{ys}$ | Kuat leleh tulangan geser yang disyaratkan, Mpa  |
| $g$      | Percepatan gravitasi   |
| $H$      | Tinggi total gedung  |
| $h_i$    | Tinggi lantai gedung ke-i  |
| $I$      | Faktor Keutamaan gedung, faktor pengali dari pengaruh Gempa Rencana pada berbagai kategori gedung, untuk menyesuaikan perioda ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian probabilitas dilampauinya pengaruh tersebut selama umur gedung itu dan penyesuaian umur gedung itu |
| $JHP$    | Jumlah hambatan pelekak  |
| $P_n$    | Kuat nominal penampang yang mengalami tekan (N)  |
| $Q_a$    | Daya dukung ijin tiang (kg)  |

|                  |  |
|------------------|--|
| $q_c$            | Tahanan ujung konus ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )  |
| R                | Faktor reduksi gempa, rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh Gempa Rencana pada struktur gedung elastic penuh dan beban gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana pada struktur gedung daktail, bergantung pada faktor daktilitas struktur gedung tersebut, faktor reduksi gempa representative struktur gedung tidak beraturan |
| T                | Waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik yang menentukan besarnya Faktor Respons Gempa Struktur Gedung dan kurvanya ditampilkan dalam Spektrum Respons Gempa Rencana   |
| $T_1$            | Waktu getar alami fundamental struktur gedung beraturan maupun tidak beraturan dinyatakan dalam detik  |
| V                | Beban (gaya) geser dasar nominal statik ekuivalen akibat pengaruh Gempa Rencana yang bekerja di tingkat dasar struktur gedung beraturan dengan tingkat daktilitas umum, dihitung berdasarkan waktu getar alami fundamental struktur gedung beraturan tersebut (kg)   |
| $W_i$            | Berat lantai tingkat ke-i  |
| $W_t$            | Massa gedung dikalikan gravitasi (kg)  |
| $z_i$            | Ketinggian lantai tingkat ke-i suatu struktur gedung terhadap taraf penjepitan lateral.  |
| $\Sigma$ (sigma) | Tanda penjumlahan  |

## DAFTAR LAMPIRAN

|  |     |
|--|-----|
| Lampiran Diagram Penelitian Tugas Akhir .....              | 88  |
| Lampiran Periode Getar .....                               | 89  |
| Lampiran Pengujian Kuat Tekan Batu Bata.....               | 96  |
| Lampiran Data Tanah.....                                   | 99  |
| Lampiran Hasil <i>Output Concrete PileCap Design</i> ..... | 103 |
| Lampiran Verifikasi <i>Software</i> .....                  | 105 |