

**TUGAS AKHIR**

**STUDI NUMERIK PERILAKU BANGUNAN STRUKTUR BETON  
BERTULANG DENGAN *VERTICAL IRREGULARITY* TERHADAP  
BEBAN GEMPA *TIME HISTORY***



**Disusun oleh:**

**Ogata Wilasamba**

**20160110060**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2021**

## **TUGAS AKHIR**

### **STUDI NUMERIK PERILAKU BANGUNAN STRUKTUR BETON BERTULANG DENGAN *VERTICAL IRREGULARITY* TERHADAP BEBAN GEMPA *TIME HISTORY***

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



**Ogata Wilasamba**

**20160110060**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2021**

## HALAMAN PERYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini.

Nama : Ogata Wilasamba  
NIM : 20160110060  
Judul : Studi Numerik Perilaku Bangunan Struktur Beton Bertulang Dengan *Vertical Irregularity* Terhadap Beban Gempa *Time History*.

Menyatakan yang 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, 19 April 2021

Yang membuat pernyataan



Ogata Wilasamba

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada ini.

### **Allah Subhanahu Wa Ta'ala**

Tuhan yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang yang telah memberikan nikmat kesehatan, kesempatan serta kesabaran untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

### **Nabi Muhammad SAW**

Nabi penutup para nabi yang telah menyempurnakan Agama Islam dan menuntun pada jalan yang diriidai Allah SWT.

### **Keluargaku**

Kakek H.M.Soleh Tani, Nenek Hj.Mawiyah, Kedua orangtua penulis ayahanda Marsoni Saleh dan ibunda Tri Nurlena, kakak-kakak penulis Olan Nurmanisa Pratiwi, Olan Dwini Destalen, Joni Alim Saputra, dan keponakan penulis Almira Zahira Shanum. Terimakasih telah sabar dengan semua tingkah laku diri ini yang mungkin selalu menyakiti hati, terimakasih untuk tak pernah lelah mendo'akan seorang Ogata Wilasamba untuk selalu menjadi lebih baik lagi dari sebelumnya dan untuk selalu menjadi orang yang bermanfaat untuk semua. Terimakasih untuk semua usaha, dukungan, do'a, kasih sayang, dan pelajaran hidup yang telah diberikan selama ini.

### **Rekanita**

Saudari Sonia Gina Habsari, terimakasih telah menjadi salah satu penyemangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini, perjalanan masih panjang.

### **Dosen pembimbing tugas akhir**

Ibu Fadillawaty Saleh, Ibu Fanny Monika, dan Bapak Hakas Prayuda yang selalu memberikan nasihat dan ilmu kepada mahasiswanya, terimakasih atas bimbingannya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.

## **Sahabat-Sahabat**

Sahabat Ambyar yang telah berbagi cerita canda, tawa, suka, maupun duka dan untuk teman-teman sipil B 2016 ECIB yang telah memberikan kenangan manis tentang kebersamaan. Terimakasih dan sukses selalu untuk semua.

## 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-sahabat nya.

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 kekuatan bangunan beton bertulang dengan variasi penampang Vertikal.

Selama penyusunan tugas akhir ini penyusun mendapat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak sehingga dapat terselesaikan dengan baik. Penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih atas dukungan dari berbagai pihak yang berikut ini.

1. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D., selaku ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
2. Ibu Fadillawaty Saleh, S.T., M.T., Bapak Hakas Prayuda, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir,
3. Seluruh staf dan karyawan Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, yang telah membantu demi terselesainya Tugas Akhir ini,
4. Ayahanda Marsoni Saleh, S.E dan ibunda Tri Nurlena, S.E yang selalu memberikan arahan selama baelajar dan dukungan baik moral maupun material demi menyelesaikan studi strata 1 ini.
5. Kakak-kakak saya Olan Nurmasisa Pratiwi, S.E., Olan Dwini Destalen,A.Md.Kg, Sertu CPM Joni Alim Saputra yang telah memberikan semangat dalam diri, yang telah memberikan dorongan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini,
6. Teman-teman mahasiswa Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, kelas B angkatan 2016 yang telah memberikan kehangatan dalam kebersamaan dalam perkuliahan,

7. Rekan-rekan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta angkatan 2016 yang telah memberikan dukungan selama masa perkuliahan dan penyusunan Tugas Akhir ini, dan
8. Semua pihak yang terlibat dalam penyusunan Tugas akhir.

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

*Wallahu a'lam bi showab.*

*Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Yogyakarta, 19 April 2021



Penulis

## DAFTAR ISI

|  |              |
|--|--------------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR</b> .....               | <b>iii</b>   |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....                          | <b>iv</b>    |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....                         | <b>v</b>     |
| <b>PRAKATA</b> .....                                     | <b>vii</b>   |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                                  | <b>ix</b>    |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                                | <b>xi</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                               | <b>xii</b>   |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                             | <b>xv</b>    |
| <b>DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG</b> .....                   | <b>xvi</b>   |
| <b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....                            | <b>xvii</b>  |
| <b>DAFTAR ISTILAH</b> .....                              | <b>xviii</b> |
| <b>ABSTRAK</b> .....                                     | <b>xix</b>   |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                    | <b>xx</b>    |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....                           | <b>1</b>     |
| 1.1 Latar Belakang .....                                 | 1            |
| 1.2. Rumusan Masalah.....                                | 2            |
| 1.3 Lingkup Penelitian .....                             | 3            |
| 1.4 Tujuan Penelitian .....                              | 3            |
| 1.5 Manfaat Penelitian .....                             | 3            |
| <b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI</b> ..... | <b>5</b>     |
| 2.1 Tinjauan Pustaka .....                               | 5            |
| 2.1.2. Analisis Struktur Gedung.....                     | 7            |
| 2.1.3. Penelitian Terdahulu dan Sekarang .....           | 11           |
| 2.2. Dasar Teori.....                                    | 14           |
| 2.2.1. Kegempaan di Indonesia.....                       | 14           |
| 2.2.2. Kerentanan bangunan Terhadap Gaya Gempa .....     | 16           |
| 2.2.4. Pembebanan .....                                  | 18           |



|   |            |
|---|------------|
| 2.2.5. STERA 3D .....   | 19         |
| 2.2.6. Deformasi Lateral dan Kekakuan Bangunan .....            | 20         |
| 2.2.7. <i>Shear Force</i> .....                                 | 21         |
| 2.2.8. Hubungan <i>Base Shear</i> dan <i>Displacement</i> ..... | 22         |
| 2.2.9. <i>Drift Ratio</i> .....                                 | 23         |
| 2.2.10. Respon Percepatan Maksimum .....                        | 24         |
| 2.2.11. <i>Curve Capacity</i> .....                             | 25         |
| 2.2.12. <i>Top Orbit</i> .....                                  | 26         |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>                          | <b>27</b>  |
| 3.1 Materi Penelitian .....                                     | 27         |
| 3.2 Desain Bangunan .....                                       | 29         |
| 3.3 <i>Material Properties</i> .....                            | 31         |
| 3.4 Perhitungan Beban .....                                     | 32         |
| 3.5 Metode Analisis .....                                       | 34         |
| 3.6 Aplikasi STERA 3D .....                                     | 37         |
| <b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>              | <b>42</b>  |
| 4.1 <i>Shear Force</i> .....                                    | 42         |
| 4.2 Deformasi Lateral .....                                     | 44         |
| 4.3 Kekakuan .....  | 46         |
| 4.4 Perpindahan.....  | 47         |
| 4.5 Hubungan <i>Base Shear</i> dan <i>Displacement</i> .....    | 50         |
| 4.6 <i>Drift Ratio</i> .....                                    | 55         |
| 4.7 Respon Percepatan Maksimum.....                             | 57         |
| 4.8 <i>Capacity Curve</i> .....                                 | 59         |
| 4.9 <i>Top Orbit</i> .....                                      | 60         |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                         | <b>66</b>  |
| 5.1 Kesimpulan .....  | 66         |
| 5.2 Saran .....   | 67         |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                     | <b>xxi</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>  | <b>63</b>  |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian sekarang ..... | 11 |
| Tabel 2. 2 Berat bahan bangunan dan komponen gedung (BSN,1987) .....    | 19 |
| Tabel 3. 1 Dimensi dan kebutuhan tulangan kolom.....                    | 32 |
| Tabel 3. 2 Dimensi dan kebutuhan tulangan balok .....                   | 32 |
| Tabel 3. 3 Detail plat lantai .....                                     | 32 |
| Tabel 4. 1 Hasil analisis deformasi lateral arah X dan Y.....           | 44 |
| Tabel 4. 2 Hasil analisis perpindahan .....                             | 47 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2. 1 Hasil relokasi gempa Indonesia (Pusgen,2017) .....                         | 15 |
| Gambar 2. 2 <i>Fishbone</i> Penyebab kerentanan bangunan Zulfiar dkk (2015).....       | 17 |
| Gambar 2. 3 Simpangan dan tinggi bangunan Ratnasari (2018) .....                       | 21 |
| Gambar 2. 4 <i>Shear force</i> dengan tinggi bangunan Maulana dkk. (2019) .....        | 22 |
| Gambar 2. 5 Hubungan <i>base shear</i> dan <i>displacement</i> Monika dkk. (2020)..... | 23 |
| Gambar 2. 6 Hubungan <i>drift ratio</i> dan tinggi bangunan Ratnasari (2018).....      | 24 |
| Gambar 2. 7 Hubungan percepatan dan tinggi bangunan Monika dkk. (2020)....             | 25 |
| Gambar 2. 8 Hubungan <i>spectral displacement</i> dan percepatan <i>spectral</i> ..... | 26 |
| Gambar 2. 9 <i>Top orbit</i> Maulana dkk. (2019) .....                                 | 26 |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....  | 29 |
| Gambar 3. 2 Model 1 Gambar 3. 3 Model 2 .....  | 30 |
| Gambar 3. 4 Model 3 Gambar 3. 5 Model 4 .....  | 30 |
| Gambar 3. 6 Model 5 .....  | 31 |
| Gambar 3. 7 Denah Model Z.....   | 31 |
| Gambar 3. 8 Rekaman gempa El Centro arah sumbu X .....                                 | 34 |
| Gambar 3. 9 Rekaman gempa El Centro arah sumbu Y .....                                 | 35 |
| Gambar 3. 10 Rekaman gempa El Centro arah sumbu Y .....                                | 35 |
| Gambar 3. 11 Rekaman gempa Kobe arah sumbu X.....                                      | 35 |
| Gambar 3. 12 Rekaman gempa Kobe arah sumbu Y .....                                     | 36 |
| Gambar 3. 13 Rekaman gempa Kobe arah sumbu Z .....                                     | 36 |
| Gambar 3. 14 Rekaman gempa Parkfield arah sumbu X.....                                 | 36 |
| Gambar 3. 15 Rekaman gempa Parkfield arah sumbu X.....                                 | 37 |
| Gambar 3. 16 Rekaman gempa Parkfield arah sumbu X.....                                 | 37 |
| Gambar 3. 17 Tampilan awal STERA 3D .....  | 38 |
| Gambar 3. 18 <i>Frame Editor</i> .....   | 38 |
| Gambar 3. 19 <i>column Editor</i> .....  | 39 |
| Gambar 3. 20 Tampilan STERA 3D actual .....  | 39 |
| Gambar 3. 21 ikon <i>analyze</i> .....   | 40 |
| Gambar 3. 22 Tampilan analisis selesai .....   | 40 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 3. 23 <i>Response setting</i> menambahkan beban gempa pada gedung .....  | 40 |
| Gambar 3. 24 ikon <i>play</i> .....   | 41 |
| Gambar 4. 1 <i>Shear Force</i> (a) arah X dan (b) arah Y dengan beban gempa El Centro.....  | 42 |
| Gambar 4. 2 <i>Shear Force</i> (a) arah X dan (b) arah Y dengan beban gempa Kobe .  | 43 |
| Gambar 4. 3 <i>Shear Force</i> (a) arah X dan (b) arah Y dengan beban gempa Parkfield .....                                       | 43 |
| Gambar 4. 4 Deformasi lateral (a) arah X dan (b) arah Y dengan data gempa El Centro.....  | 44 |
| Gambar 4. 5 Deformasi Lateral (a) arah X dan (b) arah Y dengan data gempa Kobe.....   | 42 |
| Gambar 4. 6 Deformasi Lateral (a) arah X dan (b) arah Y dengan data gempa Kobe.....   | 45 |
| Gambar 4. 7 Kekakuan (a) arah X dan (b) arah Y .....  | 46 |
| Gambar 4. 8 Hubungan perpindahan dan waktu gempa pada (a) model 1; (b) model 2; (c) model 3; (d) model 4; (e) model 5.....        | 46 |
| Gambar 4. 9 <i>Shear force</i> dan <i>Displacement</i> pada (a) model 1; (b) model 2; (c) model 3; (d) model 4; (e) model 5. .... | 52 |
| Gambar 4. 10 Hubungan perpindahan dan waktu gempa pada (a) model 1; (b) model 2; (c) model 3; (d) model 4; (e) model 5. ....      | 53 |
| Gambar 4. 11 Hubungan perpindahan dan waktu gempa pada (a) model 1; (b) model 2; (c) model 3; (d) model 4; (e) model 5. ....      | 54 |
| Gambar 4. 12 <i>Drift ratio</i> (a) arah X dan (b) arah Y tiap lantai dengan beban gempa El centro. ....                          | 56 |
| Gambar 4. 13 <i>Drift ratio</i> (a) arah X dan (b) arah Y tiap lantai dengan beban gempa Kobe. ....                               | 56 |
| Gambar 4. 14 <i>Drift ratio</i> (a) arah X dan (b) arah Y tiap lantai dengan beban gempa Kobe. ....                               | 57 |
| Gambar 4. 15 Respon percepatan maksimum (a) arah X dan (b) arah Y dengan beban gempa El centro. ....                              | 58 |
| Gambar 4. 16 Respon percepatan maksimum (a) arah X dan (b) arah Y dengan beban gempa Kobe. ....                                   | 58 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 4. 17 Respon percepatan maksimum (a) arah X dan (b) arah Y dengan beban gempa Parkfield. ....                                      | 59 |
| Gambar 4. 18 <i>Capacity curve</i> pada masing-masing model bangunan menggunakan gempa <i>static</i> . ....                               | 59 |
| Gambar 4. 19 <i>Top orbit</i> pada (a) model 1; (b) model 2; (c) model 3; (d) model 4; dan (e) model 5 dengan beban gempa El centro.....  | 61 |
| Gambar 4. 20 <i>Top orbit</i> pada (a) model 1; (b) model 2; (c) model 3; (d) model 4; dan (e) model 5 dengan beban gempa Kobe. ....      | 62 |
| Gambar 4. 21 <i>Top orbit</i> pada (a) model 1; (b) model 2; (c) model 3; (d) model 4; dan (e) model 5 dengan beban gempa Parkfield. .... | 63 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   |    |
|---|----|
| Lampiran 1. 1 Hasil analisis gaya geser.....                    | 63 |
| Lampiran 1. 2 Hasil analisis deformasi lateral.....             | 58 |
| Lampiran 1. 3 Hasil analisis response percepatan maksimum ..... | 58 |