

TUGAS AKHIR

**STUDI NUMERIK TINGKAT KEKUATAN BANGUNAN
STRUKTUR BETON BERTULANG DENGAN *VARIASI*
*PENAMPANG HORIZONTAL***

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



Disusun oleh:

Yanuar Ade Putra

20150110050

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

2019

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yanuar Ade Putra
NIM : 20150110050
Judul : Studi Numerik Tingkat Kekuatan Bangunan Struktur
Beton Bertulang Dengan Variasi Penampang Horizontal

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 sspaksaan dari pihak mana pun.

Yogyakarta, 01 Februari 2019

Yang membuat pernyataan



Yanuar Ade Putra

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini penulis persembahkan kepada :

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 diridai Allah SWT.

Kedua orang tua

Ayahanda Muhamad Sadi dan Ibunda Mildawasi yang selalu sabar dengan segala tingkah laku yang mungkin menyakiti kedua hati beliau, tetapi tak pernah lelah mendoakanku untuk menjadi orang yang lebih baik seras bermanfaat bagi orang lain. Terima kasih atas segala usaha, dukungan, doa, kasih sayang, dan pelajaran hidup yang telah diberikan selama ini.

Dosen pembimbing tugas akhir

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

Sahabat – sahabat

Sahabat “SUKDIBILHEB” yang telah berbagi cerita, canda, tawa, suka, duka dan teman-teman Teknik Sipil kelas B yang telah memberikan kenangan manis tentang kebersamaan. Terima kasih dan sukses selalu untuk semuanya.

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 nilai prediksi dari drainase verikal yang terjadi selama perbaikan tanah pada proyek Landasan Pacu.

Selama penyusunan Tugas Akhir ini penyusun mendapat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak sehingga dapat diselesaikan 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. ibu Fadillawaty Saleh, S.T., M.T., ibu Fanny Monika, S.T., M. Eng., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir,
3. Restu Faiza S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini,
4. orang tua saya yang selalu memberikan arahan selama belajar dan dukungan baik moral maupun material demi menyelesaikan tugas akhir ini.
5. saudara Meidy Pratama yang selalu memberikan semangat, doa, dan dukungan,
6. seluruh staf dan karyawan Prodi Teknik Sipil yang telah membantu demi kelancaran penulisan Tugas Akhir ini,
7. teman-teman mahasiswa Teknik Sipil kelas B angkatan 2015 yang telah memberikan kehangatan dalam kebersamaan selama masa perkuliahan,

8. rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil angkatan 2015 yang telah memberikan dukungan selama masa perkuliahan dan penyusunan Tugas Akhir ini, dan
9. semua pihak yang terlibat dalam penyusunan Tugas Akhir.

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, 01 Februari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------|
| STUDI NUMERIK TINGKAT KEKUATAN BANGUNAN STRUKTUR BETON BERTULANG DENGAN VARIASI PENAMPANG HORIZONTAL ... | i |
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN | iv |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | v |
| PRAKATA..... | vi |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR TABEL..... | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xv |
| DAFTAR SINGKATAN | xvi |
| DAFTAR ISTILAH | xvii |
| INTISARI..... | xviii |
| <i>ABSTRACT</i> | xix |
| 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 tentang Kekakuan Struktur | 5 |

| | | |
|--|--|-----------|
| 2.1.2 | Penelitian Terdahulu tentang Variasi Struktur | 7 |
| 2.2.2 | Penelitian Terdahulu tentang Percepatan Aliran Gempa | 10 |
| 2.2.3 | Hubungan Perpindahan dan Gaya Geser Dasar | 13 |
| 2.1.3 | Penelitian Terdahulu dan Sekarang..... | 16 |
| 2.2 | Landasan Teori | 19 |
| 2.2.1 | Sistem Struktur Bangunan | 19 |
| 2.2.2 | Struktur Bangunan Tidak Beraturan | 21 |
| 2.2.3 | Kekakuan..... | 26 |
| 2.2.4 | Gaya Geser Dasar..... | 27 |
| 2.2.5 | Perpindahan tingkat (<i>story displacement</i>)..... | 28 |
| 2.2.6 | Simpangan antar tingkat (<i>story drift</i>)..... | 28 |
| 2.2.7 | Percepatan Gempa..... | 29 |
| 2.2.8 | Histerisis Energi | 30 |
| BAB III. METODE PENELITIAN..... | | 31 |
| 3.1. | Materi Penelitian..... | 31 |
| 3.2 | Peralatan Penelitian | 32 |
| 3.3 | Data Penelitian..... | 32 |
| 3.3.1 | Data Struktur Bangunan..... | 32 |
| 3.3.2 | Spesifikasi Material..... | 33 |
| 3.4 | Pengolahan Data dan Pemodelan..... | 33 |
| 3.5 | Langkah-langkah Pemodelan STERA 3D | 38 |
| BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN | | 41 |
| 4.1. | Hasil Analisa Kekakuan | 41 |
| 4.2. | Perpindahan | 43 |
| 4.3. | Hubungan Beban dan Perpindahan..... | 45 |
| 4.4. | Percepatan Maksimum..... | 48 |

| | |
|----------------------------------|----|
| 4.5. Histerisis Energi (HE)..... | 52 |
| 4.6. Rekap Hasil..... | 54 |
| BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN..... | 56 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 56 |
| 5.2 Saran | 57 |
| DAFTAR PUSTAKA | 58 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2. 1 Variasi pemodelan struktur | 7 |
| Tabel 2. 2 Dimensi model struktur | 9 |
| Tabel 2. 3 Koefisien korelasi dan parameter kurva kapasitas | 9 |
| Tabel 2. 4 Beban dimanis berdasarkan analisis <i>time-history</i> | 10 |
| Tabel 2. 5 Perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian sekarang | 16 |
| Tabel 3. 1 Data model struktur..... | 32 |
| Tabel 3. 2 Data dimensi struktur | 33 |
| Tabel 4. 1 Hasil kekakuan tiap model pada masing-masing lantai | 41 |
| Tabel 4. 2 Hasil perpindahan maksimum masing-masing model | 43 |
| Tabel 4. 3 Hasil perpindahan dan beban geser dasar model gempa El Centro | 45 |
| Tabel 4. 4 Hasil perpindahan dan beban geser dasar tiap model gempa Kobe | 46 |
| Tabel 4. 5 Nilai percepatan maksimum masing-masing model gempa El Centro | 49 |
| Tabel 4. 6 Nilai percepatan maksimum masing-masing model gempa Kobe..... | 49 |
| Tabel 4. 7 Nilai histerisis energi hasil analisis gempa El Centro..... | 52 |
| Tabel 4. 8 Nilai histerisis energi hasil analisis gempa Kobe..... | 52 |
| Tabel 4. 9 Rekap hasil model struktur | 54 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------|---|----|
| Gambar 2. 1 | Kurva <i>base shear</i> dan <i>displacement</i> pada struktur 3 lantai..... | 6 |
| Gambar 2. 2 | Kurva <i>base shear</i> dan <i>displacement</i> pada struktur 6 lantai..... | 6 |
| Gambar 2. 3 | Kurva <i>base shear</i> dan <i>displacement</i> pada struktur 9 lantai..... | 6 |
| Gambar 2. 4 | Hubungan <i>base shear</i> dengan <i>displacement</i> | 8 |
| Gambar 2. 5 | Hubungan <i>base shear</i> dengan periode | 8 |
| Gambar 2. 6 | Kurva gaya geser dasar bangunan dan perpindahan puncak struktur untuk ke empat model | 10 |
| Gambar 2. 8 | <i>Drift</i> rasio transversal : <i>immediate occupancy</i> | 11 |
| Gambar 2. 9 | Percepatan getaran struktur | 12 |
| Gambar 2. 10 | Percepatan getaran struktur | 12 |
| Gambar 2. 11 | Analisis <i>pushover</i> pada arah E-W dari (a) 4 lantai; (b) ELF yang dirancang 8 lantai; (c) bingkai dirancang RSA 8 lantai | 13 |
| Gambar 2. 14 | Perpindahan tiap lantai (a) HR-01 dan (b) HR-02 | 14 |
| Gambar 2. 15 | Hubungan <i>base shear</i> dan perpindahan struktur | 15 |
| Gambar 2. 16 | Nilai hasil geser pada tiap kasus | 15 |
| Gambar 2. 17 | Nilai hasil geser pada tiap kasus | 16 |
| Gambar 2. 18 | Ketidakteraturan torsi | 22 |
| Gambar 2. 19 | Ketidakteraturan sudut dalam..... | 22 |
| Gambar 2. 20 | Ketidakteraturan diskontinuitas diafragma | 23 |
| Gambar 2. 21 | Ketidakteraturan pergeseran melintang terhadap bidang | 23 |
| Gambar 2. 22 | Ketidakteraturan sistem nonparalel | 23 |
| Gambar 2. 23 | Ketidakteraturan kekakuan tingkat lunak..... | 24 |
| Gambar 2. 24 | Ketidakteraturan berat | 24 |
| Gambar 2. 25 | Ketidakteraturan geometri vertikal | 25 |
| Gambar 2. 26 | Diskontinuitas arah bidang dalam ketidakberaturan elemen penahan gaya lateral vertikal..... | 25 |
| Gambar 2. 27 | Diskontinuitas dalam ketidakberaturan kuat lateral tingkat..... | 26 |
| Gambar 3. 1 | Alur penelitian..... | 31 |
| Gambar 3. 2 | Alur pemodelan dengan STERA 3D..... | 33 |
| Gambar 3. 3 | Alur pemodelan dengan STERA 3D (lanjutan) | 34 |

| | | |
|--------------|---|----|
| Gambar 3. 4 | Denah model struktur kotak..... | 34 |
| Gambar 3. 5 | Denah model struktur L | 35 |
| Gambar 3. 6 | Denah model struktur U | 35 |
| Gambar 3. 7 | Pemodelan struktur tipe L | 36 |
| Gambar 3. 8 | Pemodelan struktur tipe Kotak..... | 36 |
| Gambar 3. 9 | Pemodelan struktur tipe U..... | 36 |
| Gambar 3. 10 | Seismograf gempa El Centro arah timur-barat (<i>STERA 3D</i>) | 37 |
| Gambar 3. 11 | Seismograf gempa El Centro arah vertikal (<i>STERA 3D</i>) | 37 |
| Gambar 3. 12 | Seismograf gempa El Centro arah utara-selatan (<i>STERA 3D</i>)..... | 37 |
| Gambar 3. 13 | Seismograf gempa Kobe arah timur-barat (<i>STERA 3D</i>) | 38 |
| Gambar 3. 14 | Seismograf gempa Kobe arah vertikal (<i>STERA 3D</i>)..... | 38 |
| Gambar 3. 15 | Seismograf gempa Kobe arah utara-selatan (<i>STERA 3D</i>)..... | 38 |
| Gambar 3. 16 | Tampilan awal <i>STERA 3D</i> | 39 |
| Gambar 3. 17 | Tampilan model struktur aktual | 39 |
| Gambar 3. 18 | Tampilan analisis selesai..... | 40 |
| Gambar 3. 19 | <i>Response setting</i> menambah beban gempa | 40 |
| Gambar 4. 1 | Kekakuan tiap lantai model Kotak..... | 42 |
| Gambar 4. 2 | Kekakuan tiap lantai model L | 42 |
| Gambar 4. 3 | Kekakuan tiap lantai model U..... | 42 |
| Gambar 4. 4 | Nilai kekakuan terbesar model L, model Kotak, dan model U..... | 43 |
| Gambar 4. 5 | Hubungan perpindahan dan waktu getar gempa model Kotak | 44 |
| Gambar 4. 6 | Hubungan perpindahan dan waktu getar gempa model L..... | 44 |
| Gambar 4. 7 | Hubungan perpindahan dan waktu getar gempa model U | 45 |
| Gambar 4. 8 | Hubungan gaya geser dasar & perpindahan model kotak arah X . | 46 |
| Gambar 4. 9 | Hubungan gaya geser dasar & perpindahan model L arah X..... | 47 |
| Gambar 4. 10 | Hubungan gaya geser dasar & perpindahan model U arah X | 47 |
| Gambar 4. 11 | Hubungan gaya geser dasar & perpindahan model kotak arah Y . | 47 |
| Gambar 4. 12 | Hubungan gaya geser dasar & perpindahan model L arah Y..... | 48 |
| Gambar 4. 13 | Hubungan gaya geser dasar & perpindahan model kotak arah Y . | 48 |
| Gambar 4. 14 | (a) Percepatan model L gempa El Centro (b) Percepatan model L gempa Kobe | 50 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4. 15 (a) Percepatan model Kotak pada gempa El Centro (b) Percepatan model Kotak gempa Kobe..... | 51 |
| Gambar 4. 16 (a) Percepatan model U pada gempa El Centro (b) Percepatan model U gempa Kobe..... | 51 |
| Gambar 4. 17 Nilai histerisis energi portal baja dengan model L, model Kotak, model U dengan gempa El Centro | 53 |
| Gambar 4. 18 Nilai histerisis energi portal baja dengan model L, model Kotak, model U dengan gempa Kobe | 53 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Lampiran 1. Hasil Analisa Kekakuan Model L | 60 |
| Lampiran 2. Hasil Analisa Kekakuan Model Kotak | 76 |
| Lampiran 3. Hasil Analisa Kekakuan Model U | 92 |

DAFTAR SINGKATAN

| Simbol | Dimensi | Keterangan |
|------------------|-----------------------|---|
| K_e | [kN/mm] | kekakuan elastik |
| P_{peak} | [kN] | beban pada saat $0,4P_{peak}$ |
| Δ_{peak} | [mm] | perpindahan pada saat beban $0,4P_{peak}$ |
| S_u | [kN] | kuat geser |
| P_u | [kN] | beban geser <i>ultimit</i> |
| b | [mm] | lebar dinding yang dikenai beban |
| A | [kNmm] | luas sesuai beban-perpindahan yang diamati |
| Δ_{yield} | [mm] | simpangan leleh |
| P_{yield} | [kN] | beban pada kondisi leleh |
| Δ | [mm] | besar defleksi maksimum yang terjadi |
| H | [m] | ketinggian struktur |
| δ_{xe} | [mm] | defleksi yang disyaratkan pada analisis elastis |
| a | [cm/dt ²] | percepatan tanah pada tempat yang akan dicari |

DAFTAR ISTILAH

1. Histeresis

Hysteresis adalah ketergantungan sebuah sistem, tidak hanya pada keadaannya sekarang, tetapi juga pada keadaannya pada masa lalu.

2. *Trapezoidal*

Suatu metode pendekatan integral numerik dengan polinom orde satu