

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS RESPONS DAN KINERJA STRUKTUR GEDUNG  
FASILITAS PENDIDIKAN DENGAN METODE *LINEAR TIME  
HISTORY* DAN *NONLINEAR PUSHOVER* DI DAERAH  
DENGAN SEISMISITAS TINGGI**

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



**Disusun oleh:**

**Triesna Adji Saputra**

**20200110156**

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

**2024**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Triesna Adji Saputra

NIM : 20200110156

Judul : Analisis Respons dan Kinerja Struktur Gedung Fasilitas Pendidikan dengan Metode *Linear Time History* dan *Nonlinear Pushover* di Daerah dengan Seismisitas Tinggi

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, 15 Juli 2024

Yang membuat pernyataan



Triesna Adji Saputra

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Dengan penuh rasa syukur, saya mempersembahkan tugas akhir ini kepada kedua orang tua saya. Perjuangan, doa, dan dukungan tiada henti dari mereka telah menjadi sumber kekuatan dan motivasi terbesar saya. Terima kasih atas segala yang telah diberikan, baik dalam bentuk materi maupun kasih sayang, yang telah membantu saya menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga hasil ini dapat menjadi kebanggaan bagi mereka dan bukti kecil dari betapa besar pengaruh dan peran mereka dalam perjalanan hidup saya.

Dengan rasa hormat dan penuh terima kasih, saya ingin mengucapkan penghargaan yang mendalam kepada Ir. Muhammad Ibnu Syamsi, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku dosen pembimbing saya. Bapak telah memberikan bimbingan, kesabaran, dan pengetahuan yang sangat berharga selama proses penyelesaian tugas akhir ini. Terima kasih atas segala dukungan, dorongan, serta saran dan kritik yang konstruktif yang telah membantu saya mengatasi berbagai masalah. Semoga ilmu dan pengalaman yang telah saya peroleh dari Bapak dapat menjadi bekal yang sangat berharga dalam perjalanan karier saya ke depan.

Saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada teman-teman Teknik Sipil UMY angkatan 2020. Dukungan, kebersamaan, dan semangat yang kalian berikan selama ini telah menjadi sumber motivasi dan inspirasi bagi saya. Terima kasih atas semua momen yang kita bagi, baik suka maupun duka, yang telah memperkaya pengalaman belajar kita bersama. Semoga kita semua terus sukses dan dapat mencapai segala cita-cita yang kita impikan.

## PRAKATA

*Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Segala puji bagi Allah SWT yang Menguasai segala sesuatu. Sholawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah SAW, beserta keluarga dan para 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 berjudul “Analisis Respons dan Kinerja Struktur Gedung Fasilitas Pendidikan dengan Metode *Linear Time History* dan *Nonlinear Pushover* di Daerah dengan Seismisitas Tinggi”.

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

1. Ir. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Fakultas Teknik Sipil.
2. Ir. Muhammad Ibnu Syamsi, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Ir. Taufiq Ilham Maulana, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
4. Kedua Orang Tua yang selalu memberikan arahan, dukungan, do'a, dan kebutuhan lainnya yang diberikan selama belajar dan menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Sahabat-sahabat saya selama kuliah yang telah mendukung dan berjuang bersama.

Akhirnya, setelah mengerahkan segala kemampuan dan disertai doa, penyelesaian tugas akhir ini sepenuhnya diserahkan kepada Allah SWT.

*Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Yogyakarta, 15 Juli 2024



Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
PRAKATA.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....	xiv
DAFTAR SINGKATAN .....	xvi
DAFTAR ISTILAH .....	xvii
ABSTRAK.....	xix
<i>ABSTRACT</i> .....	xx
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
2.1.1 Analisis <i>linear time history</i> .....	4
2.1.2 Analisis <i>nonlinear pushover</i> .....	6
2.1.3 Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang .....	10
2.2 Landasan Teori .....	13
2.2.1 Gempa bumi .....	13
2.2.2 Bangunan tahan gempa .....	14
2.2.3 Respons struktur.....	14
2.2.4 Periode alami struktur .....	14

2.2.5	Partisipasi massa .....	15
2.2.6	Pembebanan struktur .....	15
2.2.7	Analisis <i>linear time history</i> .....	16
2.2.8	Analisis <i>nonlinear pushover</i> .....	18
BAB III METODE PENELITIAN.....		23
3.1	Tahapan Penelitian.....	23
3.2	Data Teknis .....	27
3.2.1	Lokasi bangunan .....	27
3.2.2	Tampak bangunan .....	27
3.2.3	Data umum bangunan .....	27
3.2.4	Standar acuan .....	28
3.2.5	Fungsi bangunan .....	28
3.2.6	Koefisien modifikasi respons ( $R$ ).....	29
3.2.7	Faktor kuat lebih sistem ( $\Omega_0$ ).....	29
3.2.8	Faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ).....	29
3.2.9	Spesifikasi mutu beton .....	29
3.2.10	Spesifikasi mutu baja .....	29
3.2.11	Data penampang struktur .....	30
3.3	Tahap Analisis .....	31
3.3.1	Pembebanan .....	31
3.3.2	Beban gempa.....	33
3.4	Pemodelan numerik .....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		41
4.1	Kontrol Periode Struktur.....	41
4.2	Kontrol Jumlah Ragam .....	41
4.3	Analisis <i>Linear Time History</i> .....	42
4.3.1	Simpangan antar tingkat.....	42
4.4	Analisis <i>Nonlinear Pushover</i> .....	44
4.4.1	Titik monitor perpindahan.....	44
4.4.2	Kurva kapasitas .....	45
4.4.3	Titik kinerja struktur .....	47
4.4.4	Evaluasi kinerja struktur .....	48

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran .....	50
DAFTAR PUSTAKA .....	52
LAMPIRAN.....	55

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil analisis untuk masing-masing bangunan (Hakim dkk., 2014).....	6
Tabel 2.2 Hasil analisis kinerja struktur untuk arah gempa X (Wijaya dkk., 2019)7	
Tabel 2.3 Hasil analisis kinerja struktur untuk arah gempa Y (Wijaya dkk., 2019)7	
Tabel 2.4 Hasil nilai simpangan maksimum <i>shearwall</i> (Suangga dan Furkon, 2020)8	
Tabel 2.5 Hasil analisis untuk masing-masing bangunan (Suwondo dkk., 2022) ..	9
Tabel 2.6 Perbedaan penelitian analisis respons struktur ( <i>linear time history</i> ) terdahulu dengan sekarang .....	10
Tabel 2.7 Perbedaan penelitian analisis kinerja struktur ( <i>nonlinear pushover</i> ) terdahulu dengan sekarang .....	11
Tabel 2.8 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung (SNI 1726:2019) .....	17
Tabel 2.9 Nilai parameter periode pendekatan $C_t$ dan $x$ (SNI 1726:2019) .....	17
Tabel 2.10 Simpangan antar tingkat izin $\Delta a$ (SNI 1726:2019).....	18
Tabel 2.11 Kondisi bangunan setelah gempa dan kategori bangunan pada tingkat kinerja struktur ( <i>ATC 40, 1996</i> ) .....	21
Tabel 2.12 Batasan simpangan pada tingkat kinerja struktur ( <i>ATC 40, 1996</i> ) .....	22
Tabel 3.1 Data elevasi bangunan.....	28
Tabel 3.2 Spesifikasi mutu beton .....	29
Tabel 3.3 Spesifikasi mutu baja .....	29
Tabel 3.4 Spesifikasi penampang kolom .....	30
Tabel 3.5 Spesifikasi penampang balok.....	30
Tabel 3.6 Spesifikasi penampang pelat lantai .....	30
Tabel 3.7 Perhitungan hasil uji <i>SPT</i> .....	35
Tabel 3.8 Nilai $S_a, T \leq T_0$ .....	37
Tabel 3.9 Nilai $S_a, T_0 \leq T \leq T_s$ .....	37
Tabel 3.10 Nilai $S_a, T \geq T_s$ .....	37
Tabel 4.1 Modal partisipasi massa.....	42
Tabel 4.2 Perhitungan simpangan antar tingkat ijin arah X.....	43
Tabel 4.3 Perhitungan simpangan antar tingkat ijin arah Y.....	43
Tabel 4.4 Hasil <i>output displacement</i> dan <i>base force</i> arah X.....	45



Tabel 4.5 Hasil *output displacement* dan *base force* arah Y ..... 46

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Simpangan antar tingkat (SNI 1726:2019).....	17
Gambar 2.2 Kurva kapasitas ( <i>ATC 40,1996</i> ) .....	19
Gambar 2.3 <i>Perfomance point</i> ( <i>ATC 40,1996</i> ) .....	20
Gambar 2.4 Tipikal kurva kapasitas pada tingkat kinerja struktur ( <i>ATC 40, 1996</i> ) .....	20
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	23
Gambar 3.2 Lokasi Gedung E8 Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta .....	27
Gambar 3.3 Tampak <i>3D</i> bangunan .....	27
Gambar 3.4 Perhitungan beban angin otomatis oleh program <i>ETABS</i> .....	33
Gambar 3.5 Akselerogram Gempa Yogyakarta 2006 (Elnashai dkk., 2006).....	34
Gambar 3.6 Grafik respons spektra Gempa Yogyakarta 2006, respons spektra desain SNI 1726:2002, SNI 1726:2012, dan SNI 1726:2019 .....	34
Gambar 3.7 Grafik respons spektrum desain .....	38
Gambar 3.8 Pemodelan <i>3D</i> tampak samping dari sisi utara .....	39
Gambar 3.9 Pemodelan <i>3D</i> tampak dari sisi atas.....	40
Gambar 3.10 Pemodelan <i>3D</i> tampak samping dari sisi selatan .....	40
Gambar 3.11 Pemodelan <i>3D</i> tampak dari sisi depan atau timur .....	40
Gambar 4.1 Kurva simpangan antar tingkat arah sumbu X dan Y.....	44
Gambar 4.2 Tampak titik kontrol tinjauan dari atas .....	44
Gambar 4.3 Tampak titik kontrol tinjauan dari samping .....	45
Gambar 4.4 Kurva kapasitas arah X hasil <i>output</i> program <i>ETABS</i> .....	46
Gambar 4.5 Kurva kapasitas arah Y hasil <i>output</i> program <i>ETABS</i> .....	47
Gambar 4.6 Titik kinerja struktur pada arah X hasil <i>output</i> program <i>ETABS</i> .....	47
Gambar 4.7 Titik kinerja struktur pada arah Y hasil <i>output</i> program <i>ETABS</i> .....	48

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Langkah-langkah analisis pemodelan menggunakan <i>software ETABS Ultimate 21.0</i> .....	55
Lampiran 2. Langkah-langkah analisis <i>linear time history</i> menggunakan <i>software ETABS Ultimate 21.0</i> .....	60
Lampiran 3. Langkah-langkah analisis <i>nonlinear pushover</i> menggunakan <i>software ETABS Ultimate 21.0</i> .....	61
Lampiran 4. Laporan hasil uji <i>SPT</i> .....	65
Lampiran 5. Data-data perencanaan.....	66
Lampiran 6. Hasil analisis pada program <i>ETABS</i> .....	80

## DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Lambang	Notasi
$\Delta_a$	[L]	simpangan antar tingkat yang dizinkan
$\Delta_x$	[L]	simpangan antar tingkat desain
$C_d$	[-]	faktor pembesaran simpangan lateral
$I_e$	[-]	faktor keutamaan gempa
$\bar{N}$	[-]	tahanan penetrasi standar rata-rata dalam lapisan
$\delta_x$	[L]	defleksi pusat massa di tingkat $x$
$\delta_{xe}$	[L]	defleksi pada lokasi yang disyaratkan, yang ditentukan dengan analisis elastik
$D$	[L]	<i>displacement</i>
$F_a$	[-]	koefisien situs untuk periode pendek yaitu pada periode 0,2 detik
$F_v$	[-]	koefisien situs untuk periode panjang (pada periode 1 detik)
$h_{sx}$	[L]	tinggi tingkat di bawah level- $x$
$H_{total}$	[L]	tinggi total bangunan struktur
$k$	[ML <sup>-2</sup> ]	kekakuan
$m$	[M]	massa
$S_I$	[-]	parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik, redaman 5 persen
$S_a$	[M <sup>-1</sup> L <sup>3</sup> T <sup>-2</sup> ]	respons spektra percepatan
$S_{DI}$	[M <sup>-1</sup> L <sup>3</sup> T <sup>-2</sup> ]	parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik, redaman 5 persen
$S_{DS}$	[M <sup>-1</sup> L <sup>3</sup> T <sup>-2</sup> ]	parameter percepatan respons spektral pada periode pendek, redaman 5 persen
$S_{MI}$	[M <sup>-1</sup> L <sup>3</sup> T <sup>-2</sup> ]	percepatan percepatan respons spektral MCE pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs

$S_{MS}$	$[M^{-1} L^3 T^{-2}]$	parameter percepatan respons spektral mce pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
$S_s$	[-]	parameter percepatan respons spektral mce dari peta gempa pada periode pendek, redaman 5 persen
$SumUX$	[%]	partisipasi massa terkombinasi arah sumbu x
$SumUY$	[%]	partisipasi massa terkombinasi arah sumbu y
$T$	[T]	periode
$T_L$	[T]	peta transisi perioda panjang yang ditunjukkan
$UX$	[%]	partisipasi massa arah sumbu x
$UY$	[%]	partisipasi massa arah sumbu y
$\Omega_0$	[-]	faktor kuat lebih sistem
$D_t$	[L]	nilai perpindahan pada titik kinerja
$R$	[-]	koefisien modifikasi respons
$g$	$[M^{-1} L^3 T^{-2}]$	gravitasi
$\rho$	[-]	faktor redundansi struktur

## DAFTAR SINGKATAN

<i>ASCE</i>	: <i>American Society of Civil Engineers</i>
<i>ATC 40</i>	: <i>Applied Technology Council – 40</i>
<i>CNP</i>	: <i>Channel Nondimensional Parallel Flange</i>
<i>DC</i>	: <i>Damage Control</i>
<i>DED</i>	: <i>Detail Engineering Design</i>
<i>ETABS</i>	: <i>Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems</i>
<i>FEMA 356</i>	: <i>Federal Emergency Management Agency 356</i>
<i>FEMA 440</i>	: <i>Federal Emergency Management Agency 440</i>
<i>IO</i>	: <i>Immediate Occupancy</i>
<i>IS</i>	: <i>Indian Standars</i>
<i>IWF</i>	: <i>I-Beam Wide Flange</i>
<i>kN</i>	: <i>Kilo Newton</i>
<i>LS</i>	: <i>Life Safety</i>
<i>Matlab</i>	: <i>Matrix Laboratory</i>
<i>MEP</i>	: <i>Mechanical, Electrical, and Plumbing</i>
<i>mm</i>	: <i>milimeter</i>
<i>MPa</i>	: <i>Megapascal</i>
<i>mph</i>	: <i>Miles per Hour</i>
<i>NBC</i>	: <i>Nepal National Building Code</i>
<i>PL</i>	: <i>Pelat Lantai</i>
<i>SAP2000</i>	: <i>Structural Analysis Program 2000</i>
<i>SBC</i>	: <i>Saudi Building Code</i>
<i>SIDL</i>	: <i>Super Imposed Dead Load</i>
<i>SNI</i>	: <i>Standar Nasional Indonesia</i>
<i>SPT</i>	: <i>Standard Penetration Test</i>
<i>SRPMK</i>	: <i>Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus</i>
<i>SS</i>	: <i>Structural Stability</i>
<i>TB</i>	: <i>Tie Beam</i>

## DAFTAR ISTILAH

1. Aktual  
Beban yang benar-benar terjadi atau dialami oleh struktur selama terjadinya gempa.
2. Beban Statis  
Beban yang terus-menerus diterapkan pada suatu struktur.
3. Deformasi  
Perubahan bentuk dari struktur akibat gaya yang bekerja baik dari luar maupun dari dalam struktur itu sendiri.
4. Derajat Kebebasan  
Derajat kebebasan yang diperlukan untuk menggambarkan posisi suatu sistem pada setiap saat.
5. Dinding Geser  
Dinding beton bertulang dengan kekakuan yang sangat besar pada bidang datar, ditempatkan secara spesifik untuk memberikan ketahanan terhadap beban horisontal yang diperlukan.
6. *Ductile*  
Kemampuan suatu material untuk bertahan dari deformasi plastis yang signifikan sebelum akhirnya mengalami kegagalan.
7. Eksisting  
Bangunan yang telah ada dan berdiri selama periode waktu yang signifikan.
8. Gaya geser dasar  
Representasi dari getaran gempa bumi yang berpengaruh pada dasar bangunan, dan kemudian digunakan sebagai gaya gempa yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung.
9. Kekakuan  
Kombinasi dari kekakuan lateral dari seluruh elemen vertikal dalam struktur.
10. *Linear*  
Suatu elemen terhubung ke dua elemen lainnya, yaitu elemen sebelumnya dan elemen berikutnya dalam rangkaian atau struktur.

11. *Nonlinear*

Suatu elemen dapat dihubungkan dengan lebih dari dua elemen lainnya dalam suatu rangkaian atau struktur.

12. Partisipasi Massa

Massa total dari bangunan yang terdistribusi pada setiap pola getar (mode) tertentu.

13. Pusat Eksentrisitas Massa

Titik di mana massa total dari struktur dapat dianggap terpusat secara efektif.

14. Redaman

Proses di mana energi getaran diserap dan dihilangkan dari medium atau struktur padat seiring berjalannya waktu dan jarak.

15. Seismisitas

Aktivitas gempa bumi di suatu wilayah atau daerah dalam rentang waktu tertentu.

16. Seismotektonik

Cabang ilmu geofisika yang berfokus pada seismologi dan mempelajari gempa bumi, tektonika lempeng, serta keberadaan sesar di suatu wilayah.