

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KURVA KERAPUHAN SEISMİK TERHADAP STRUKTUR
MASJID DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE* STERA 3D**



Disusun oleh:

Desti Lailatul Mufida Pattiha

20170110138

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2021

**ANALISIS KURVA KERAPUHAN SEISMİK TERHADAP STRUKTUR
MASJID DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE* STERA 3D**

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



Desti Lailatul Mufida Pattiha

20170110138

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2021

HALAMAN PERYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini.

Nama : Desti Lailatul Mufida Pattiiha
NIM : 20170110138
Judul : Analisis Kurva Kerapuhan Seismik terhadap Struktur Masjid dengan Menggunakan *Software* STERA 3D

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, 2 Agustus 2021

Yang membuat pernyataan

A 1000 Rupiah revenue stamp (Meterai Tempel) with a signature over it. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text '1000', 'METERAI TEMPEL', and the serial number '1F66AJX288727562'.

Desti Lailatul Mufida Pattiiha

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah Robbil A'alamin segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan pertolongan Nya atas segala usaha yang telah penulis dan rekan-rekan penulis (Darda, Faiik dan Haq) lakukan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Terimakasih kepada Ibu Fanny Monika, S.T., M. Eng dan Bapak Hakas Prayuda, S.T., M. Eng yang telah memberikan penulis bimbingan dan dengan sabar membantu hingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Terimakasih kepada Ibu (Tutut Ida Ilhayati) yang telah menjadi sosok yang sangat berjasa untuk penulis dan senantiasa memberikan dukungan yang tak pernah putus dan kepada Bapak (Abdul Djalil Pattiiha) yang telah menjadi sosok yang senantiasa menyemangati dan memberi mobilisasi kepada penulis agar menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Terimakaish kepada kawan sepermainan Haq, Faiik, Ivan, Aldo, Darda, Ry dan teman teman lainnya yang telah menemani penulis hingga akhir pendidikan sarjana ini.

PRAKATA

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan yang mahakuasa atas segala sesuatu di langit dan bumi. Sholawat dan salam selalu dicurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabat beliau.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Tugas akhir ini merupakan penelitian tentang Analisis Kurva Kerapuhan Seismik Terhadap Masjid dengan Menggunakan *Software* STERA 3D.

Selama penyusunan Tugas Akhir ini penyusun mendapat bimbingan, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak sehingga dapat diselesaikan dengan baik, untuk itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada yang berikut ini.

- a. Bapak Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- b. Ibu Ir. Fadillawaty S, M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir,
- c. Ibu Fanny Monika, S.T., M. Eng., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
- d. Bapak Hakas Prayuda, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
- e. Darda Bari Farizky, Faiik Ilmi, Muhammad Mundzirul Haq yang telah membantu dan memberikan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- f. Rekan sepermainan yang telah menemani dan memberikan kebersamaan selama menempuh pendidikan.
- g. Semua pihak yang terlibat pada penyusunan Tugas Akhir ini.

Alhamdulillah, setelah segala kemampuan yang diiringi dengan doa, akhirnya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik atas ridho Allah SWT. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu kritik

dan saran sangat diperlukan untuk perbaikan laporan berikutnya.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 2 Agustus 2021

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, cursive letters that appear to be 'H. Fauzi'.

Penulis

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
HALAMAN PERYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....	xvi
DAFTAR SINGKATAN.....	xvii
DAFTAR ISTILAH	xviii
ABSTRAK	xix
<i>ABSTRACT</i>	xix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
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
BAB II	5
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 Pengaruh Gempa Terhadap Perpindahan	8
2.1.3 Penelitian terdahulu Tentang Kerapuhan Seismik.....	11
2.1.4 Penelitian Terdahulu Dan Sekarang.....	16
2.2 Landasan Teori	19

2.2.1	Sistem Struktur Bangunan	20
2.2.2	Kekakuan Struktur	22
2.2.3	<i>Time history Analysis</i>	23
2.2.4	<i>Analisis Pushover</i>	24
2.2.5	Metodologi HAZUS.....	26
2.2.6	Kurva Kerapuhan Seismik	26
2.2.7	<i>Software STERA 3D</i>	29
BAB III.....		31
METODE PENELITIAN		31
3.1	Materi Penelitian	31
3.2	Peralatan Penelitian	32
3.3	Data Penelitian	32
3.3.1	Data Struktur Bangunan.....	33
3.3.2	Spesifikasi Material.....	33
3.3.3	Desain Bangunan	34
3.3.4	Data Gempa.....	37
3.4	Langkah-Langkah Permodelan <i>STERA 3D</i>	44
BAB IV		50
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		50
4.1	Hasil Analisis Kekakuan	50
4.2	Hasil Analisis Perpindahan.....	52
4.3	<i>Performance point</i>	55
4.4	Hasil Analisis Kurva Kapasitas	59
4.5	Hasil Analisis Kurva Kerapuhan Seismik	59
BAB V.....		68
KESIMPULAN DAN SARAN		68
5.1	Kesimpulan.....	68
5.2	Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA		xxiii
LAMPIRAN.....		71

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian terdahulu dan sekarang.....	17
Tabel 2. 2 Penelitian terdahulu dan sekarang (Lanjutan).....	18
Tabel 2. 3 Penelitian terdahulu dan sekarang (Lanjutan).....	18
Tabel 2. 5 Percepatan puncak muka tanah (BSN, 2002).....	23
Tabel 2. 6 Damage state and respective $S_{d,ds}$ values (mm)	28
Tabel 3. 1 Data model struktur.....	33
Tabel 3. 2 Dimensi dan kebutuhan tulangan pada kolom	33
Tabel 3. 3 Dimensi dan kebutuhan tulangan pada balok	34
Tabel 3. 4 Dimensi dan kebutuhan tulangan plat.....	34
Tabel 4. 1 Hasil perpindahan maksimum berdasarkan sumber gempa	52
Tabel 4. 2 <i>Performance point</i>	55
Tabel 4. 3 Nilai $S_{d,ds}$ dan β_{ds}	60
Tabel 4. 4 Probabilitas kegagalan struktur beban gempa rencana	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hubungan <i>base force</i> t dan <i>displacement</i> arah X (Fachriza dan Jamal, 2018)	7
Gambar 2. 2 Hubungan <i>base force</i> t dan <i>displacement</i> arah Y (Fachriza dan Jamal, 2018)	7
Gambar 2. 3 Perpindahan lantai akibat gempa untuk gedung 15 lantai (Arvindreddy dan Fernandes, 2015)	10
Gambar 2. 4 Perpindahan lantai dengan metode respon spektrum pada gedung 15 lantai (Arvindreddy dan Fernandes, 2015).....	10
Gambar 2. 5 Hubungan <i>base force</i> t dan <i>displacement</i> terhadap gedung 15 lantai dengan analisis <i>pushover</i> (Arvindreddy dan Fernandes, 2015)	11
Gambar 2. 6 Hubungan <i>base force</i> t dan periode waktu terhadap gedung 15 lantai dengan analisis <i>time history</i> (Arvindreddy dan Fernandes, 2015)....	11
Gambar 2. 7 Probabilitas kegagalan struktur tipe Pombalino untuk beban seragam arah X dan Y (Simeos, dkk., 2015).....	14
Gambar 2. 8 Probabilitas kegagalan struktur tipe Pombalino untuk bebab <i>psuode-trianggel</i> arah X dan Y (Simeos, dkk., 2015)	15
Gambar 2. 9 Probabilitas kegagalan struktur tipe Gaioleiro untuk beban seragam arah X dan Y (Simeos, dkk., 2015).....	15
Gambar 2. 10 Probabilitas kegagalan struktur tipe Gaioleiro untur beban <i>pseudo-trianggel</i> arah X dan Y (Simeos, dkk., 2015)	15
Gambar 2. 11 Probabilitas kegagalan struktur tipe Placa untuk beban seragam arah X dan Y (Simeos, dkk., 2015).....	16
Gambar 2. 12 Probabilitas kegagalan struktur tipe Placa untuk beban <i>pseudo-trianggel</i> arah X dan Y (Simeos, dkk., 2015)	16
Gambar 2. 13 Jenis kegagalan struktur metode HAZUS (<i>Hazus Earthquake Model Technical Manual, 2020</i>)	26
Gambar 2. 14 Metode spektrum kapasitas berdasarkan ATC – 40 (<i>Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings, 1996</i>)	28
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	31
Gambar 3. 2 Diagram alir penelitian (Lanjutan).....	32

Gambar 3. 3 Model denah lantai dasar.....	34
Gambar 3. 4 Model denah lantai 1	35
Gambar 3. 5 Model denah lantai dasar dan lantai 1	35
Gambar 3. 6 3D model masjid	35
Gambar 3. 7 Denah lantai dasar	36
Gambar 3. 8 Denah lantai 1.....	36
Gambar 3. 9 <i>Time history</i> modifikasi Gorontalo arah X.....	38
Gambar 3. 10 <i>Time history</i> modifikasi Gorontalo arah Y.....	38
Gambar 3. 11 <i>Time history</i> modifikasi Gorontalo arah Z	38
Gambar 3. 12 <i>Time history</i> modifikasi Kalianda arah X	39
Gambar 3. 13 <i>Time history</i> modifikasi Kalianda arah Y	39
Gambar 3. 14 <i>Time history</i> modifikasi Kalianda arah Z.....	40
Gambar 3. 15 <i>Time history</i> modifikasi Kendari arah X.....	40
Gambar 3. 16 <i>Time history</i> modifikasi Kendari arah Y.....	41
Gambar 3. 17 <i>Time history</i> modifikasi Kendari arah Z	41
Gambar 3. 18 <i>Time history</i> modifikasi Mataram arah X	42
Gambar 3. 19 <i>Time history</i> modifikasi Mataram arah Y	42
Gambar 3. 20 <i>Time history</i> modifikasi Mataram arah Z.....	42
Gambar 3. 21 <i>Time history</i> modifikasi Sabang X	43
Gambar 3. 22 <i>Time history</i> modifikasi Sabang Y	43
Gambar 3. 23 <i>Time history</i> modifikasi Sabang Z	44
Gambar 3. 24 Alur analisis STERA 3D.....	44
Gambar 3. 25 Cara membuka software STERA 3D	45
Gambar 3. 26 Tampilan awal pada STERA 3D.....	45
Gambar 3. 27 Menu “ <i>Member(M)</i> ” pada STERA 3D	46
Gambar 3. 28 Tampilan menu “ <i>Floor/span(S)</i> ”	46
Gambar 3. 29 Tampilan menu “ <i>Column</i> ”	47
Gambar 3. 30 Tampilan menu “ <i>Beam(B)</i> ”.....	47
Gambar 3. 31 Menu “ <i>Option(O)</i> ” pada software STERA 3D	48
Gambar 3. 32 Tampilan menu “ <i>Member</i> ” pada menu “ <i>Option(O)</i> ”	48
Gambar 3. 33 Tampilan hasil analisis telah berhasil pada STERA 3D	48
Gambar 3. 34 Tampilan menu untuk input data <i>time history</i> pada STERA 3D.....	49

Gambar 4. 1 Kekakuan dengan beban gempa dari wilayah Gorontalo	50
Gambar 4. 2 Kekakuan dengan beban gempa dari wilayah Kalianda	51
Gambar 4. 3 Kekakuan dengan beban gempa dari wilayah Kendari	51
Gambar 4. 4 Kekakuan dengan beban gempa dari wilayah Mataram	51
Gambar 4. 5 Kekakuan dengan beban gempa dari wilayah Sabang	52
Gambar 4. 6 Hubungan perpindahan dan waktu getar pada gempa wilayah Gorontalo	53
Gambar 4. 7 Hubungan perpindahan dan waktu getar pada gempa wilayah Kalianda	53
Gambar 4. 8 Hubungan perpindahan dan waktu getar pada gempa wilayah Kendari	54
Gambar 4. 9 Hubungan perpindahan dan waktu getar pada gempa wilayah Mataram	54
Gambar 4. 10 Hubungan perpindahan dan waktu getar pada gempa wilayah Sabang	54
Gambar 4. 11 <i>Performance point</i> pada gempa dari wilayah Gorontalo arah X.....	55
Gambar 4. 12 <i>Performance point</i> pada gempa dari wilayah Gorontalo arah Y.....	56
Gambar 4. 13 <i>Performance point</i> pada gempa dari wilayah Kalianda arah X	56
Gambar 4. 14 <i>Performance point</i> pada gempa dari wilayah Kalianda arah Y	56
Gambar 4. 15 <i>Performance point</i> pada gempa dari wilayah Kendari arah X	57
Gambar 4. 16 <i>Performance point</i> pada gempa dari wilayah Kendari arah Y	57
Gambar 4. 17 <i>Performance point</i> pada gempa dari wilayah Mataram arah X	57
Gambar 4. 18 <i>Performance point</i> pada gempa dari wilayah Mataram arah Y	58
Gambar 4. 19 <i>Performance point</i> pada gempa dari wilayah Sabang arah X	58
Gambar 4. 20 <i>Performance point</i> pada gempa dari wilayah Sabang arah Y	58
Gambar 4. 21 Spektrum kapasitas masjid.....	59
Gambar 4. 22 Probabilitas kegagalan struktur dengan gempa wilayah Gorontalo arah X	61
Gambar 4. 23 Probabilitas kegagalan struktur dengan gempa wilayah Gorontalo arah Y	61
Gambar 4. 24 Probabilitas kegagalan struktur dengan gempa wilayah Kalianda arah X	62

Gambar 4. 25 Probabilitas kegagalan struktur dengan gempa wilayah Kalianda arah Y	62
Gambar 4. 26 Probabilitas kegagalan struktur dengan gempa wilayah Kendari arah X	63
Gambar 4. 27 Probabilitas kegagalan struktur dengan gempa wilayah Kendari arah Y	63
Gambar 4. 28 Probabilitas kegagalan struktur dengan gempa wilayah Mataram arah X	64
Gambar 4. 29 Probabilitas kegagalan struktur dengan gempa wilayah Mataram arah Y	64
Gambar 4. 30 Probabilitas kegagalan struktur dengan gempa wilayah Sabang arah X	65
Gambar 4. 31 Probabilitas kegagalan struktur dengan gempa wilayah Sabang arah Y	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Analisis Kurva Kerapuhan	71
Lampiran 2 Hasil Analisis Kekakuan	75
Lampiran 3 Hasil Analisis <i>Pushover</i>	75

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

K_e	= Kekakuan Elastis (kN/mm)
P_{peak}	= Beban saat $0,4 P_{peak}$
ΔP_{peak}	= Simpangan saat beban $0,4 P_{peak}$
C_s	= Koefisien respon seismik
P_{yield}	= Beban pada kondisi leleh (kN)
A_0	= Percepatan muka tanah (g)
I	= Faktor keutamaan
R	= Faktor reduksi gempa representative
V_1	= Gaya geser dasar nominal
V_t	= Gaya geser maksimum
T_e	= Waktu getar alami efektif
C_0	= Koefisien faktor bentuk
T_s	= Waktu getar karakteristik
S_a	= <i>Spectral acceleration</i> (g)
S_d	= <i>Spectral displacement</i> (cm)
V_y	= Gaya geser dasar pada saat leleh
C_3	= Koefisien pembesaran lateral akibat adanya efek P-delta
α	= Rasio kekakuan pasca leleh terhadap kekakuan elastik efektif
G	= Percepatan gravitasi = $9,81 \text{ m/det}^2$.
C_m	= Faktor massa efektif
V	= Geser Dasar
W	= Berat
Δ_{roof}	= Perpindahan lantai
A_y	= <i>Spectral Acceleration</i> pada titik yielding
D_y	= <i>Spectral Displacement</i> pada titik yielding
A_u	= <i>Spectral Acceleration</i> pada titik ultimit
D_u	= <i>Spectral Displacement</i> pada titik ultimit

DAFTAR SINGKATAN

STERA	: <i>Structural Earthquake Response Analysis 3D</i>
ATC 40	: <i>Applied Technologi Council 40</i>
SAP2000	: <i>structure Analysis Program 2000</i>
ETABS	: <i>Extended Three Dimensional Analysis of Building System</i>
SNI	: Standar nasional Indonesia
CEUS	: <i>Central and Eastern United States</i>
BSN	: Badan Standarisasi Nasional
FEMA 440	: <i>Federal Emergency Management Agency 440</i>
HAZUS	: <i>Hazards United States</i>

DAFTAR ISTILAH

1. *Pushover*
Pushover merupakan metode yang digunakan untuk mencari kapasitas kekuatan terhadap beban yang diberikan pada struktur.
2. *Time history*
Time history merupakan metode yang digunakan untuk menentukan riwayat waktu respon dinamik pada suatu struktur.
3. *Performance point*
Performance point merupakan titik kinerja atau kekuatan struktur saat menopang beban gempa yang rencana.
4. *Capacity Curve*
Capacity curve merupakan kurva yang terbentuk dari perbandingan antara beban lateral statik yang diberikan kepada struktur dan perpindahan yang terjadi pada struktur.
5. *Yielding*
Yielding merupakan keadaan struktur mulai terjadi deformasi akibat beban yang diberikan.
6. Kurva Kerapuhan
Kurva kerapuhan merupakan kurva yang didapatkan dari kekuatan struktur yang dapat dijadikan acuan yang digunakan untuk menganalisis probabilitas kegagalan struktur akibat gempa.