

TUGAS AKHIR

**EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG BETON
BERTULANG MODEL *STEPPED SETBACK*
MENGUNAKAN *CAPACITY SPECTRUM METHOD* (CSM)
DAN *TIME HISTORY ANALYSIS***

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



Disusun oleh:
Nur Romadhoni
20200110146

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2024**

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Romadhoni

NIM : 20200110146

Judul : Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Beton Bertulang Model
Stepped Setback Menggunakan *Capacity Spectrum Method*
(CSM) dan *Time History Analysis*

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul evaluasi kinerja struktur beton bertulang model *stepped setback* menggunakan *capacity spectrum method* (CSM) dan *time history analysis*, dan didanai melalui skema Hibah Penelitian Internal Batch 1B LRI UMY pada tahun 2024 oleh Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Tahun Anggaran 2023/2024 dengan nomor hibah 50/R-LRI/XII/2023.

Yogyakarta, 19 Agustus 2024

Penulis



Nur Romadhoni

Dosen Peneliti

Ir. Taufiq Ilham Maulana, S.T.,
M.Eng., Ph. D. (Eng.)

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. Taufiq Ilham Maulana, S.T., M.Eng., Ph.D. (Eng.), 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 “Evaluasi Kinerja Struktur Beton Bertulang Model *Stepped Setback* Menggunakan *Capacity Spectrum Method* (CSM) dan *Time History Analysis*”.

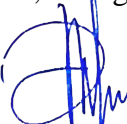
Selama penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menerima bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak, sehingga tugas ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih atas dukungan dari berbagai pihak, yaitu kepada:

1. Ir. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Fakultas Teknik Sipil. Taufiq Ilham Maulana
2. Ir. Taufiq Ilham Maulana, S.T., M.Eng., Ph.D. (Eng.), selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Ir. Muhammad Ibnu Syamsi, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
4. Kedua Orang Tua: Achmad Kuslan dan Siti Maryati, saudara serta kerabat yang selalu memberikan arahan, dukungan, do'a, dan kebutuhan lainnya yang diberikan selama belajar dan menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Sahabat-sahabat saya selama ada di lingkungan kampus maupun diluar kampus 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, 19 Agustus 2024



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
DAFTAR ISTILAH.....	xv
ABSTRAK	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I 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.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori.....	11
2.2.1 Standar metode yang digunakan	11
2.2.2 Metode Spektrum Kapasitas	11
2.2.3 Software STERA 3D.....	22
2.2.3.1 Permodelan Struktur Rangka Pada STERA 3D.....	23
BAB III. METODE PENELITIAN	26
3.1 Umum	26
3.2 Prosedur Penelitian	26

3.3	Studi Referensi	28
3.4	Verifikasi Model.....	28
3.4.1	Data Umum Verifikasi.....	28
3.4.2	Spesifikasi Data Struktur	38
3.4.3	Detail Input Gempa	30
3.5	Permodelan Struktur	31
3.5.1	Permodelan Struktur Bangunan Menggunakan AutoCAD.....	31
3.5.2	Permodelan Struktur Bangunan Menggunakan STERA 3D.....	34
3.5.3	Model <i>Prototype</i>	34
3.6	Respons Spektrum	35
3.6.1	Proses Spektra <i>Ground Motions</i> sesuai SNI 8899:2020 pasal 7.9.2.3.1.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Hasil Analisis Perpindahan Struktur.....	37
4.1.1	Analisis Data Gempa	37
4.1.2	Spektrum Permintaan (<i>Demand Spectrum</i>)	37
4.1.3	Kurva Kapasitas	39
4.1.4	Titik Kinerja (<i>Performance Point</i>).....	42
4.1.5	Evaluasi Kinerja Struktur	45
4.2	<i>Time History Analysis</i>	45
4.2.1	Simpangan Antar Tingkat.....	45
4.3	Perbandingan Hasil Nilai <i>Story Drift</i>	46
4.3.1	<i>Series</i> Gempa 1	46
4.3.2	<i>Series</i> Gempa 2	47
4.3.3	<i>Series</i> Gempa 3	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		51
5.1	Kesimpulan.....	51
5.2	Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA		53
LAMPIRAN		56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Level kinerja struktur (Rizki dan Pamungkas, 2021).....	7
Tabel 2.2 Referensi tinjauan pustaka.....	9
Tabel 2.3 Batasan deformasi (<i>ATC-40, 1996</i>).....	18
Tabel 2.4 Level Kinerja Bangunan (<i>ATC-40, 1996</i>)	19
Tabel 3.1 Daftar bagian kolom (Shahrooz dan Moehle, 1987).....	28
Tabel 3.2 Daftar bagian balok (Shahrooz dan Moehle, 1987)	29
Tabel 3.3 Data ketinggian lantai dan beban struktur	30
Tabel 3.4 Detail input gempa	30
Tabel 4.1 Hasil perhitungan S_d (Spektral perpindahan)	38
Tabel 4.2 Hasil analisis titik leleh	41
Tabel 4.3 Hasil perhitungan $R_h \times demand\ curve$	43
Tabel 4.4 Nilai simpangan antar lantai	44
Tabel 4.5 Simpangan antar tingkat	45
Tabel 4.6 Nilai <i>drift</i> setiap metode (EC7,7L)	46
Tabel 4.7 Nilai <i>drift</i> setiap metode (EC16,6L).....	47
Tabel 4.8 Nilai <i>drift</i> setiap metode (EC49,3L).....	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Model eksperimen (Shahrooz dan Moehle, 1987)	3
Gambar 2.1 Perbandingan <i>story drift</i> CSM dan THA pada 10 lantai (Naqi dan Saito, 2021)	6
Gambar 2.2 Simpangan antar lantai dari CSM dan NTHA pada tingkat PGA tipikal untuk kerangka dasar tetap (Bhandari <i>et al.</i> , 2021)	8
Gambar 2.3 <i>Performance Point</i> pada <i>Capacity Spectrum Method</i> (ATC-40, 1996)	12
Gambar 2.4 Kurva Kapasitas (ATC-40, 1996)	13
Gambar 2.5 Modifikasi <i>Capacity Curve</i> menjadi <i>Capacity Spectrum</i> (ATC-40, 1996)	14
Gambar 2.6 Ilustrasi desain seismik (ATC-40, 1996)	15
Gambar 2.7 <i>Response spectra in Traditional and ADRS Formats</i> (ATC-40, 1996)	16
Gambar 2.8 Penentuan <i>Performance Point</i> (ATC-40, 1996)	18
Gambar 2.9 Ilustrasi keruntuhan gedung (ATC-40, 1996)	22
Gambar 2.10 Tampilan STERA_3D	23
Gambar 2.11 Pegas elastis, lentur nonlinier, dan geser nonlinier untuk elemen yang dimodelkan oleh STERA_3D (Maulana <i>et al.</i> , 2021)	24
Gambar 2.12 Model elemen untuk kolom (Maulana <i>et al.</i> , 2021)	24
Gambar 2.13 Permodelan penampang Kolom RC menggunakan model multi pegas: (a) penampang kolom asli, dan (b) idealisasi model multi pegas (Maulana <i>et al.</i> , 2021)	25
Gambar 2.14 Hubungan momen-rotasi pada pegas lentur untuk pertimbangan nonlinier pada elemen struktur (Maulana <i>et al.</i> , 2021)	25
Gambar 2.15 Hubungan gaya deformasi pada pegas geser untuk pertimbangan nonlinier pada elemen struktur (Maulana <i>et al.</i> , 2021)	25
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	26
Gambar 3.2 Input <i>acceleration</i> gempa	30

Gambar 3.3 Tampak elevasi model eksperimen oleh Shahrooz dan Moehle (1987) 1) tampak depan, 2) tampak samping kiri, dan 3) tampak samping kanan	31
Gambar 3.4 Tampilan denah lantai 1 dan 2	31
Gambar 3.5 Tampilan denah lantai 3.....	32
Gambar 3.6 Tampilan denah lantai 4.....	32
Gambar 3.7 Tampilan denah lantai 5.....	33
Gambar 3.8 Tampilan denah lantai 6.....	33
Gambar 3.9 Permodelan menggunakan STERA_3D	34
Gambar 3.10 Model <i>prototype</i> bangunan (Shahrooz dan Moehle, 1987)	34
Gambar 3.11 Respons Spektrum Gempa pada EC49,3L.....	35
Gambar 4.1 Kurva spektrum percepatan pada EC49,3L	37
Gambar 4.2 Kurva respons spektrum	39
Gambar 4.3 Tampilan <i>setup running</i> STERA_3D	40
Gambar 4.4 Kurva kapasitas hasil <i>running</i> STERA_3D	40
Gambar 4.5 Kurva perpindahan lantai terhadap perpindahan gedung	41
Gambar 4.6 Kurva spektrum kapasitas	42
Gambar 4.7 Titik kinerja struktur hasil STERA_3D dan numerik.....	44
Gambar 4.8 Kurva simpangan antar tingkat	46
Gambar 4.9 Perbandingan <i>drift ratio</i> (EC7,7L)	47
Gambar 4.10 Perbandingan <i>drift ratio</i> (EC16,6L)	48
Gambar 4.11 Perbandingan <i>drift ratio</i> (EC49,3L)	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Permodelan Bangunan	56
Lampiran 2 Data Gempa.....	69
Lampiran 3 Data Hasil <i>Running</i> Pengujian	60

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Lambang	Keterangan
D	[L]	displacement
H _{total}	[L]	tinggi total bangunan struktur
m	[M]	massa
S _a	[M ⁻¹ L ³ T ⁻²]	respons spektra percepatan
S _{D1}	[M ⁻¹ L ³ T ⁻²]	parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik, redaman 5 persen
S _{DS}	[M ⁻¹ L ³ T ⁻²]	parameter percepatan respons spektral pada periode pendek, redaman 5 persen
T	[T]	periode
D _t	[L]	nilai perpindahan pada titik kinerja
g	[M ⁻¹ L ³ T ⁻²]	gravitasi
ρ	[-]	faktor redundansi struktur

DAFTAR SINGKATAN

<i>ADRS</i>	: <i>Acceleration-Displacement Response Spectrum</i>
<i>ATC-40</i>	: <i>Applied Technology Council – 40</i>
μ	: <i>Daktilitas</i>
cm	: <i>centimeter</i>
<i>CSM</i>	: <i>Capacity Spectrum Method</i>
<i>ESDOF</i>	: <i>Equivalent Single Degree of Freedom</i>
<i>FEMA</i>	: <i>Federal Emergency Management Agency 356</i>
<i>g</i>	: <i>Acceleration of gravity</i>
<i>IO</i>	: <i>Immediate Occupancy</i>
kN	: <i>Kilo Newton</i>
<i>LS</i>	: <i>Life Safety</i>
mm	: <i>milimeter</i>
MPa	: <i>Megapascal</i>
N	: <i>Newton</i>
<i>NDA</i>	: <i>Nonlinear Dynamic Analysis</i>
<i>NP</i>	: <i>Nonstructural Performance</i>
<i>RC</i>	: <i>Reinforcement Concrete</i>
s	: <i>second</i>
SNI	: <i>Standar Nasional Indonesia</i>
<i>SP</i>	: <i>Structural Performance</i>
<i>SS</i>	: <i>Structural Safety</i>
<i>THA</i>	: <i>Time History Analysis</i>

DAFTAR ISTILAH

1. 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.

2. Redaman

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

3. Deformasi

Perubahan bentuk dari struktur akibat gaya yang bekerja baik dari luar maupun dari dalam struktur itu sendiri.