

**EVALUASI SEISMIK PADA BANGUNAN DENGAN
KETIDAKBERATURAN VERTIKAL KEKAKUAN TINGKAT LUNAK
DAN MASSA**

Laporan Tugas Akhir

sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dari

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Oleh:

DAVID JEFFREY GUNAWAN

NPM: 16 02 16454



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
JULI 2020**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul:

EVALUASI SEISMIC PADA BANGUNAN DENGAN KETIDAKBERATURAN VERTIKAL KEKAKUAN TINGKAT LUNAK DAN MASSA

benar-benar merupakan hasil karya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide, data, hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir ini. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, 17 Juli 2020

Yang membuat pernyataan



(David Jeffrey Gunawan)

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

**EVALUASI SEISMİK PADA BANGUNAN DENGAN
KETIDAKBERATURAN VERTIKAL KEKAKUAN TINGKAT LUNAK
DAN MASSA**



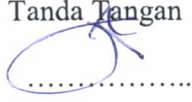


Oleh :

DAVID JEFFREY GUNAWAN

NPM : 16 02 16454

Telah diuji dan disetujui oleh

	Nama
Ketua	: Dr. Ir. Junaedi Utomo, M.Eng.
Sekretaris	: Dr. Ir. Ade Lisantono, M.Eng.
Anggota	: Ferianto Raharjo, S.T., M.T.

Tanda Tangan	Tanggal
	5 Juli 2020
	6 Juli, 2020
	6/7/2020

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

**EVALUASI SEISMIK PADA BANGUNAN DENGAN
KETIDAKBERATURAN VERTIKAL KEKAKUAN TINGKAT LUNAK
DAN MASSA**

Oleh:

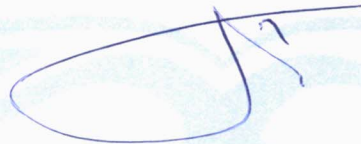
DAVID JEFFREY GUNAWAN

NPM: 16 02 16454

Telah diperiksa dan disetujui untuk diseminarkan

Yogyakarta,.....

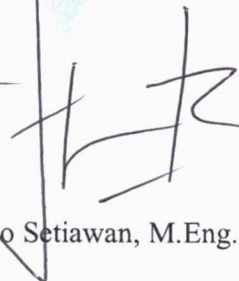
Pembimbing



(Dr. Ir. Junaedi Utomo, M.Eng.)

Disahkan oleh

Ketua Program Studi Teknik Sipil



(Ir. A.Y. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph. D.)

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis sampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmatNya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Tujuan dari penulisan Tugas Akhir dengan judul “EVALUASI SEISMIK PADA BANGUNAN DENGAN KETIDAKBERATURAN VERTIKAL KEKAKUAN TINGKAT LUNAK DAN MASSA” adalah untuk memenuhi syarat untuk menyelesaikan jenjang pendidikan tinggi Program Strata-1 (S-1) di Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis dibantu oleh berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini, antara lain :

1. Bapak Luky Handoko, S.T., M.Eng., Dr.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Bapak Ir. AY. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta
3. Bapak Dr. Ir. Junaedi Utomo, M.Eng., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan petunjuk, arahan, dan membimbing selama proses penyusunan Tugas Akhir.
4. Bapak Dr. Ir. Ade Lisantono, M.Eng. dan Ibu Dr. Ing. Agustina Kiky Anggraini, S.T., M.Eng. yang telah memberikan arahan dan membagikan ilmu kepada penulis.

5. Kedua orang tua yang telah membantu dalam segala hal, mendukung, memberi semangat dan saran, serta mendoakan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
6. Teman-teman Teknik Sipil UAJY yang telah membantu dalam proses pembelajaran selama kuliah di Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
7. Dugong, Yoyo, Hans, Fide, Jaya, Wayan untuk bantuan dan nasihat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih banyak hal yang bisa diperbaiki, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Yogyakarta, Juli 2020

David Jeffrey Gunawan

16 02 16454

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
ARTI LAMBANG DAN SATUAN	xi
INTISARI	xii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Keaslian Penelitian	5
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. <i>Performance Based Design</i>	6
2.2. Kinerja Struktur	8
BAB III	13
LANDASAN TEORI	13
3.1. Analisis Non-Linear	13
3.2. Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak	14
3.3. Ketidakberaturan Massa	15
3.4. <i>Pushover Analysis</i>	15
3.5. Chord Rotation	16
BAB IV	18
METODOLOGI PENELITIAN	18
4.1. Subjek dan Objek Penelitian	18

4.2.	Data Penelitian	18
4.3.	Metode Pengumpulan Data.....	18
4.4.	Penyelesaian Masalah.....	18
4.4.1.	Tahap Perancangan.....	19
4.4.2.	Tahap Analisis.....	19
4.4.3.	Tahap Evaluasi	19
4.5.	Bagan Penelitian.....	20
4.6.	Program Yang Digunakan	21
4.7.	Data Struktur.....	23
4.8.	Data Material.....	23
4.9.	Peraturan Yang Digunakan.....	25
4.10.	Data Gempa	25
BAB V.....		26
ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....		26
5.1.	Pemodelan Struktur	26
5.1.1.	Pemodelan Struktur Dengan Ketidakberaturan Vertikal (ETABS).....	26
5.1.2.	Pemodelan Struktur Regular Tanpa Ketidakberaturan (ETABS) ...	28
5.1.3.	Pemodelan Struktur Tanpa Ketidakberaturan Vertikal (<i>SeismoBuild</i>) 29	
5.1.4.	Pemodelan Struktur Dengan Ketidakberaturan Vertikal (<i>SeismoBuild</i>).....	29
5.1.5.	Pemodelan Elemen Struktur (<i>SeismoBuild</i>).....	30
5.2.	<i>Pushover Analysis</i>	32
5.3.	Hasil Analisis	35
5.4.	Intervensi Struktur.....	43
BAB VI.....		55
KESIMPULAN DAN SARAN.....		55
6.1.	Kesimpulan	55
6.2.	Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA		57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1... Tingkat Kinerja Struktur	8
Tabel 2.2 Faktor Modifikasi C0 ASCE 41-17	11
Tabel 5.1 Cek Ketidakberaturan Massa	35
Tabel 5.2 Cek Ketidakberaturan Kekakuan Lateral Tingkat Lunak Arah X.....	35
Tabel 5.3 Cek Ketidakberaturan Kekakuan Lateral Tingkat Lunak Arah Y.....	35
Tabel 5.4 Tipe dan Batasan Ketidakberaturan Vertikal SNI 1726-2019	36
Tabel 5.5 <i>Target Displacement</i> Struktur	38
Tabel 5.6 <i>Target Displacement</i> Struktur Dengan Intervensi	45
Tabel 5.7 Cek Ketidakberaturan Massa	46
Tabel 5.8 Cek Ketidakberaturan Kekakuan Lateral Tingkat Lunak Arah X.....	46
Tabel 5.9 Cek Ketidakberaturan Kekakuan Lateral Tingkat Lunak Arah Y.....	47
Tabel 5.10 Perbandingan <i>Target Displacement</i> Struktur	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1(a)	Struktur dengan ketidakberaturan vertikal dan massa.....	3
Gambar 1.2(b)	Bangunan Regular	3
Gambar 3.1	Mekanisme kegagalan soft story	15
Gambar 3.2	Mekanisme <i>Pushover Analysis</i>	16
Gambar 3.3	<i>Chord Rotation</i>	17
Gambar 4.1	Bagan Alir Penelitian.....	20
Gambar 4.2	Tampilan Utama ETABS.....	21
Gambar 4.3	Tampilan Utama <i>SeismoBuild</i>	21
Gambar 4.4	Tampilan Utama Website Puskim.....	22
Gambar 4.5	Contoh Respon Spektrum dari Website Puskim	22
Gambar 4.6	<i>Material Properties SeismoBuild</i>	24
Gambar 4.7	<i>Material Modeller SeismoBuild</i>	24
Gambar 4.8	Respon Spektrum Desain Yogyakarta	25
Gambar 5.1	Tampak 3D.....	26
Gambar 5.2	Tampak Barat-Utara	27
Gambar 5.3	Tampak Timur.....	27
Gambar 5.4	Tampak Selatan	27
Gambar 5.5	Denah Bangunan	28
Gambar 5.6	Tampak Bangunan & 3D	28
Gambar 5.7	Tampak 3D.....	29
Gambar 5.8	Tampak 3D.....	30
Gambar 5.9(a)	Balok Tengah	30
Gambar 5.9(b)	Balok Atap	30
Gambar 5.10(a)	Balok Pinggir	31
Gambar 5.10(b)	Kolom	31
Gambar 5.11	Tingkat Kinerja Struktur.....	32
Gambar 5.12	Tipe Analisis <i>SeismoBuild</i>	33
Gambar 5.13	<i>Seismic Hazard ASCE 41-17</i>	33
Gambar 5.14	<i>Seismic Action SeismoBuild</i>	34

Gambar 5.15	Kurva Kapasitas Struktur.....	37
Gambar 5.16	<i>Code Based Checks Chord Rotation (IO)</i>	38
Gambar 5.17	<i>Code Based Checks Chord Rotation (LS)</i>	39
Gambar 5.18	<i>Code Based Checks Shear Forces (IO)</i>	39
Gambar 5.19	Tahapan sendi plastis <i>step 17 (IO)</i>	40
Gambar 5.20	Tahapan sendi plastis <i>step 25 (IO)</i>	41
Gambar 5.21	Tahapan sendi plastis <i>step 50 (IO)</i>	41
Gambar 5.22	<i>Section Design Dinding Geser</i>	42
Gambar 5.23	Tampak 3D Struktur setelah dilakukan intervensi	43
Gambar 5.24	Denah Struktur setelah dilakukan intervensi	44
Gambar 5.25	Kurva Kapasitas Struktur Dengan Intervensi.....	45
Gambar 5.26	<i>Code Based Checks Chord Rotation (IO)</i>	48
Gambar 5.27	<i>Code Based Checks Chord Rotation (LS)</i>	48
Gambar 5.28	<i>Code Based Checks Shear Forces (IO)</i>	49
Gambar 5.29	Tahapan sendi plastis <i>step 18 (IO)</i>	49
Gambar 5.30	Tahapan sendi plastis <i>step 30 (IO)</i>	50
Gambar 5.31	Tahapan sendi plastis <i>step 50 (IO)</i>	50
Gambar 5.32	Perbandingan Sendi Plastis Tahap Ke 20 Pada Struktur Intervensi Dan Tanpa Intervensi.....	51
Gambar 5.33	Perbandingan Sendi Plastis Tahap Ke 30 Pada Struktur Intervensi Dan Tanpa Intervensi.....	52
Gambar 5.34	Perbandingan Sendi Plastis Tahap Ke 50 Pada Struktur Intervensi Dan Tanpa Intervensi.....	52
Gambar 5.35	Perbandingan Kurva Kapasitas Struktur.....	53

ARTI LAMBANG DAN SATUAN

- δ_t : target perpindahan (m)
- T_e : waktu getar efektif (s)
- T_i : waktu gelar elastik (s)
- K_i : kekakuan lateral elastik
- K_e : kekakuan lateral efektif
- C_0 : faktor modifikasi untuk perpindahan spektral menjadi perpindahan atap/puncak berdasarkan tabel 7-5 ASCE 41-17
- C_1 : faktor modifikasi untuk menghubungkan perpindahan inelastik maksimum dengan perpindahan yang dihitung dari respon elastik linear
- α : faktor kelas situs (site A/B: 130, site C: 90, site D/E/F: 60)
- C_m : faktor massa efektif
- C_2 : faktor modifikasi yang mewakili efek dari bentuk histerestis pada perpindahan maksimum

INTISARI

EVALUASI SEISMIK PADA BANGUNAN DENGAN KETIDAKBERATURAN VERTIKAL KEKAKUAN TINGKAT LUNAK DAN MASSA, David Jeffrey Gunawan, 160216454, 2020, Bidang Peminatan Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Kebutuhan desain arsitektur yang berkembang membuat suatu gedung dapat memiliki ketidakberaturan. Menurut SNI 1726-2012, ketidakberaturan pada gedung terdapat 2 jenis yaitu ketidakberaturan horizontal dan vertikal. Ketidakberaturan yang sering dijumpai adalah ketidakberaturan torsi, diskontinuitas diafragma, kekakuan tingkat lunak, serta ketidakberaturan massa.

Penelitian ini fokus pengaruh ketidakberaturan tingkat lunak dan massa pada struktur bangunan beton bertulang dengan ketinggian 5 lantai yang akan dianalisis dengan menggunakan analisis statis non-linear (*pushover analysis*). Bangunan dimodelkan dalam 2 tipe. Tipe I merupakan bangunan dengan ketidakberaturan vertikal kekakuan tingkat lunak dan massa. Tipe II bangunan reguler tanpa ketidakberaturan. Kedua bangunan tersebut dianalisis menggunakan *pushover* dengan bantuan program *Seisbuild* dengan mengacu pada ASCE 41-17. Setelah dilakukan analisis, kurva kapasitas, *displacement*, dan kinerja struktur akan dibandingkan. Apabila bangunan dengan ketidakberaturan tersebut tidak memiliki kinerja yang baik maka akan dilakukan intervensi sistem struktur dengan menambahkan dinding geser pada arah X.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur dengan ketidakberaturan sebelum dilakukan intervensi sistem struktur memiliki tingkat kinerja *collapse prevention* sehingga tidak dapat memenuhi *performance objective* yaitu *immediate occupancy*. Struktur yang diintervensi dengan penambahan *shear wall* pada arah X mengalami peningkatan kinerja struktur ditinjau dari kurva kapasitasnya dan dapat mencapai titik kinerja *immediate occupancy*. Penambahan dinding geser pada struktur dengan ketidakberaturan mengakibatkan kekakuan struktur bertambah sehingga struktur tidak memiliki ketidakberaturan vertikal kekakuan tingkat lunak. Penambahan dinding geser menyebabkan *displacement* struktur menjadi lebih kecil sehingga efek ketidakberaturan massa tidak menghasilkan *displacement* yang besar terhadap struktur.

Kata kunci : *pushover*, ketidakberaturan vertikal, kekakuan tingkat lunak, ketidakberaturan massa, *performance based design*.