

TUGAS AKHIR

**ANALISIS RIWAYAT WAKTU RESPONS NON LINEAR BANGUNAN
GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI DIWILAYAH TANGERANG**

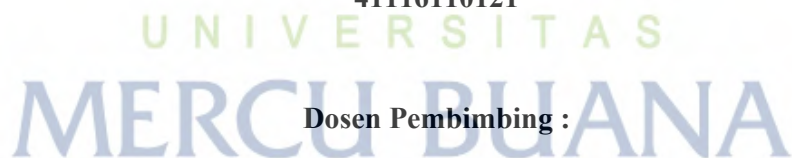
*Disusun untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Kelulusan
Program Sarjana Strata-1 (S-1)*



Disusun oleh :

Heri Setyawan

41116110121



Dosen Pembimbing :

Fajar Triwardono, ST., M.T.



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCUBUANA

JAKARTA

2021

	LEMBAR PENGESAHAN SIDANG PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MERCU BUANA	
---	--	---

Tugas akhir ini untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik, jenjang pendidikan Strata 1 (S-1), Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta.

Judul Tugas Akhir : Analisis Riwayat Waktu Respons Nonlinear Bangunan Gedung Apartemen 15 Lantai diwilayah Tangerang

Disusun oleh :

Nama : HERI SETYAWAN
NIM : 41116110121
Program Studi : Teknik Sipil

Telah diujikan dan dinyatakan LULUS pada sidang sarjana :

Tanggal : 3 April 2020

Mengetahui :

Pembimbing Tugas Akhir

Ketua Penguji


Fajar Triwardono, S.T., M.T.


Ivan Jansen Saragih, S.T., M.T.

Ketua Program Studi Teknik Sipil


Acep Hidayat, S.T., M.T.

**LEMBAR PERNYATAAN
SIDANG SARJANA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Heri Setyawan
Nomor Induk Mahasiswa : 41116110121
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan kerja asli, bukan jiplakan (duplikat) dari karya orang lain. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi berupa pembatalan gelar kesarjanaan saya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat di pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Jakarta, 4 April 2021

Yang memberikan pernyataan



Heri Setyawan

ABSTRAK

Judul : Analisis Riwayat Waktu Respons Non Linear Bangunan Gedung Apartemen 15 Lantai Diwilayah Tangerang, Nama : Heri Setyawan, Nim : 41116110121, Dosen Pembimbing : Fajar Triwardono, ST., M.T.

Perilaku struktur dapat bersifat linier maupun nonlinier, namun dalam kondisi nyata sebagian besar sistem struktur bersifat nonlinier (Muthukrishnan, 1998), untuk itu kajian mengenai kinerja struktur pada saat terjadi gempa kuat yang akan mengakibatkan pelelehan atau kerusakan struktural membutuhkan analisis nonlinier (Ali, 2010). Analisis nonlinier juga digunakan untuk struktur bangunan dengan kategori tidak beraturan.

Secara umum analisis struktur terhadap gempa dibagi menjadi 2 macam yaitu analisis secara statik dan dinamik (respon spektrum, *Pushover* dan *Nonlinear Time History*). Dan dari hasil analisis didapatkan bahwa Simpangan antar tingkat yang dianalisis masih dalam batas izin simpangan antar tingkat, untuk pengecekan kestabilan bangunan / P-Delta didapat $\theta = 0,091$, sehingga dapat disimpulkan P-Delta tidak diperhitungkan karena nilai koefisien kurang dari 0,1 dan dari hasil analisis *Pushover* didapatkan nilai rasio rasio = 0,00774 dan tabel diatas maka level kinerja struktur ada di level ***Immediate occupancy***, dan dari NLTHA (*Non Linear Time History Analysis*) yang dilakukan dengan menggunakan data gempa *Imperial Valley* mendapatkan kinerja struktur pada level 8-9% yang masuk dalam level kinerja ***IO (immediate Occupancy)*** pada arah X dan Y dan keduanya terjadi pada balok.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Kata Kunci : Kinerja Struktur, *Time History Analysis*, *Non Linear Time History Analysis*.

ABSTRACT

Title : Analysis of Non-Linear Response Time History for Apartment Building 15 Floors in Tangerang, Name : Heri Setyawan, Nim : 41116110121, Supervised : Fajar Triwardono, ST., M.T.

***Abstract:** Structural behavior can be linear or nonlinear, but in real conditions most structural systems are nonlinear (Muthukrishnan, 1998). 2010). Nonlinear analysis is also used for building structures with irregular categories. In general, structural analysis of earthquakes is divided into 2 types, namely static and dynamic analysis (response spectrums, Pushover and Nonlinear Time History). And from the results of the analysis, it is found that the deviation between the levels analyzed is still within the limit of the deviation permit between levels, to check the stability of the building / P-Delta obtained $\theta = 0.091$, so it can be concluded that the P-Delta is not taken into account because the coefficient value is less than 0.1 and from The results of the Pushover analysis show that the ratio value = 0.00774 and the table above, the structure performance level is at the Immediate Occupancy level, and from NLTHA (Non Linear Time History Analysis) which is carried out using Imperial Valley earthquake data, the structure performance is at the 8-9 level. % which is included in the IO (immediate occupancy) performance level in the X and Y directions and both occur in blocks.*

***Keywords :** Level Performace, Time History Analysis, Non Linear Time History Analysis.*

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Alhamdulillah, segala puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “ *Analisis Riwayat Waktu Respons Non Linear Bangunan Gedung Apartemen 15 Lantai Diwilayah Tangerang* ” dengan baik sesuai jadwal yang ditentukan.

Tugas Akhir ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil S1 Fakultas Teknik Universitas Mercubuana. Dalam menyusun Tugas Akhir ini tentunya tidak lepas dari bimbingan, bantuan dan dukungan yang sangat berarti dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini, penulis menyampaikan rasa syukur dan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat sehat dan selalu memberikan kesempatan untuk menimba ilmu.
2. Kedua Orang Tua dan ketiga saudara saya yang selalu mensupport dan mendoakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Fajar Triwardono, ST., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan saran, waktu, pengetahuan, bimbingan dan dukungan yang sangat bermanfaat kepada penulis.
4. Bapak Acep Hidayat, ST., M.T. selaku ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Mercubuana Meruya.
5. Diajeng Rosi Pratiwi yang selalu memberikan semangat, doa dan perhatian serta pelipur lara selama penyusunan Tugas Akhir ini.

6. Teman teman kelas regular 2 angkatan 2016, yang berjuang Bersama dan saling mendukung demi mencapai masa depan yang cerah.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini jauh dari sempurna, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik membangun guna kesempatan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.



Jakarta, Maret 2021

Penulis,

Heri Setyawan

41116110121

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	I-1
1.2 Identifikasi Masalah.....	I-2
1.3 Perumusan Masalah.....	I-2
1.4 Maksud Dan Tujuan Penelitian	I-3
1.5 Manfaat Penelitian.....	I-4
1.6 Pembatasan Dan Ruang Lingkup Masalah.....	I-5
1.7 Sistematika Laporan.....	I-6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1 Tinjauan Umum.....	II-1
2.2 Sistem Dinamik.....	II-1
2.3 Sistem Dinamik Dengan Banyak Derajat Kebebasan	II-4
2.4 Analisis Struktur Dinamik.....	II-5
2.5 Analisis Struktur Dinamik Riwayat Waktu.....	II-6
2.6 Respon <i>Single Degree of Freedom</i> Dengan Kekakuan Non Linear.....	II-9
2.7 Respon <i>Multi Degree Of Freedom</i> dengan kekakuan Non Linear.....	II-11
2.8 Metode Numerik	II-13
2.9 Desain Kapassitas.....	II-14

2.10 Redaman.....	II-15
2.11 Konsep Strong Coloumn Weak Beam	II-15
2.12 Pembentukan Sendi Plastis	II-17
2.13 Desain Struktur Tahan Gempa Berbasis Kinerja (Fema 356).....	II-17
2.14 Material Struktur Non Linear.....	II-21
2.15 Penskalaan Riwayat Waktu Dengan Respon Spektra	II-22
2.16 Kerangka berfikir	II-25
2.17 Penelitian terdahulu.....	II-26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	III-I
3.1 Persiapan	III-1
3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian	III-1
3.3 Pengumpulan Data	III-2
3.3.1 Data Primer	III-2
3.3.2 Data Sekunder	III-3
3.4 Metode Analisis	III-4
3.5 Prosedur Analisis Riwayat Waktu Non Linear pada ETABS.....	III-6
3.6 Rencana Pemodelan Dasar Pada ETABS	III-7
3.7 Parameter Yang akan Dievaluasi	III-8
BAB IV PEMBAHASAN	IV-1
4.1 Pembahasan Umum.....	IV-1
4.2 Preliminary Design	IV-2
4.2.1 Balok Induk dan Balok Anak.....	IV-3
4.2.2 Pelat Lantai	IV-4
4.2.3 Kolom.....	IV-7
4.2.4 Dinding Geser	IV-7
4.3 Pembebanan Struktur	IV-8
4.3.1 Beban Mati.....	IV-8
4.3.2 Beban Mati Tambahan (<i>Super Imposed Dead load</i>).....	IV-9
4.3.3 Beban Hidup (<i>live load</i>).....	IV-9
4.3.4 Beban Hujan (<i>Rain Load</i>)	IV-10
4.3.5 Beban Angin (<i>Wind Load</i>).....	IV-11
4.3.6 Beban Gempa (<i>Earhquake Load</i>)	IV-12

4.4	Spektrum Respons Desain	IV-12
4.4.1	Parameter Spektrum Respons Desain	IV-12
4.4.2	Perhitungan Spektrum Respons Desain.....	IV-14
4.4.3	Penentuan Kategori Desain Seismik.....	IV-17
4.4.4	Perhitungan Spektrum Respons Desain.....	IV-18
4.4.5	Kombinasi Pembebanan Dinamik Respons Spektra.....	IV-19
4.5	Spektrum Respons Desain	IV-20
4.5.1	Rasio Partisipasi Modal Massa.....	IV-20
4.5.2	Penentuan Periode Struktur	IV-21
4.5.3	Perhitungan Koefisien Respons Seismik.....	IV-23
4.5.4	Penentuan Gaya Geser Dasar Seismik.....	IV-24
4.5.5	Distribusi Gaya Geser Statik Tiap Lantai.....	IV-27
4.5.6	Gaya Geser Dinamik.....	IV-29
4.5.7	Perhitungan Faktor Skala Gaya Gempa.....	IV-31
4.5.8	Hubungan Gempa Statik – Dinamik.....	IV-32
4.5.9	Gaya Geser Dinamik Terkoreksi	IV-38
4.5.10	Beban Gempa Lateral Desain	IV-43
4.5.11	Pengecekan Simpangan Antar Lantai (Story Drift).....	IV-45
4.5.12	Pengaruh P-Delta	IV-53
4.5.13	Pengaruh Torsi.....	IV-59
4.6	Analisis Pushover.....	IV-66
4.6.1	Kinerja Struktur	IV-66
4.6.2	Perhitungan Level Kinerja Struktur.....	IV-68
4.7	Analisis Non Linear Time History.....	IV-70
4.7.1	Parameter Analisis	IV-71
4.7.2	Pendefinisian Parameter Non Linear	IV-73
4.7.3	Analisis Momen Rotasi.....	IV-81
4.7.4	Assign Data Material Non Linear	IV-90
4.7.5	Pemodelan dan Analisa Dengan Perform 3D	IV-97
4.7.6	Pembebanan	IV-102
4.7.7	Kontrol Simpangan.....	IV-104
4.7.8	Kombinasi Pembebanan	IV-105
4.7.9	Tahapan Deformasi.....	IV-105
4.7.10	Beban Gempa Time History	IV-107

4.7.11 Kinerja Struktur Dengan Analisis Non-linear	IV-112
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	V-1
5.1 Kesimpulan	V-1
5.2 Saran.....	V-2
DAFTAR PUSTAKA	PUSTAKA-1
LAMPIRAN.....	LAMPIRAN-1



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Level Kinerja FEMA 356	II-21
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu	II-30
Tabel 3.1 Jadwal Tugas Akhir.....	III-1
Tabel 4.1 Tinggi minimum balok nonprategang	IV-3
Tabel 4.2 Hasil Preliminary Balok	IV-4
Tabel 4.3 Tebal minimum pelat 1 arah.	IV-4
Tabel 4.4 hasil preliminary kolom	IV-7
Tabel 4.5 hasil preliminary dinding geser.....	IV-8
Tabel 4.6 Perhitungan tekanan velositas q_h	IV-11
Tabel 4.7 Koefisien tekanan eksternal	IV-12
Tabel 4.8 tabel koefisien situs F_a	IV-13
Tabel 4.9 Tabel Koefisien situs F_v	IV-14
Tabel 4.10 Parameter gempa Tangerang pada kelas situs SD.....	IV-15
Tabel 4.11 Kategori desain Seismik berdasarkan respon 0,2 detik.....	IV-17
Tabel 4.12 kategori desain seismik berdasarkan respon 1 detik	IV-18
Tabel 4.13 Modal participation mass ratio.....	IV-20
Tabel 4.14 Koefisien untuk batas atas dan parameter	IV-21
Tabel 4.15 Perode hasil pemodelan	IV-23
Tabel 4.16 Perhitunga C_s arah X dan Y.....	IV-23
Tabel 4.17 Berat struktur tiap lantai.....	IV-24
Tabel 4.18 Distribusi gaya geser static ekivalen tiap lantai	IV-26
Tabel 4.19 gaya geser static tiap lantai	IV-27
Tabel 4.20 Time period program calculated	IV-28
Tabel 4.21 Time period user defined	IV-29
Tabel 4.22 Gaya geser dinamik tiap lantai arah X	IV-29
Tabel 4.23 Gaya geser dinamik tiap lantai arah Y	IV-34
Tabel 4.24 Akumulasi dan relasi gaya gempa static dan dinamik	IV-37
Tabel 4.25 relasi gaya gempa static dan dinamik.....	IV-37
Tabel 4.26 gaya geser dinamik tiap lantai koreksi	IV-38

Tabel 4.26 gaya geser dinamik tiap lantai koreksi	IV-40
Tabel 4.27 gaya geser desain.....	IV-44
Tabel 4.28 gaya gempa lateral desain	IV-46
Tabel 4.29 simpangan maksimum lantai akibat beban gempa arah x....	IV-47
Tabel 4.30 simpangan maksimum lantai akibat beban gempa arah y....	IV-49
Tabel 4.31 simpangan antar lantai arah x.....	IV-49
Tabel 4.32 simpangan antar lantai arah y.....	IV-54
Tabel 4.33 beban P(gravity) kumulatif	IV-55
Tabel 4.34 cek kestabilan struktur akibat gempa arah x	IV-57
Tabel 4.35 cek kestabilan struktur akibat gempa arah y	IV-60
Tabel 4.36 data eksentrisitas torsi bawaan	IV-61
Tabel 4.37 data eksentrisitas tidak terduga	IV-62
Tabel 4.38 Nilai δ_{min} , δ_{max} , δ_{avg} untuk gempa arah X.....	IV-63
Tabel 4.39 Nilai δ_{min} , δ_{max} , δ_{avg} untuk gempa arah Y.....	IV-63
Tabel 4.40 Nilai Eksentrisitas desain arah X	IV-64
Tabel 4.41 Nilai Eksentrisitas desain arah Y	IV-65
Tabel 4.42 Tabel <i>performance level</i> ATC-40	IV-67
Tabel 4.43 FEMA 451-B.....	IV-67
Tabel 4.44 Simpangan antar tingkat izin, $\Delta_a^{a,b}$ SNI 1726:2019	IV-68
Tabel 4.45 <i>monitored displacement</i>	IV-69
Tabel 4.46 Tabel <i>performance level</i> ATC-40	IV-70
Tabel 4.47 data spesifikasi material balok	IV-73
Tabel 4.48 data spesifikasi material kolom.....	IV-78
Tabel 4.49 data momen rotasi balok	IV-84
Tabel 4.50 data kinerja balok	IV-85
Tabel 4.51 data <i>hinge rotation</i>	IV-85
Tabel 4.52 data lanjutan momen rotasi kolom dan aksial momen	IV-88
Tabel 4.53 data momen maksimal dan momen di P=0	IV-89
Tabel 4.54 momen aksial momen maksimum dan minimum kolom	IV-90
Tabel 4.55 Pembebanan	IV-102
Tabel 4.56 Beban respon spektra	IV-107
Tabel 4.57 faktor skala gempa	IV-108
Tabel 4.58 hasil analisa arah Y	IV-113
Tabel 4.59 hasil analisa arah X	IV-115

Tabel 4.60 Kinerja struktur	IV-116
Tabel 4.61 FEMA 451-B.....	IV-117



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pemodelan SDOF	II-2
Gambar 2.2 Pemodelan MDOF.....	II-2
Gambar 2.3 Hubungan Tegangan Regangan.....	II-8
Gambar 2.4 Aplikasi Gaya Vs Defleksi Vertikal	II-8
Gambar 2.5 Plot Gaya-perpindahan dengan kekakuan	II-9
Gambar 2.6 Koefisien perkerasan regangan.	II-12
Gambar 2.7 Faktor Respo (rdu) sebagai fungsi dari periode natural	II-12
Gambar 2.8 <i>Beam sideway mechanism</i>	II-16
Gambar 2.9 Perilaku Struktur saat mendapat gaya lateral gempa.....	II-16
Gambar 3.1 Jadwal Penelitian.....	III-1
Gambar 3.2 Perspektif 3d bangunan menggunakan Etabs	III-7
Gambar 3.3 Gambar denah bangunan menggunakan Etabs.....	III-8
Gambar 4.1 Denah tipikal	IV-1
Gambar 4.2 model struktur 3 dimensi.....	IV-2
Gambar 4.3 Rumus untuk tebal pelat.	IV-4
Gambar 4.4 Grafik respon spektral Tangerang	IV-7
Gambar 4.5 Grafik Gaya geser dinamik tiap lantai.....	IV-24
Gambar 4.6 4.6 Distribusi gaya geser arah X	IV-42
Gambar 4.7 Distribusi gaya geser arah Y	IV-43
Gambar 4.8 Penentuan simpangan antar tingkat.....	IV-45
Gambar 4.9 Maksimum <i>story displacement</i> akibat gempa X	IV-47
Gambar 4.10 Parameter gempa Tangerang pada kelas situs SD.....	IV-48
Gambar 4.11 Simpangan antar lantai terhadap tinggi bangunan	IV-53
Gambar 4.12 Diagram P-Delta arah X dan Y	IV-59
Gambar 4.13 Denah tipikal perform 3d	IV-71
Gambar 4.14 Perspektif perform 3d.....	IV-71
Gambar 4.15 Penampang balok	IV-75
Gambar 4.16 Parameter <i>Unconfined</i> balok	IV-75
Gambar 4.17 Parameter <i>Confined</i> balok	IV-76
Gambar 4.18 Parameter baja tulangan pada balok.....	IV-77
Gambar 4.19 gaya geser static tiap lantai.....	IV-79
Gambar 4.20 Penampang kolom	IV-80

Gambar 4.21 Parameter <i>Unconfined</i> kolom.....	IV-80
Gambar 4.22 Parameter <i>Confined</i> kolom.....	IV-80
Gambar 4.23 Parameter baja tulangan pada kolom.....	IV-81
Gambar 4.24 Analisis momen rotasi pada balok.....	IV-82
Gambar 4.25 hasil analisis data momen rotasi balok di XTRACT.....	IV-83
Gambar 4.26 hasil analisis data momen rotasi kolom di XTRACT.....	IV-86
Gambar 4.27 hasil analisis data aksial momen di <i>software</i> XTRACT...	IV-87
Gambar 4.28 <i>Assign Material Inelastic</i> balok	IV-91
Gambar 4.29 <i>Assign Material Inelastic</i> balok	IV-91
Gambar 4.30 <i>Assign Material Inelastic</i> balok	IV-92
Gambar 4.31 <i>Assign Material Inelastic</i> kolom.....	IV-92
Gambar 4.32 <i>Assign Material Inelastic</i> kolom.....	IV-93
Gambar 4.33 <i>Assign Material Inelastic</i> kolom.....	IV-93
Gambar 4.34 <i>Assign Material Inelastic</i> kolom.....	IV-94
Gambar 4.35 <i>Cross section</i> (penampang) pada balok.....	IV-94
Gambar 4.36 <i>Cross section</i> (penampang) pada kolom	IV-95
Gambar 4.37 data <i>Coumpound</i> pada balok	IV-96
Gambar 4.38 data <i>Coumpound</i> pada kolom lt.1	IV-96
Gambar 4.39 data <i>Coumpound</i> pada kolom lt.2 sampai lt.15	IV-97
Gambar 4.40 <i>Assign Diafragma rigid</i> pada lantai 2.....	IV-98
Gambar 4.41 <i>Assign elemen Coumpound</i> pada kolom lt.1	IV-98
Gambar 4.42 <i>Assign orientasi</i> pada elemen balok.....	IV-99
Gambar 4.43 <i>Assign orientasi</i> pada elemen kolom	IV-99
Gambar 4.44 <i>Assign beban mati</i> (DL) pada balok	IV-100
Gambar 4.45 <i>Assign beban mati tambahan</i> (SIDL) pada balok	IV-101
Gambar 4.46 <i>Assign beban hidup</i> (LL) pada balok.....	IV-102
Gambar 4.47 <i>Assign kontrol simpangan arah X</i> (H1)	IV-103
Gambar 4.48 <i>Assign kontrol simpangan arah Y</i> (H2)	IV-103
Gambar 4.49 pembatasan tahapan deformasi (<i>Yield</i>) pada balok	IV-104
Gambar 4.50 pembatasan tahapan deformasi pada kolom.....	IV-104
Gambar 4.51 grafik <i>force displacement</i>	IV-118