

**ANALISIS STRUKTUR RANGKA GEDUNG BERTINGKAT DENGAN
VARIASI KEKAKUAN KOLOM AKIBAT *SOFT STORY* DAN PENGARUH
SETBACK PADA LANTAI ATAS**

TUGAS AKHIR

**Untuk memenuhi Persyaratan dalam Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Sipil (S-1)**



Disusun oleh:

ANUGERAH MULIA RAHMAT

1653010053

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
2021**

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS STRUKTUR RANGKA GEDUNG BERTINGKAT DENGAN
VARIASI KEKAKUAN KOLOM AKIBAT *SOFT STORY* DAN PENGARUH
SETBACK PADA LANTAI ATAS**

Disusun oleh:

**ANUGERAH MULIA RAHMAT
NPM. 1653010053**

**Telah diuji, dipertahankan, dan diterima oleh Tim Penguji Tugas Akhir
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Pada Hari Selasa, 5 Januari 2021**

Dosen Pembimbing I



**Dr. Ir. Made Dharma Astawa, M.T.
NIDK. 8 88 0523419**

Dosen Pembimbing II



**Sumaidi, S.T., M.T.
NIP. 3 7909 05 0204 1**

**Mengetahui, Dekan Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**



**Dr. Dra. Jariyah M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001**

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS STRUKTUR RANGKA GEDUNG BERTINGKAT DENGAN
VARIASI KEKAKUAN KOLOM AKIBAT *SOFT STORY* DAN PENGARUH
SETBACK PADA LANTAI ATAS**


Disusun oleh:

**ANUGERAH MULIA RAHMAT
NPM. 1653010053**

**Telah diuji, dipertahankan, dan diterima oleh Tim Penguji Tugas Akhir
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Pada Hari Selasa, 05 Januari 2021**

Pembimbing:

1. Pembimbing Utama

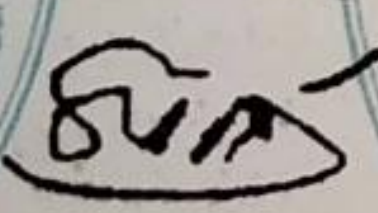

**Dr. Ir. Made Dharma Astawa, M.T.
NIDK. 8 88 0523419**

Tim Penguji:


1. Penguji I


**Ir. Wahyu Kartini, M.T.
NIP. 3 6304 94 0031 1**

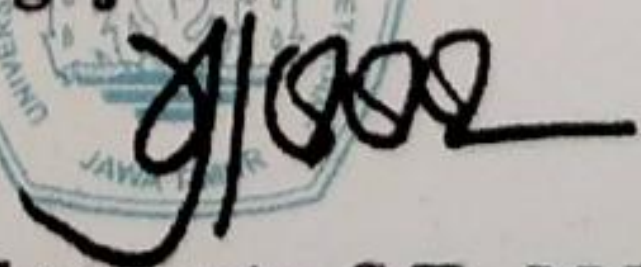
2. Pembimbing Pendamping


**Sumaidi, S.T., M.T.
NIP. 3 7909 05 0204 1**

2. Penguji II


**Data Iranata, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 19800430 200501 1 002**

3. Penguji III


**Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 19730128 199802 1 002**

**Mengetahui, Dekan Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**


**Dr. Dra. Jariyah M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001**

**ANALISIS STRUKTUR RANGKA GEDUNG BERTINGKAT DENGAN
VARIASI KEKAKUAN KOLOM AKIBAT *SOFT STORY* DAN PENGARUH
SETBACK PADA LANTAI ATAS**

Oleh:

ANUGERAH MULIA RAHMAT

1653010053

ABSTRAK

Suatu bangunan harus didesain agar dapat menahan beban-beban yang ada agar memenuhi standar keamanan berdirinya suatu gedung. Namun pada implementasi lapangan, banyak ditemui gedung dengan ketidakberaturan vertikal seperti mekanisme *soft story* dan *setback*. Adanya eliminasi balok (balok pada tingkat tidak menerus) yang disebabkan oleh bukaan pada plat bentang tertentu juga dapat memperkecil kekakuan kolom, sehingga dapat mengakibatkan terjadinya tingkat lunak. Tingkat lunak yang terjadi disebut tingkat lunak sebagian (*partial soft story*), yang hanya ada beberapa kolom saja yang lebih tinggi dan kekakuannya lebih kecil pada bentang dimana plat ditiadakan. Penelitian ini menggunakan metode *Capacity Spectrum Method* (CSM) yaitu metode untuk mendapatkan perpindahan struktur dengan menggunakan *pushover analysis*. Dari hasil analisis didapatkan nilai daktilitas gedung pada arah X dan Y sebesar 4,54 dan 4,52 dan setelah lantai *soft story* diperkuat nilai daktilitas gedung pada arah X dan Y sebesar 4,49 dan 4,51 Hasil ini menggambarkan struktur gedung dalam keadaan *soft story* maupun *non-soft story* dalam keadaan stabil dalam menerima beban gempa. Target perpindahan yang didapatkan pada arah X dan Y sebesar 0,451 m dan 0,453 m dan setelah lantai *soft story* diperkuat target perpindahan pada arah X dan Y sebesar 0,447 m dan 0,452 m serta tingkat kinerja pada kedua arah menghasilkan tingkat kinerja *Immediate Occupancy (IO)* dan setelah lantai *soft story* diperkuat tingkat kinerja tetap pada tingkat *Immediate Occupancy (IO)* pada kedua arah.

Kata Kunci: *soft story*, *Setback*, *Capacity Spectrum Method*, kinerja struktur, daktilitas.

KATA, PENGANTAR

Dengan segala puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Analisis Struktur Rangka Gedung Bertingkat Dengan Variasi Kekakuan Kolom Akibat *Soft Story* dan Pengaruh *Setback* pada Lantai atas**”. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata-1 (S1) di Program studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Dalam penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Dra. Jariyah, MP., selaku Dekan Fakultas Teknik UPN “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Dr. Ir. Minarni Nur Trilita, MT., selaku Koordinator program studi Teknik Sipil UPN “Veteran” Jawa Timur.
3. Bapak DR. Ir. Made D. Astawa, M.T., selaku dosen Pembimbing I tugas akhir ini.
4. Bapak Sumaidi, S.T., M.T., selaku dosen Pembimbing II tugas akhir ini.
5. Kedua orang tua serta seluruh keluarga yang telah banyak memberi kasih sayang, do’a, dan juga dukungan.
6. Teman-teman seperjuangan di Teknik Sipil Angkatan 2016, yang telah memberikan bantuan dan semangat dalam mengerjakan tugas akhir ini.
7. Teman – teman dari grup toflek yang selalu memberi dukungan dan semangat selama pengerjaan tugas akhir ini.

Dengan besar hati penyusun sangat menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Surabaya, 11 Oktober 2020

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA, PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Lokasi Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Tinjauan Umum.....	6
2.2. Penelitian Terdahulu.....	6
2.3. Ketidakberaturan Vertikal	8
2.3.1. Soft Story (Tingkat Lunak)	8
2.3.2. Setback (Loncatan Bidang Muka).....	11
2.4. Kekakuan (<i>Stiffness</i>).....	13
2.5. <i>Performance Based Design</i> (PBD).....	14
2.5.1. <i>Capacity Spectrum Method</i> (CSM).....	14
2.5.2. <i>Performance Point</i> (ATC-40)	17
2.6. Analisis <i>Pushover</i>	18
2.7. Kriteria Struktur Tahan Gempa	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1. Data Struktur Gedung	22
3.2. Metode Penelitan	22
3.3. Tahapan dan Prosedur Penelitian	23
3.3.1. Studi literatur.....	24
3.3.2. Pengumpulan Data	24
3.3.3. <i>Preliminary Design</i>	25

3.3.4.	Pemodelan Struktur	26
3.3.4.1.	System koordinat global dan lokal	27
3.3.4.2.	Elemen- elemen portal dan pelat lantai.....	28
3.3.4.3.	Diaphragm Constraint.....	29
3.3.5.	Perhitungan Beban	29
3.3.5.1.	Beban Mati.....	29
3.3.5.2.	Beban Hidup	30
3.3.5.3.	Beban Gempa.....	30
3.3.6.	Analisis <i>Pushover</i>	34
3.3.7.	Periksa Level Kinerja Berdasarkan ATC-40 dan Stabilitas Struktur.	36
3.3.8.	<i>Detail Engineering Design</i>	37
3.3.9.	Kesimpulan Hasil Analisis	37
BAB IV PEMBAHASAN		38
4.1.	Data Perencanaan	38
4.1.1.	Data Existing Struktur Gedung Beton Bertulang.....	38
4.1.2.	Data Umum dan Spesifikasi Material	40
4.2.	<i>Preliminary Design</i>	41
4.2.1.	<i>Soft Story</i>	41
4.2.2.	<i>Setback</i>	42
4.3.	Pembebanan Struktur.....	43
4.3.1.	Beban Mati	43
4.3.2.	Beban Hidup.....	44
4.3.3.	Beban Gempa	44
4.3.4.	Kombinasi Pembebanan.....	49
4.4.	Pemodelan Struktur	49
4.4.1.	Kontrol Desain Struktur	50
4.4.1.1.	Kontrol partisipasi massa.....	50
4.4.1.2.	Periksa koefisien respon	51
4.4.1.3.	Batas Simpangan (<i>drift</i>).....	54
4.5.	Analisis <i>Pushover</i>	57
4.5.1.	Pemodelan Sendi Plastis	57
4.5.2.	Kurva Kapasitas	59

4.5.3.	Metode Spektrum Kapasitas (ATC-40)	64
4.5.4.	Daktilitas Struktur	67
4.6.	Desain Dengan Perkuatan Kolom.....	68
4.6.1.	Preliminary Kolom yang Mengalami Soft Story	68
4.6.2.	Pemodelan Struktur	69
4.6.3.	Kontrol Desain Struktur	70
4.6.3.1.	Kontrol Partisipasi Massa	70
4.6.3.2.	Periksa Koefisien Respon	70
4.6.3.3.	Batas Simpangan	72
4.6.4.	Penulangan Balok.....	73
4.6.5.	Penulangan Kolom	90
4.6.5.1.	Penulangan Kolom K1A (Interior) (Contoh Perhitungan)	91
4.6.5.2.	Penulangan Kolom K1B (Eksterior) (Contoh Perhitungan)...	103
4.6.6.	Desain Hubungan Balok Kolom	116
4.6.6.1.	Data Perhitungan	116
4.6.6.2.	Kontrol HBK Interior	116
4.6.6.3.	Kontrol HBK Eksterior	117
4.6.7.	Hasil Analisis Pushover	121
4.6.7.1.	Pemodelan Sendi Plastis	121
4.6.7.2.	Kurva Kapasitas	123
4.6.7.3.	Metode Spektrum Kapasitas	129
4.6.7.4.	Daktilitas Struktur.....	131
4.7.	Resume Perbandingan Hasil.....	132
4.8.	Interpretasi Data	133
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		135
5.1.	Kesimpulan.....	135
5.2.	Saran	136
DAFTAR PUSTAKA		137

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi Gedung Kuliah Bersama Universitas Airlangga Kampus C	5
Gambar 2.1	Soft Story dengan Tinggi 2 Kali Tinggi Tingkat Lainnya	10
Gambar 2.2	Soft Story dengan Beberapa Kolom Menjadi Lebih Tinggi	10
Gambar 2.3	Perpindahan pada Bangunan Tanpa <i>Setback</i>	11
Gambar 2.4	Perpindahan pada Bangunan dengan <i>Setback</i>	12
Gambar 2.5	(a) Kurva Kapasitas dan (b) Spektrum Kapasitas	15
Gambar 2.6	Contoh Faktor Partisipasi Modal dan Modal Koefisien Massa	15
Gambar 2.7	Perubahan Format Respons Spektrum Standar(a) ke ADRS(b)	16
Gambar 2.8	Parameter Data Respons Spektrum Rencana	16
Gambar 2.9	Penentuan <i>Performance Point</i>	17
Gambar 3.1	Denah Gedung Kuliah Bersama Universitas Airlangga Lantai 1	22
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 3.3	Potongan Existing	26
Gambar 3.4	Potongan Modifikasi	27
Gambar 3.5	Spektrum Respons Desain.....	33
Gambar 4.1	Struktur Bangunan Tidak Beraturan Geometri Vertikal	43
Gambar 4.2	Spektrum Respon Desain Wilayah Surabaya.....	48
Gambar 4.3	Pemodelan struktur 3D.....	50
Gambar 4.4	Penentuan Simpangan Antar Lantai	55
Gambar 4.5	Grafik Simpangan Antar Lantai	56
Gambar 4.6	Pemodelan Sendi Plastis pada Balok	57
Gambar 4.7	Pemodelan Sendi Plastis pada Balok	58
Gambar 4.8	Pemodelan Sendi Plastis Potongan Memanjang & Melintang.....	58
Gambar 4.9	Push X step 3 & 4.....	60
Gambar 4.10	Push X step 12 & 17.....	60
Gambar 4.11	Kurva Kapasitas Arah X-X	61
Gambar 4.12	Push Y step 3 & 4.....	63
Gambar 4.13	Push Y step 13 & 16.....	63
Gambar 4.14	Kurva Kapasitas Arah Y-Y	64
Gambar 4.15	Spektra <i>Capacity</i> dan Spektra <i>Demand</i> Arah X.....	65

<i>Gambar 4.16</i>	Spektra <i>Capacity</i> dan Spektra <i>Demand</i> Arah Y	66
Gambar 4.17	Pemodelan Struktur 3D Desain Ulang	69
Gambar 4.18	Sketsa Penulangan Tumpuan (a) dan Lapangan (b).....	81
Gambar 4.19	Sketsa Penulangan Geser Balok B1	85
Gambar 4.20	Sketsa Tulangan Kolom K1A	93
Gambar 4.21	Diagram Interaksi Kolom K1A.....	93
Gambar 4.22	Lokasi Tinjauan Kolom K1A (Interior)	94
Gambar 4.23	Sketsa HBK Interior “ <i>Strong Column Weak Beam</i> ”	97
Gambar 4.24	Sketsa Tulangan Kolom K1B.....	105
Gambar 4.25	Diagram Interaksi Kolom K1B	106
Gambar 4.26	Lokasi Tinjauan Kolom K1B (Eksterior).....	107
<i>Gambar 4.27</i>	Sketsa HBK Eksterior “ <i>Strong Column Weak Beam</i> ”	110
Gambar 4.28	Sketsa Tulangan Geser Kolom.....	120
Gambar 4.29	Pemodelan Sendi Plastis pada Balok	121
Gambar 4.30	Pemodelan Sendi Plastis pada Balok	122
Gambar 4.31	Pemodelan Sendi Plastis Potongan Memanjang & Melintang.....	122
Gambar 4.32	Push X step 3 & 4.....	124
Gambar 4.33	Push X step 10 & 13.....	124
Gambar 4.34	Kurva Kapasitas Arah X-X	125
Gambar 4.35	Push Y Step 3 & 4.....	127
Gambar 4.36	Push Y Step 14 & 17	127
Gambar 4.37	Kurva Kapasitas Arah Y-Y	128
<i>Gambar 4.38</i>	Spektra <i>Capacity</i> dan Spektra <i>Demand</i> Arah X.....	129
<i>Gambar 4.1</i>	Spektra <i>Capacity</i> dan Spektra <i>Demand</i> Arah Y.....	130

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Batasan Simpangan pada Tingkat Kinerja Struktur	18
Tabel 2.2	Tingkat Kinerja Struktur (ATC-40)	20
Tabel 4.1	Dimensi Balok dan Penulangan Balok Gedung Kuliah Bersama	38
Tabel 4.2	Dimensi Kolom dan Penulangan Kolom Gedung Kuliah Bersama ...	39
Tabel 4.3	Dimensi Pelat Gedung Kuliah Bersama.....	40
Tabel 4.4	Kekakuan dengan Masing-masing Panjang yang Berbeda	41
Tabel 4.5	Kekakuan Tingkat	42
Tabel 4.6	Beban Mati per m ²	43
Tabel 4.7	Beban Hidup per m ²	44
Tabel 4.8	Koefisien situs, F_a	45
Tabel 4.9	Koefisien situs, F_v	45
Tabel 4.10	Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek.....	47
Tabel 4.11	Respon percepatan desain	48
Tabel 4.12	<i>Output</i> Partisipasi Massa.....	51
Tabel 4.13	Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	51
Tabel 4.14	Faktor R , Ω_0 , dan C_d untuk sistem pemikul gaya seismik	52
Tabel 4.15	Hasil Perhitungan gaya geser dasar (V_s).....	53
Tabel 4.16	Hasil Output Gaya geser dasar (V_i).....	53
Tabel 4.17	Kontrol Gaya Geser Dasar	54
Tabel 4.18	Rekapitulasi Perhitungan Simpangan Antar Tingkat.....	56
Tabel 4.19	Output Beban Dorong Arah X-X	59
Tabel 4.20	Output Beban Dorong Arah Y-Y	62
Tabel 4.21	Output Spektrum Kapasitas Arah X-X	65
Tabel 4.22	Output Spektrum Kapasitas Arah Y-Y	66
Tabel 4.23	Target perpindahan dengan ATC-40.....	67
Tabel 4.24	Kekakuan Kolom Desain Ulang.....	68
Tabel 4.25	Kekakuan Tingkat Desain Ulang	68
Tabel 4.26	Output Partisipasi Massa (Desain Ulang)	70
Tabel 4.27	Hasil Perhitungan gaya geser dasar (V)	71

Tabel 4.28	Hasil Output Gaya geser dasar (V_t).....	71
Tabel 4.29	Kontrol Gaya Geser Dasar	72
Tabel 4.30	Rekapitulasi Perhitungan Simpangan Antar Tingkat Desain Ulang ..	72
Tabel 4.31	Output Gaya Dalam Balok	73
Tabel 4.32	Rekapitulasi Tulangan Lentur pada Tiap Tipe Balok	89
Tabel 4.33	Rekapitulasi Tulangan Geser dan Torsi pada Tiap Tipe Balok	89
Tabel 4.34	Output Gaya Dalam Kolom	90
Tabel 4.35	Gaya dalam Kolom K1A pada HBK.....	95
Tabel 4.36	Rekapitulasi Perhitungan $\sum M_{nc}$	95
Tabel 4.37	Rekapitulasi M_{nb} pada Joint Kolom K1A HBK.....	97
Tabel 4.38	Perhitungan SCWB Joint HBK Kolom K1A	98
Tabel 4.39	Gaya dalam Kolom K1B pada HBK.....	108
Tabel 4.40	Rekapitulasi Perhitungan $\sum M_{nc}$	108
Tabel 4.41	Rekapitulasi M_{nb} pada Joint Kolom K1B HBK	110
Tabel 4.42	Perhitungan SCWB Joint HBK Kolom K1A	110
Tabel 4.43	Rekapitulasi Penulangan Longitudinal Kolom	119
Tabel 4.44	Rekapitulas Penulangan Transversal Kolom	119
Tabel 4.45	Output Beban Dorong Arah X-X	123
Tabel 4.46	Output Beban Dorong Y-Y	126
Tabel 4.47	Output Spektrum Kapasitas Arah X-X	129
Tabel 4.48	Output Spektrum Kapasitas Arah Y-Y	130
Tabel 4.49	Target perpindahan dengan ATC-40.....	131
Tabel 4.50	Tabel Perbandingan Hasil Analisis Linear Respons Spektrum.....	132
Tabel 4.51	Tabel Perbandingan hasil Analisis Non-Linear (Pushover).....	132