

**MODIFIKASI STRUKTUR RANGKA GEDUNG KULIAH  
FAKULTAS EKONOMI BISNIS UPN “VETERAN” JAWA  
TIMUR DENGAN PENAMBAHAN TINGGI TINGKAT DAN  
BALOK PRATEGANG**

**TUGAS AKHIR**



**Disusun oleh:**

**RIZKA ABDILLAH ARISANDI**

**17035010016**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”**

**JAWA TIMUR**

**2021**

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**MODIFIKASI STRUKTUR RANGKA GEDUNG KULIAH  
FAKULTAS EKONOMI BISNIS UPN "VETERAN" JAWA  
TIMUR DENGAN PENAMBAHAN TINGGI TINGKAT DAN  
BALOK PRATEGANG**

Disusun oleh:

Rizka Abdillah Arisandi  
NPM. 17035010016

Telah diuji, dipertahankan, dan diterima oleh Tim Penguji Tugas Akhir  
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik  
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur  
pada hari Jumat, 29 Oktober 2021

Pembimbing:

1. Pembimbing Utama

  
Sumaidi, ST., MT.  
NPT. 3 7909 05 0204 1

2. Pembimbing Pendamping

  
Cintantya Budi Casita, ST., MT.  
NPT. 17219931025069

Tim Penguji:


1. Penguji I

  
Ir. Wahyu Kartini, MT.  
NPT. 3 6304 94 0031 1

2. Penguji II

  
Data Iranata, ST, MT, Ph.D.  
NIP. 198004302005011002

3. Penguji III

  
Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D.  
NIP. 197301281998021002

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

  
Dr. Dra. Jarivah, MP.  
NIP. 19650403 199103 2 00 1



**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**MODIFIKASI STRUKTUR RANGKA GEDUNG KULIAH  
FAKULTAS EKONOMI BISNIS UPN "VETERAN" JAWA  
TIMUR DENGAN PENAMBAHAN TINGGI TINGKAT DAN  
BALOK PRATEGANG**

**Disusun oleh:**

**Rizka Abdillah Arisandi**  
**NPM. 17035010016**

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

**pada hari Jumat, 29 Oktober 2021**

**Dosen Pembimbing I**



**Sennaldi, ST., MT.**  
**NPT. 3 7909 05 0204 1**

**Dosen Pembimbing II**



**Cintantya Budi Casita, ST., MT.**  
**NPT. 17219931025069**

**Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik**

**Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**



**Dr. Dra. Jarivah, MP.**  
**NIP. 19650403 199103 2 00 1**

# MODIFIKASI STRUKTUR RANGKA GEDUNG KULIAH FAKULTAS EKONOMI BISNIS UPN “VETERAN” JAWA TIMUR DENGAN PENAMBAHAN TINGGI TINGKAT DAN BALOK PRATEGANG

Rizka Abdillah Arisandi

17035010016

## ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang sering dilanda gempa, sehingga diperlukan metode perencanaan serta pelaksanaan pembangunan yang tahan gempa. Pada tugas akhir ini akan dilakukan modifikasi pada gedung Fakultas Ekonomi Bisnis UPN “Veteran” Jawa Timur dengan kelengkapan perpustakaan pada lantai 5 dan menambah tinggi tingkat sebesar 0,5 m serta menghilangkan kolom pada bentang panjang. Gedung yang memiliki perbedaan tinggi tingkat dengan tingkat lainnya dapat mengakibatkan *soft story*. *Soft story* memiliki pengaruh terhadap tingkat kekakuan lateral yang terjadi pada lantai – lantai tertentu. Ketidakberaturan vertikal mengakibatkan terjadinya perbedaan kekakuan yang berpeluang terjadinya kegagalan pada kolom yang dapat menyebabkan keruntuhan pada bangunan tersebut. Perencanaan ini memerlukan balok prategang karena adanya modifikasi pada lantai 5 akibat hilangnya kolom pada bentang tersebut untuk memikul bentang bebas sepanjang 21 m. Dalam pelaksanaannya metode balok prategang yang digunakan adalah *post – tension* (pasca tarik). *Performance Based Design* (PBD) merupakan metode desain beban gempa untuk bangunan baru maupun perkuatan (upgrade) bangunan yang sudah ada. Penelitian ini menggunakan metode *Capacity Spectrum Method* (CSM) untuk mengetahui kinerja struktur dengan menggunakan *pushover analysis*. Dari hasil penelitian ini didapatkan nilai daktilitas gedung yang didapatkan sebesar 4,53 untuk arah X dan 3,08 untuk arah Y dikategorikan sebagai daktilitas parsial. Level kinerja yang dihasilkan adalah *Damage Control* (DC) untuk arah X dan level kinerja *Immediate Occupancy* (IO) untuk arah Y. Hasil ini menggambarkan struktur gedung dalam keadaan stabil dan aman pada saat menerima beban gempa.

**Kata kunci :** *Soft story*, *Capacity Spectrum Method*, Beton prategang.

## KATA PENGANTAR

Dengan segala puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Modifikasi Struktur Rangka Gedung Kuliah Fakultas Ekonomi Bisnis UPN “Veteran” Jawa Timur Dengan Penambahan Tinggi Tingkat dan Balok Prategang”**. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan Strata 1 (S-1) 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 Sumaidi, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I tugas akhir ini.
4. Ibu Cintantya Budi Casita, S.T, M.T., selaku dosen pembimbing II tugas akhir ini.
5. Bapak DR. Ir. Made D. Astawa, M.T., selaku dosen struktur Program Studi Teknik Sipil UPN “Veteran” Jawa Timur.
6. Ibu Ir. Wahyu Kartini, M.T., selaku dosen struktur Program Studi Teknik Sipil UPN “Veteran” Jawa Timur.
7. Kedua orang tua serta seluruh keluarga yang telah memberi do’a dan dukungan dalam mengerjakan tugas akhir ini.
8. Teman – teman yang telah memberi semangat serta bantuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Surabaya, 24 Februari 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
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.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Penelitian Terdahulu .....	5
2.2. Ketidakberaturan Tingkat Lunak .....	6
2.3. Kekakuan .....	8
2.4. Beton Prategang Parsial .....	9
2.4.1. Metode Prategang.....	10
2.4.2. <i>Initial Stress</i> .....	12
2.4.3. Kehilangan Prategang .....	12
2.4.4. Pembebanan .....	13
2.5. <i>Performance Based Design (PBD)</i> .....	14
2.6. Kinerja Struktur Metode ATC-40.....	14
2.6.1 Analisis <i>Response Spectrum</i> .....	15
2.6.2. <i>Capacity Spectrum Method (CSM)</i> .....	16
2.6.3. Titik Kinerja Struktur ( <i>Performance Point</i> ).....	18
2.6.4. Batasan Deformasi .....	19
2.7. <i>Pushover Analysis</i> .....	19
BAB III METODE PENELITIAN .....	21
3.1. Data Struktur.....	21
3.2. Metode Penelitian .....	21
3.3. Bagan Alir Penelitian.....	22

3.3.1. Studi Literatur .....	23
3.3.2. Pengumpulan Data .....	23
3.3.3. Parameter desain struktur .....	24
3.3.4. <i>Preliminary Design</i> .....	24
3.3.5. Perhitungan Beban .....	25
3.3.5.1. Beban Mati .....	25
3.3.5.2. Beban Hidup .....	25
3.3.5.3. Beban Gempa .....	25
3.3.6. Pemodelan Struktur .....	26
3.3.7. Analisis <i>Pushover</i> .....	29
3.3.8. Periksa Level Kinerja Berdasarkan ATC-40 .....	31
3.3.9. Analisa beton prategang .....	33
3.3.9.1. Gaya Prategang .....	33
3.3.9.2. Tegangan Izin .....	33
3.3.9.3. Kehilangan Gaya Prategang .....	34
3.3.9.4 <i>Partial Prestressing Ratio</i> .....	37
3.3.10. <i>Detail Engineering Design</i> .....	37
3.3.11. Kesimpulan .....	37
BAB IV PEMBAHASAN .....	38
4.1. Data Perencanaan .....	38
4.1.1. Data Umum .....	38
4.1.2. Data Existing Struktur Gedung .....	39
4.2. <i>Preliminary Design</i> .....	39
4.2.1. <i>Soft Story</i> .....	39
4.2.2. Perencanaan Balok .....	42
4.2.2.1. Balok Induk .....	42
4.2.2.2. Balok Anak .....	44
4.2.2.3. Balok Prategang .....	45
4.2.3. Perencanaan Kolom .....	46
4.3. Pembebanan .....	48
4.3.1. Beban Mati .....	48
4.3.2. Beban Hidup .....	49
4.3.3. Beban Gempa .....	49



4.3.4. Kombinasi Pembebanan.....	56
4.4. Pemodelan Struktur.....	56
4.5. Analisa Struktur.....	57
4.5.1. Kontrol Desain Struktur.....	57
4.5.1.1. Kontrol Partisipasi Massa.....	57
4.5.1.2. Periksa Koefisien Respon.....	58
4.5.1.3. Batas Simpangan ( <i>drift</i> ).....	61
4.5.2. Penulangan Balok.....	63
4.5.3. Balok Prategang.....	84
4.5.3.1. Data Perencanaan.....	84
4.5.3.2. Mencari Lebar Efektif.....	84
4.5.3.3. Tegangan Ijin Beton.....	85
4.5.3.4. Perhitungan Pembebanan.....	86
4.5.3.5. Analisa Penampang Global.....	87
4.5.3.6. Gaya Prategang Awal ( $F_o$ ).....	89
4.5.3.7. Daerah Limit Kabel.....	92
4.5.3.8. Penentuan Tendon.....	94
4.5.3.9. Kehilangan Gaya Prategang.....	95
4.5.3.10. Kontrol Gaya Prategang Setelah Kehilangan.....	99
4.5.3.11. Kontrol Lendutan.....	102
4.5.3.12. Kontrol Momen Nominal.....	105
4.5.3.13. Kontrol Momen Retak.....	106
4.5.3.14. Perencanaan Kebutuhan Tulangan Lunak.....	108
4.5.3.15. Kontrol Momen Nominal Penampang Keseluruhan.....	130
4.5.3.16. Pengangkuran Ujung.....	132
4.5.3.17. Partial Prestressing Ratio (PPR).....	134
4.5.4. Penulangan Kolom.....	134
4.5.4.1. Penulangan Kolom K1A (Interior).....	134
4.5.3.2. Penulangan Kolom K2 (Eksterior).....	146
4.5.4. Desain Hubungan Balok – Kolom.....	160
4.5.4.1. Hubungan Balok Beton Bertulang dengan Kolom Beton Bertulang... 160	
4.5.4.2. Hubungan Balok Prategang dengan Kolom Beton Bertulang.....	164
4.6. Analisis Pushover.....	167

4.6.1. Pemodelan Sendi Plastis .....	167
4.6.2. Kurva Kapasitas .....	169
4.6.2.1. Kurva Kapasitas Arah X-X .....	169
4.6.2.2. Kurva Kapasitas Arah Y-Y .....	171
4.6.3. Metode Spektrum Kapasitas .....	173
4.6.4. Daktilitas Struktur .....	176
4.7. Interpretasi Data.....	176
BAB V .....	179
KESIMPULAN DAN SARAN .....	179
5.1. Kesimpulan .....	179
5.2. Saran .....	180
DAFTAR PUSTAKA .....	181

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi Gedung Kuliah Bersama dan Laboratorium Fakultas Ekonomi Bisnis UPN “Veteran” Jawa Timur .....	4
Gambar 2.1	<i>Partial Soft Story</i> (Beberapa Kolom Lebih Tinggi) .....	7
Gambar 2.2	<i>Soft Story</i> dengan Tinggi Tingkat Bawah 2 Kali Tingkat Lainnya.....	8
Gambar 2.3	Penampang dan Diagram Tegangan Prategang Penuh dan Parsial .....	9
Gambar 2.4	Ilustrasi <i>Pre-tensioned Prestressed Concrete</i> .....	10
Gambar 2.5	Ilustrasi <i>Post-tensioned Prestressed Concrete</i> .....	11
Gambar 2.6	Tipikal Kurva Kapasitas pada Berbagai Tingkat Kinerja .....	15
Gambar 2.7	Respon Struktur Akibat Gempa .....	16
Gambar 2.8	Ilustrasi <i>Pushover</i> dan <i>Capacity Curve</i> .....	17
Gambar 2.9	Perubahan Kurva Kapasitas menjadi Spektrum Kapasitas .....	17
Gambar 2.10	Perubahan Respon Spektrum menjadi ADRS .....	18
Gambar 2.11	Reduksi Respon Spektrum menjadi <i>Demand</i> Spektrum .....	18
Gambar 2.12	<i>Performance Point</i> .....	19
Gambar 3.1	Denah Gedung Kuliah Bersama dan Laboratorium UPN “Veteran” Jawa Timur Lantai 5 .....	21
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian .....	22
Gambar 3.3	Denah Existing Struktur Rangka Gedung Lt.5 .....	26
Gambar 3.4	Denah Modifikasi Struktur Rangka Gedung Lt.5 .....	27
Gambar 3.5	Denah Balok Existing Struktur Rangka Gedung Lt.5 .....	27
Gambar 3.6	Denah Balok Modifikasi Struktur Rangka Gedung Lt.5 .....	28
Gambar 3.7	Potongan Existing Struktur Rangka Gedung Lt.5 .....	28

Gambar 3.8	Potongan Modifikasi Struktur Rangka Gedung Lt.5 .....	29
Gambar 4.1	Potongan Modifikasi Struktur Rangka Gedung .....	38
Gambar 4.2	Variasi Balok Induk .....	43
Gambar 4.3	Variasi Balok Anak .....	44
Gambar 4.4	Variasi Balok Prategang .....	45
Gambar 4.5	Peta Spektra Periode 0,2 detik ( $S_s$ ) .....	52
Gambar 4.6	Peta Spektra Periode 1,0 detik ( $S_1$ ) .....	52
Gambar 4.7	Respon Spektrum Desain .....	55
Gambar 4.8	Pemodelan Struktur Gedung .....	57
Gambar 4.9	Penentuan Simpangan Antar Tingkat .....	62
Gambar 4.10	Sketsa Penulangan Tumpuan (a) dan Lapangan (b) .....	72
Gambar 4.11	Diagram Tegangan pada Saat Transfer .....	91
Gambar 4.12	Diagram Tegangan pada Saat Beban Layan .....	92
Gambar 4.13	Diagram Tegangan pada Tumpuan .....	102
Gambar 4.14	Diagram Tegangan pada Tengah Bentang .....	102
Gambar 4.15	Sketsa Tulangan Kolom K1A .....	136
Gambar 4.16	Diagram Interaksi Kolom K1A .....	136
Gambar 4.17	Lokasi Tinjauan Kolom K1A .....	137
Gambar 4.18	Sketsa Tulangan Kolom K2 .....	148
Gambar 4.19	Diagram Interaksi Kolom K2 .....	149
Gambar 4.20	Lokasi Tinjauan Kolom K2 (Eksterior) .....	150
Gambar 4.21	Pemodelan Sendi Plastis pada Balok .....	167
Gambar 4.22	Pemodelan Sendi Plastis pada Kolom .....	167
Gambar 4.23	Pemodelan Sendi Plastis Potongan Memanjang .....	168



Gambar 4.24	Pemodelan Sendi Plastis Potongan Melintang .....	168
Gambar 4.25	Push X Step 3 dan 4 .....	170
Gambar 4.26	Push X Step 20 dan 23 .....	170
Gambar 4.27	Kurva Kapasitas Arah X-X .....	171
Gambar 4.28	Push Y Step 3 dan 4 .....	172
Gambar 4.29	Push Y Step 18 dan 21 .....	172
Gambar 4.30	Kurva Kapasitas Arah Y-Y .....	173
Gambar 4.31	Spektra <i>Capacity</i> dan Spektra <i>Demand</i> Arah X .....	174
Gambar 4.32	Spektra <i>Capacity</i> dan Spektra <i>Demand</i> Arah Y .....	175

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Batasan Simpangan pada Tingkat Kinerja Struktur .....	31
Tabel 3.2	Kondisi dan Kategori Bangunan terhadap Tingkat Kinerja Struktur.....	32
Tabel 4.1	Dimensi Balok Struktur Gedung .....	39
Tabel 4.2	Dimensi Kolom Struktur Gedung .....	39
Tabel 4.3	Kekakuan dengan Masing - Masing Dimensi dan Panjang yang Berbeda .....	41
Tabel 4.4	Kekakuan Tingkat .....	41
Tabel 4.5	Dimensi Balok Induk .....	43
Tabel 4.6	Dimensi Balok Anak .....	45
Tabel 4.7	Beban Mati .....	47
Tabel 4.8	Klasifikasi Situs .....	50
Tabel 4.9	Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non-gedung untuk Beban Gempa .....	51
Tabel 4.10	Faktor Keutamaan Gempa .....	51
Tabel 4.11	Koefisien Situs, $F_a$ .....	52
Tabel 4.12	Koefisien Situs, $F_v$ .....	53
Tabel 4.13	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek .....	54
Tabel 4.14	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 detik .....	54
Tabel 4.15	Respon Percepatan Desain .....	55
Tabel 4.16	<i>Output</i> Partisipasi Massa .....	58
Tabel 4.17	Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	58

Tabel 4.18	Faktor $R$ , $\Omega_0$ , dan $C_d$ untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik .....	59
Tabel 4.19	<i>Output</i> Gaya Geser Dasar Dinamik .....	60
Tabel 4.20	<i>Output</i> Gaya Geser Dasar Statik .....	60
Tabel 4.21	Kontrol Gaya Geser Dasar .....	61
Tabel 4.22	Gaya Geser Dasar Setelah Dikali Faktor Skala .....	61
Tabel 4.23	Rekapitulasi Perhitungan Simpangan Antar Tingkat .....	63
Tabel 4.24	Rekapitulasi Tulangan Lentur pada Tiap Tipe Balok .....	82
Tabel 4.25	Rekapitulasi Tulangan Geser dan Torsi pada Tiap Tipe Balok .....	83
Tabel 4.26	Gaya Dalam Kolom K1A pada HBK .....	138
Tabel 4.27	Rekapitulasi Perhitungan $\Sigma M_{nc}$ .....	138
Tabel 4.28	Rekapitulasi $M_{nb}$ pada <i>Joint</i> Kolom K1A HBK .....	140
Tabel 4.29	Perhitungan “SCWB” <i>Joint</i> HBK kolom K1A .....	140
Tabel 4.30	Gaya Dalam Kolom K2 pada HBK .....	150
Tabel 4.31	Rekapitulasi Perhitungan $\Sigma M_{nc}$ .....	151
Tabel 4.32	Rekapitulasi $M_{nb}$ pada <i>Joint</i> Kolom K2 HBK .....	153
Tabel 4.33	Perhitungan “SCWB” <i>Joint</i> HBK kolom K2 .....	153
Tabel 4.34	Rekapitulasi Penulangan Longitudinal Kolom .....	159
Tabel 4.35	Rekapitulasi Penulangan Transversal Kolom .....	159
Tabel 4.36	<i>Output</i> Beban Dorong Arah X-X .....	169
Tabel 4.37	<i>Output</i> Beban Dorong Arah Y-Y .....	171
Tabel 4.38	<i>Output</i> Spektrum Kapasitas Arah X-X .....	174
Tabel 4.39	<i>Output</i> Spektrum Kapasitas Arah Y-Y .....	175
Tabel 4.40	Target Perpindahan dengan ATC-40 .....	176