

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS
UPN VETERAN JAWA TIMUR MENGGUNAKAN SISTEM BALOK
PRATEGANG DENGAN VARIASI KEKAKUAN STRUKTUR**

TUGAS AKHIR

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



Disusun oleh :

KHOFIFA AMALIYAH

NPM. 17035010054

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

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS
UPN VETERAN JAWA TIMUR MENGGUNAKAN SISTEM BALOK
PRATEGANG DENGAN VARIASI KEKAKUAN STRUKTUR**

Disusun oleh :

Khofifa Amaliyah
NPM. 17035010054

Telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Proposal Tugas Akhir Program
Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Pada tanggal 29 Oktober 2021

Pembimbing

1. Pembimbing 1



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

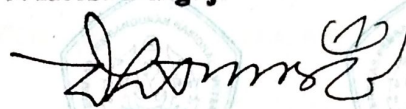
2. Pembimbing 2



Sumaidi, S.T., M.T.
NPT. 3 7909 05 0204 1

Tim Penguji

1. Ketua Penguji



DR. Ir. Made Dharma Astawa, M.T.
NIDK. 8880523419

2. Dosen Penguji I



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

3. Dosen Penguji II



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. Jarivah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS
UPN VETERAN JAWA TIMUR MENGGUNAKAN SISTEM BALOK
PRATEGANG DENGAN VARIASI KEKAKUAN STRUKTUR**

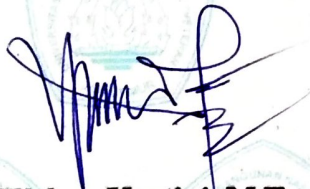
Disusun oleh :

**Khofifa Amaliyah
NPM. 17035010054**

**Telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Proposal Tugas Akhir Program
Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**

Pada tanggal 29 Oktober 2021

Pembimbing Utama



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

Pembimbing Pendamping



**Sumaidi, S.T., M.T.
NPT. 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**

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS
UPN VETERAN JAWA TIMUR MENGGUNAKAN SISTEM BALOK
PRATEGANG DENGAN VARIASI KEKAKUAN STRUKTUR**

Oleh :

KHOFIFA AMALIYAH

NPM. 17035010054

ABSTRAK

Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis UPN Veteran yang terletak di Surabaya, Jawa Timur, terdiri dari 9 lantai dengan ketinggian ± 38 m, yang menggunakan struktur beton bertulang. Pada tugas akhir ini dilakukan modifikasi penambahan lantai menjadi 10 lantai. Pada lantai 9 dan lantai 10 digunakan sebagai ruang *ballroom* dan ruang *sport center*. *Ballroom* didesain memiliki panjang 18 m dan lebar 24 m, sedangkan *sport center* didesain memiliki panjang dan lebar yang sama yaitu 24 m. Pada modifikasi ini diharapkan ruang *ballroom* dan *sport center* dapat dimanfaatkan seefektif mungkin dengan menghilangkan kolom ditengah bentang. Oleh karena itu, diperlukan suatu struktur balok yang bisa menjangkau bentang panjang pada ruangan tersebut. Alternatif yang dapat digunakan adalah balok prategang yang dapat menahan lendutan besar. Gedung ini direncanakan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus serta perhitungan gaya gempa pada perencanaan gedung menggunakan analisa respons spektrum desain daerah Surabaya. Dalam pelaksanaannya, metode balok prategang yang digunakan adalah metode *post tension* (pasca tarik). Perencanaan struktur gedung meliputi struktur utama prategang maupun non-prategang, serta metode pelaksanaan balok prategang yang dibuat monolit dengan kolom. Selain itu, karena balok prategang memiliki daktilitas yang rendah direncanakan menggunakan balok prategang parsial untuk meningkatkan daktilitas dari balok. Modifikasi dilakukan berdasarkan peraturan beton bertulang (SNI 2847:2019) dan perhitungan gempa berdasarkan peraturan SNI 1726:2019. Hasil dari tugas akhir ini adalah struktur gedung termasuk kategori desain seismik D, sehingga menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus yang dimana direncanakan saat terjadi gempa mengalami simpangan sebesar 46,15 mm. Sedangkan untuk perencanaan balok beton prategang pada bentang 18 m didapatkan 60/90 cm yang terdiri dari 1 tendon dengan 12 strand dan pada bentang 24 m didapatkan 70/120 cm yang terdiri dari 1 tendon dengan 19 strand.

Kata Kunci : Beton prategang, Balok prategang parsial, *Post tension*, monolit

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 Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis di UPN Veteran Jawa Timur menggunakan Sistem Balok Prategang dengan Variasi Kekakuan Struktur”**. 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 DR. Ir. Made D. Astawa, M.T., selaku dosen struktur Program Studi Teknik Sipil UPN “Veteran” Jawa Timur.
4. Bapak Sumaidi, S.T., M.T., selaku dosen struktur Program Studi Teknik Sipil UPN “Veteran” Jawa Timur.
5. Ibu Ir. Wahyu Kartini, M.T., selaku dosen struktur Program Studi Teknik Sipil UPN “Veteran” Jawa Timur.
6. Ibu Cintantya Budi Casita, ST., 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 Teknik Sipil Angkatan 2017 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, 8 November 2021

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	4
1.6. Lokasi Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Tinjauan Umum.....	6
2.2. Penelitian Terdahulu.....	6
2.3. Beton Prategang.....	7
2.3.1. Jenis Beton Prategang.....	7
2.3.2. Material Beton prategang.....	10
2.3.3. Tahapan Pembebanan.....	11
2.3.4. Prinsip Dasar Beton prategang.....	12
2.3.5. Kehilangan Gaya Prategang.....	14
2.3.6. Gaya Prategang Awal.....	16
2.3.7. Initial Stress.....	16
2.3.8. Momen Nominal.....	16
2.3.9. Momen Retak.....	17
2.3.10. Kontrol Lendutan.....	17
2.4. Beton Prategang pada Bangunan Tinggi.....	17
2.5. Efisiensi Beton Prategang.....	18
2.6. Analisis Pushover.....	18
2.7. Kriteria Struktur Tahan Gempa.....	19

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	20
3.1. Data Struktur Gedung.....	20
3.2. Metode Penelitian.....	20
3.3. Diagram Alir.....	21
3.4. Studi Literatur.....	22
3.5. Pengumpulan Data.....	22
3.6. Sistem Struktur.....	23
3.7. Preliminary Design.....	24
3.7.1. Perencanaan Struktur Sekunder.....	24
3.7.2. Struktur Utama Non prategang.....	25
3.7.3. Struktur Utama prategang.....	25
3.8. Pemodelan Struktur.....	26
3.9. Pembebanan.....	28
3.9.1. Beban Mati.....	28
3.9.2. Beban Hidup.....	28
3.9.3. Beban Gempa.....	28
3.9.4. Kombinasi.....	31
3.10. Analisa Model Struktur.....	32
3.11. Analisa Struktur Utama Non Prategang.....	32
3.12. Analisa Struktur Utama Prategang.....	33
3.12.1. Gaya Prategang Awal.....	33
3.12.2. Tegangan Ijin pada Baja dan Beton.....	33
3.12.3. Pemilihan Tendon Baja.....	34
3.12.4. Dimensi Tulangan Lunak.....	35
3.12.5. Kehilangan Gaya Prategang.....	35
3.12.6. Momen Nominal.....	39
3.12.7. Kontrol Kuat Batas.....	40
3.12.8. Momen Retak.....	40
3.12.9. Kontrol Lendutan.....	41
3.12.10. <i>Partial Prestressing Ratio</i>	42
3.13. Hubungan Balok Kolom.....	42
BAB IV PERHITUNGAN PEMBEBANAN.....	44

4.1. Preliminary Design.....	44
4.1.1. Data Perencanaan.....	44
4.1.2. Perencanaan Balok.....	45
4.1.3. Perencanaan Tebal Pelat.....	48
4.1.3.1. Data Perencanaan Tebal Pelat.....	48
4.1.3.2. Perencanaan Tebal Pelat.....	48
4.1.4. Perencanaan Kolom.....	51
4.1.4.1. Data Perencanaan.....	51
4.1.4.2. Pembebanan.....	52
4.2. Pembebanan dan Analisa Struktur.....	53
4.2.1. Beban Gravitasi.....	53
4.2.2. Analisa Beban Gempa.....	54
4.2.3. Kombinasi Pembebanan.....	58
4.3. Pemodelan Struktur.....	59
4.3.1. Kontrol Analisa Struktur.....	63
4.4. Pendetailan Perhitungan Elemen Struktur.....	68
4.4.1. Pelat.....	68
4.4.2. Balok.....	73
4.4.3. Kolom Beton.....	90
4.4.4. Desain Hubungan Balok Kolom.....	101
4.4.4.1. Data Perhitungan.....	101
4.4.4.2. Kontrol HBK.....	101
4.5. Perencanaan Struktur Utama Prategang.....	105
4.5.1. Data Perencanaan (Balok Prategang Bentang 18 m).....	105
4.5.1.1. Dimensi Penampang.....	105
4.5.1.2. Tegangan Ijin Beton.....	107
4.5.2. Momen Akibat Berat Sendiri dan Komposit.....	108
4.5.3. Penentuan Gaya Prategang Awal.....	109
4.5.4. Kontrol Tegangan.....	111
4.5.5. Penentuan Dimensi Tulangan Lunak.....	114
4.5.6. Penentuan Tendon yang Digunakan.....	116
4.5.7. Perhitungan Kehilangan Gaya Prategang.....	118

4.5.8. Kontrol Gaya Prategang Setelah Kehilangan.....	123
4.5.9. Kontrol Lendutan.....	125
4.5.10. Kontrol Momen Retak.....	128
4.5.11. Perencanaan Kebutuhan Tulangan Lunak.....	130
4.5.12. Kontrol Momen Nominal.....	145
4.5.13. Partial Prestressing Ratio (PPR).....	151
4.5.14. Pengangkuran Ujung.....	152
4.6. Perencanaan Penampang Kolom Prategang.....	154
4.6.1. Data Perencanaan.....	154
4.6.2. Desain Hubungan Balok Kolom Prategang.....	164
4.6.2.1. Data Perhitungan.....	164
4.6.2.2. Kontrol HBK.....	164
4.7. Hasil Analisis Pushover.....	166
4.7.1. Kurva Kapasitas.....	166
4.7.2. Metode Spektrum Kapasitas.....	171
4.7.3. Daktilitas Sktruktur.....	172
4.8. Interpretasi Data.....	173
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	175
5.1. Kesimpulan.....	175
5.2. Saran.....	176
DAFTAR PUSTAKA.....	177

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Penelitian.....	5
Gambar 2.1 Ilustrasi beton prategang pra tarik.....	9
Gambar 2.2 Ilustrasi beton prategang pra tarik.....	9
Gambar 2.3 Konsep Beton Prategang Sebagai Bahan yang Elastis.....	12
Gambar 2.4 Momen penahan internal beton Prategang dan beton bertulang.....	13
Gambar 3.1 Denah Gedung Kuliah Bersama UPN Veteran Jawa Timur Lantai 8.....	20
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	21
Gambar 3.3 Denah Modifikasi ruang <i>ballroom</i> Lantai 8.....	26
Gambar 3.4 Denah Modifikasi ruang <i>sport center</i> Lantai 9.....	27
Gambar 3.5 Potongan Modifikasi Struktur Utama Gedung	27
Gambar 3.6 Hubungan Balok Kolom.....	43
Gambar 4.1 Denah Modifikasi ruang <i>sport center</i> Lantai 9.....	44
Gambar 4.2 Variasi Balok Induk.....	46
Gambar 4.3 Variasi Balok Anak.....	47
Gambar 4.4 Dimensi dan Letak Pelat Lantai.....	48
Gambar 4.5 Kolom yang di tinjau sebagai desain awal.....	51
Gambar 4.6 Spektral Percepatan.....	58
Gambar 4.7 Pemodelan Struktur Gedung	59
Gambar 4.8 Bidang N 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau R).....	60
Gambar 4.9 Bidang N 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau R).....	60
Gambar 4.10 Bidang D 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau R).....	61
Gambar 4.11 Bidang D 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau R).....	61
Gambar 4.12 Bidang M 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau R).....	62
Gambar 4.13 Bidang M 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau R).....	62
Gambar 4.14 Sketsa Penulangan Pelat.....	72
Gambar 4.15 Sketsa Penulangan Tumpuan dan Lapangan.....	80
Gambar 4.16 Sketsa Penulangan Geser Balok B1.....	83
Gambar 4.17 Tulangan Kolom K1.....	92
Gambar 4.18 Diagram Interaksi Kolom K1.....	92
Gambar 4.19 Lokasi Tinjauan Kolom K1.....	93

Gambar 4.20 Sketsa Tulangan Geser Kolom.....	104
Gambar 4.21 Penampang Balok Prategang.....	106
Gambar 4.22 Daerah Limit Kabel.....	110
Gambar 4.23 Diagram Tegangan Pada Saat Transfer.....	113
Gambar 4.24 Diagram Tegangan Pada Saat Beban Layan.....	114
Gambar 4.25 Diagram Tegangan Setelah Kehilangan Gaya Prategang.....	126
Gambar 4.26 Tinggi Efektif Balok.....	131
Gambar 4.27 Penampang Balok Prategang Bentang 18 m.....	151
Gambar 4.28 Penampang Balok Prategang Bentang 24 m.....	152
Gambar 4.29 Tulangan Kolom K Prategang.....	153
Gambar 4.30 Diagram Interaksi Kolom K Prategang.....	154
Gambar 4.31 Push X Step 3 & 4.....	165
Gambar 4.32 Push X Step 8 & 10.....	165
Gambar 4.33 Kurva Kapasitas Arah X-X.....	166
Gambar 4.34 Push Y Step 3 & 4.....	167
Gambar 4.35 Push Y Step 8 & 10.....	168
Gambar 4.36 Kurva Kapasitas Arah Y-Y.....	168

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Nilai koefisien friksi tendon pasca tarik.....	36
Tabel 3.2 Koefisien Susut Beton Pasca Tarik.....	38
Tabel 3.3 Nilai-nilai C.....	38
Tabel 3.4 Nilai K_{rc} dan J	39
Tabel 4.1. Dimensi Balok Induk.....	46
Tabel 4.2 Dimensi Balok Anak.....	47
Tabel 4.3 Beban Mati.....	52
Tabel 4.4 Koefisien Situs, F_a	55
Tabel 4.5 Koefisien Situs, F_v	56
Tabel 4.6 Kategori Desain Seismik.....	57
Tabel 4.7 Parameter Beban Gempa.....	58
Tabel 4.8 Perhitungan Periode dengan Spektrum Respons Percepatan Desain.....	65
Tabel 4.9 Gaya Geser Dasar Statik Ekuivalen.....	65
Tabel 4.10 Gaya Geser Dasar Hasil Analisis Ragam (Respon Spektrum).....	65
Tabel 4.11 Kontrol Gaya Geser Dasar.....	66
Tabel 4.12 Partisipasi Massa.....	67
Tabel 4.13 Rekapitulasi Perhitungan Simpangan Antar Tingkat.....	88
Tabel 4.14 Rekapitulasi Tulangan Lentur pada Tiap Tipe Balok.....	89
Tabel 4.15 Rekapitulasi Tulangan Geser dan Torsi pada Tiap Tipe Balok.....	94
Tabel 4.16 Gaya dalam Kolom K1 pada HBK.....	94
Tabel 4.17 Rekapitulasi Perhitungan $\sum M_{nc}$	96
Tabel 4.18 Rekapitulasi M_{nb} pada Joint Kolom K1 HBK.....	96
Tabel 4.19 Perhitungan SCWB Joint HBK Kolom K1.....	103
Tabel 4.20 Rekapitulasi Penulangan Longitudinal Kolom.....	103
Tabel 4.21 Rekapitulasi Penulangan Transversal Kolom.....	110
Tabel 4.22 Rekapitulasi Gaya Prategang Awal.....	114
Tabel 4.23 Rekapitulasi Kontrol Tegangan Ijin Beton Prategang.....	118
Tabel 4.24 Rekapitulasi Penentuan Tendon Beton Prategang.....	124
Tabel 4.25 Rekapitulasi Kehilangan Gaya Prategang.....	129
Tabel 4.26 Rekapitulasi Kontrol Lendutan.....	131

Tabel 4.27 Rekapitulasi Kontrol Momen Retak.....	144
Tabel 4.27 Rekapitulasi Tulangan Lentur pada Tiap Tipe Balok.....	144
Tabel 4.28 Rekapitulasi Tulangan Geser dan Torsi pada Tiap Tipe Balok.....	149
Tabel 4.29 Kontrol Momen Nominal dan <i>Partial Prestressing Ratio</i>	156
Tabel 4.30 Rekapitulasi M_{nb} pada Joint Kolom K1 HBK.....	156
Tabel 4.31 Perhitungan SCWB Joint HBK Kolom K1A.....	164
Tabel 4.32 Output Beban Dorong Arah X-X.....	166
Tabel 4.33 Output Beban Dorong Arah Y-Y	166
Tabel 4.34 Output Spektrum Kapasitas Arah X-X	169
Tabel 4.35 Output Spektrum Kapasitas Arah Y-Y.....	169
Tabel 4.36 Target perpindahan dengan ATC-40	170