

**TUGAS AKHIR**  
**PREDIKSI PERILAKU LENTUR BALOK BETON BERTULANG**  
**DENGAN KUAT TEKAN 20 MPa, 30 MPa, dan 40 MPa**

Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik  
di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



**Disusun oleh:**  
**Ghea Yunandiesta Putra**  
**20170110155**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**  
**2021**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ghea Yunandiesta Putra  
NIM : 20170110155  
Judul : Prediksi Perilaku Lentur Balok Beton Bertulang  
dengan Kuat Tekan 20 MPa, 30 MPa, dan 40 MPa

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya saya sendiri. Jika terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber secara jelas, jika dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak mana pun.

Yogyakarta, 28 Mei 2021

Yang membuat pernyataan



Ghea Yunandiesta Putra

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ghea Yunandiesta Putra  
NIM : 20170110155  
Judul : Prediksi Perilaku Lentur Balok Beton Bertulang  
dengan Kuat Tekan 20 MPa, 30 MPa, dan 40 MPa

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul "Prediksi perilaku lentur balok beton bertulang dengan kuat tekan 20 MPa, 30 MPa, dan 40 MPa" dan didanai melalui skema hibah penelitian internal pada tahun 2021 oleh Lembaga Penelitian, Publikasi, dan Pengabdian Masyarakat Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Tahun Anggaran 2021 dengan nomor hibah 550/PEN-LP3M/II/2021 tentang penerima hibah penelitian program peningkatan tri dharma perguruan tinggi universitas muhammadiyah yogyakarta.

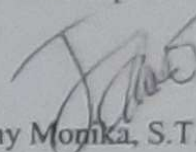
Yogyakarta, 28 Mei 2021

Penulis



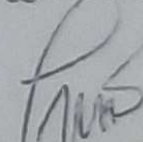
Ghea Yunandiesta Putra

Dosen peneliti



Fanny Monika, S.T., M.Eng

Anggota Peneliti 1



Hakas Prayuda, S.T., M.Eng

Anggota Peneliti 2



Martyana Dwi Cahyati, S.T., M.Eng

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Terima kasih kepada Fanny Monika, ST., M.Eng dan Hakas Prayuda, S.T., M.Eng yang telah memberi penyusun bimbingan Tugas Akhir.

Terima kasih kepada kedua orang tua, dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan menjadi alasan bahwa ada masa depan yang harus diperjuangkan, ada impian yang harus digapai, dan ada cita-cita yang harus di kejar.

Terima kasih kepada kelompok Tugas Akhir: Danta, Wingky, dan Kholil yang telah saling membantu dalam mengerjakan tugas akhir hingga selesai.

Terima kasih kepada: Muharor Adiyasa, Rizal Fadli, dan Indah Novianti yang telah membantu dalam mengerjakan tugas akhir hingga selesai.

Terima kasih kepada teman-teman kelas D Sipil 2017 yang telah berjuang bersama dibangku perkuliahan.

Dan terima kasih kepada semua orang yang telah mendukung secara langsung ataupun tidak langsung hingga terselesaikannya tugas akhir ini.

## PRAKATA



*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Segala puji bagi Allah SWT yang telah menguasai segala sesuatu. Sholawat dan salam selalu tercurah kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarja Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Judul dari penelitian ini adalah “Prediksi perilaku lentur balok beton bertulang dengan kuat tekan 20 MPa, 30 MPa, dan 40 MPa”.

Selama penyusunan tugas akhir ini, banyak rintangan yang penyusun dapatkan, tetapi berkat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penyusun ingin menyampaikan rasa terimakasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusun tugas akhir ini kepada :

1. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D selaku ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
2. Fanny Monika, ST., M.Eng selaku dosen pembimbing Tugas Akhir,
3. Dr. Eng. Pinta Astuti, S.T., M.Eng selaku dosen penguji Tugas Akhir,
4. Kepada Ayah dan Ibu yang selalu memberikan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini, dan
5. Semua pihak yang telah membantu sehingga laporan ini dapat terselesaikan.

Akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta diiringi dengan doa untuk menyelesaikan tugas akhir ini hanya kepada Allah SWT semua dikembalikan.

*Wallahu a'lam bi Showab.*

*Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Yogyakarta, 28 Mei 2021

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'G' followed by a series of loops and a horizontal line extending to the right.

Ghea Yunandiesta Putra

## DAFTAR ISI

COVER .....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN .....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
PRAKATA .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....	xv
DAFTAR SINGKATAN .....	xvi
DAFTAR ISTILAH.....	xvii
ABSTRAK .....	xviii
<i>ABSTRACT</i> .....	xix
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Lingkup Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka .....	6
2.1.1 Kuat Lentur Balok .....	7
2.1.2 Analisis <i>Response-2000</i> .....	11
2.2 Dasar Teori.....	14
2.2.2 Beton.....	15
2.2.3 Jenis-Jenis Balok Beton Bertulang.....	16
2.2.4 Pembebanan Pada Balok.....	20
2.2.5 Analisis Balok Beton Bertulang.....	21
2.2.6 Momen Lentur.....	25



2.2.7	Kelengkungan ( <i>curvature</i> ) .....	26
2.2.8	Tegangan Geser ( <i>shear strain</i> ) .....	27
2.2.9	Tegangan Lentur.....	28
2.2.10	Lendutan (defleksi) dan Deformasi .....	29
2.2.11	Pola Retak .....	30
2.2.12	Aplikasi <i>Response-2000</i> .....	33
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....		34
3.1	Materi Penelitian .....	34
3.2	Dimensi Balok.....	34
3.3	Material Properties Balok .....	35
3.4	Tahapan Penelitian.....	35
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....		37
4.1	Kuat Lentur .....	37
4.2	<i>Defleksi</i> .....	39
4.3	Momen Kurvatur .....	41
4.4	Gaya Geser ( <i>Shear Force</i> ) .....	44
4.5	Crack Width .....	46
4.6	Tegangan Tarik Utama (Principal Tensile Stress).....	49
4.7	Tegangan Tekan Utama (Principal Compressive Stress).....	51
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....		65
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran .....	66
DAFTAR PUSTAKA .....		67
LAMPIRAN .....		69

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan beban maksimum baja <i>castellated</i> non-komposit (BC) dengan hasil eksperimen dengan analisis teoritis (Heldita, 2018).....	12
Tabel 2.2 Perbandingan beban maksimum baja <i>castellated</i> komposit (BK) dengan hasil eksperimen dengan analisis teoritis (Heldita, 2018).....	13
Tabel 3.1 Variasi dimensi ukuran benda uji balok .....	34
Tabel 3.2 Material benda uji 2D19 .....	35



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Benda uji perletakan dan pembebanan (SNI 4431-2011).....	7
Gambar 2.2 Garis-garis perletakan dan pembebanan (SNI 4431-2011).....	8
Gambar 2.3 Patah pada 1/3 bentang tengah dan garis patah pada kurang dari 5% dari bentang tengah (SNI 4431-2011).....	8
Gambar 2.4 Patah di luar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada <5% dari bentang tengah.....	9
Gambar 2.5 Lentur pada balok kantilever (Mulyati, 2014) .....	10
Gambar 2.6 Balok murni sederhana (Mulyati, 2014).....	10
Gambar 2.7 Balok kantilever lentur murni (Mulyati, 2014).....	10
Gambar 2.8 Balok sederhana lentur tak seragam (Mulyati, 2014).....	11
Gambar 2.9 Deformasi balok yang mengalami lentur murni (Mulyati, 2014) .....	11
Gambar 2.10 Perbandingan hasil pengujian dan hasil perhitungan teoritis (Heldita, 2018) .....	13
Gambar 2.11 Perbandingan analisis momen kurvatur penampang dinding beton bertulang metode pias dengan Aplikasi <i>Response</i> - 2000 (Lam dkk, 2011) .....	13
Gambar 2.12 Hubungan lendutan maksimal dengan variasi ketebalan web ( <i>tw</i> ) (Cahyati, 2016) .....	15
Gambar 2.13 Hubungan nilai kekakuan balok terhadap variasi ketebalan web ( <i>tw</i> ) (Cahyati, 2016) .....	15
Gambar 2.14 Balok I girder (Noorhidana dkk, 2009).....	17
Gambar 2.15 Box girder (Prasetya dkk, 2016).....	18
Gambar 2.16 Balok T (Noorhidana dkk, 2009).....	18
Gambar 2.17 Balok persegi dengan tulangan rangkap (Noorhidana dkk, 2009) .....	18
Gambar 2.18 Penampang balok T dan balok L (Priyosulisyo, 2010).....	19
Gambar 2.19 Prinsip statika keseimbangan (Popov, 1996) .....	22
Gambar 2.20 Normal force diagram ( <i>Ma'arif,2012</i> ).....	23
Gambar 2.21 Shear force diagram ( <i>Ma'arif,2012</i> ).....	23
Gambar 2.22 Bending moment diagram ( <i>Ma'arif,2012</i> ) .....	24
Gambar 2.23 Diagram regangan dan tegangan balok tulangan rangkap (Adam, 2016).....	25
Gambar 2.24 Momen menentukan arah pelenturan yang terjadi (Ishak dkk, 2014) .....	25
Gambar 2.25 Kelengkungan balok (Puluhulawa, 2011).....	27

Gambar 2.26 Tegangan geser pada balok penampang persegi panjang (Mulyati, 2014) ...	28
Gambar 2.27 Diagram tegangan lentur (Wibowo dkk 2011).....	29
Gambar 2.28 Balok sebelum mengalami deformasi.....	29
Gambar 2.29 Balok sesudah mengalami deformasi .....	29
Gambar 2.30 Retak lentur murni (Kholilul dkk 2009) .....	31
Gambar 2.31 Retak geser (Kholilul dkk 2009) .....	32
Gambar 2.32 Retak geser lentur (Kholilul dkk 2009) .....	32
Gambar 2.33 Retak puntir (Kholilul dkk 2009) .....	32
Gambar 2.34 Retak lekatan (Kholilul dkk 2009) .....	33
Gambar 3.1 Balok uji 4D16 .....	34
Gambar 3.2 Balok uji 4D22 .....	35
Gambar 3.3 Balok uji 4D29 .....	35
Gambar 4.1 Hubungan antara rasio tulangan pada balok dengan kuat lentur.....	37
Gambar 4.2 Hubungan antara panjang pada balok dengan kuat lentur .....	38
Gambar 4.3 Hubungan antara lebar pada balok dengan kuat lentur.....	38
Gambar 4.4 Hubungan antara tinggi pada balok dengan kuat lentur .....	39
Gambar 4.5 Hubungan antara rasio tulangan pada balok dengan <i>displacement</i> .....	39
Gambar 4.6 Hubungan antara panjang pada balok dengan displacement.....	40
Gambar 4.7 Hubungan antara lebar pada balok dengan displacement.....	40
Gambar 4.8 Hubungan antara tinggi pada balok dengan displacement.....	41
Gambar 4.9 Hubungan antara rasio tulangan pada balok dengan curvature.....	42
Gambar 4.10 Hubungan antara panjang pada balok dengan curvature .....	42
Gambar 4.11 Hubungan antara lebar pada balok dengan curvature.....	43
Gambar 4.12 Hubungan antara tinggi pada balok dengan curvature.....	43
Gambar 4.13 Hubungan antara rasio tulangan pada balok dengan shear force .....	44
Gambar 4.14 Hubungan antara panjang pada balok dengan shear force .....	45
Gambar 4.15 Hubungan antara lebar pada balok dengan shear force .....	45
Gambar 4.16 Hubungan antara tinggi pada balok dengan shear force .....	46
Gambar 4.17 Hubungan antara rasio tulangan pada balok dengan crack width .....	47
Gambar 4.18 Hubungan antara panjang pada balok dengan crack width.....	47
Gambar 4.19 Hubungan antara lebar pada balok dengan crack width .....	48
Gambar 4.20 Hubungan antara tinggi pada balok dengan crack width .....	48

Gambar 4.21 Hubungan antara rasio tulangan pada balok dengan principal tensile.....	49
Gambar 4.22 Hubungan antara panjang pada balok dengan principal tensile .....	50
Gambar 4.23 Hubungan antara lebar pada balok dengan principal tensile.....	50
Gambar 4.24 Hubungan antara tinggi pada balok dengan principal tensile .....	51
Gambar 4.25 Hubungan antara rasio tulangan pada balok dengan principal compressive stress.....	52
Gambar 4.26 Hubungan antara panjang pada balok dengan principal compressive stress	52
Gambar 4.27 Hubungan antara lebar pada balok dengan principal compressive stress .....	53
Gambar 4.28 Hubungan antara tinggi pada balok dengan principal compressive stress....	54

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil pengujian menggunakan aplikasi <i>Response</i> - 2000 .....	69
Lampiran 2. Hasil pengujian menggunakan aplikasi <i>Response</i> - 2000 .....	70
Lampiran 3. Hasil pengujian menggunakan aplikasi <i>Response</i> - 2000 .....	71
Lampiran 4. Hasil pengujian menggunakan aplikasi <i>Response</i> - 2000 .....	72

## DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Keterangan
$F_y$	Tegangan leleh
$f_c'$	Momen lentur
$M$	Gaya berat
$I$	Momen inersia
$V$	Gaya geser
$Q$	Momen pertama terhadap jarak dari sumbu netral
$S$	Spasi tulangan geser
$F$	Gaya yang bekerja
$y$	Panjang lengan
$M_n$	Momen nominal
$M_u$	Momen <i>ultimate</i>

## DAFTAR SINGKATAN

SNI : Standar Nasional Indonesia  
BSN : Badan Standarisasi Nasional

## DAFTAR ISTILAH

### 1. *Response-2000*

Aplikasi yang digunakan untuk menganalisis sifat-sifat balok beton bertulang hasil yang didapat adalah lendutan (*deflection*), momen lengkung (*curvature*), beban maksimum (*maximum load*), gaya geser (*shear force*), tegangan tarik utama (*principal tensile stress*), tegangan tekan utama (*principal compressive stress*), dan lebar retak (*crack width*)

### 2. *Normal Force Diagram*

Gaya yang bekerja pada penampang

### 3. *Shear Forces Diagram*

Gaya yang bekerja pada penampang arah bentang

### 4. *Bending Moment Diagram*

Gaya yang menyebabkan struktur mengalami lentur

### 5. *Dead load*

Bagian pada struktur yang bersifat tetap

### 6. *Live load*

Bagian pada struktur yang berpindah-pindah atau beban yang bersifat sementara

### 7. *Deflection*

Lendutan yang terjadi pada balok

### 8. *Curvature*

Kelengkungan yang terjadi atau momen lengkung

### 9. *Maximum load*

Beban maksimum pada balok

### 10. *Shear force*

Gaya geser yang terjadi pada balok

### 11. *Crack width*

Lebar retak atau pola retak yang terjadi pada balok

### 12. *Principal tensile stress*

Tegangan tarik utama

### 13. *Principal compressive stress*

Tegangan tekan utama