

TUGAS AKHIR

**STUDI NUMERIK BALOK TINGGI BETON BERTULANG
DENGAN PENAMPANG TRAPESIUM ASIMETRIS**

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



Muhammad Rizki Fadilah

20160110195

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

2020

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

APPROVAL SHEET

Judul : Studi numerik balok tinggi beton bertulang dengan
Title : penampang trapesium asismteris.
(*Numerical Study On Reinforced Concrete Deep Beam
With Asymmetric Trapezium Shape*)

Mahasiswa : Muhammad Rizki Fadilah
Student
Nomor Mahasiswa : 20160110195
Student ID.
Dosen Pembimbing : 1. Fanny Monika , S.T., M.Eng.
Advisors

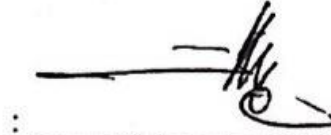
Telah disetujui oleh Tim Penguji :
Approved by the Committee on Oral Examination

Fanny Monika , S.T., M.Eng.
Ketua Tim Penguji
Chair



Yogyakarta, 23 Juli 2020

Dr. Guntur Nugroho, ST., M.Eng
Anggota Tim Penguji
Member



Yogyakarta, 23 juli 2020

Diterima dan disetujui sebagai persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik
*Accepted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Bachelor of
Engineering*

Ketua Program Studi
Head of Department



Puji Harsanto, ST, MT, Ph.D
NIK 19740607 201404 123 064

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Rizki Fadilah
NIM : 20160110195
Judul : Studi numerik balok tinggi beton bertulang dengan penampang trapesium asismteris.

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya saya sendiri. Apabila 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, 22 Juli 2020

Yang membuat pernyataan



Muhammad Rizki Fadilah

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Rizki Fadilah

NIM : 20160110195

Judul : Studi numerik balok tinggi beton bertulang dengan penampang trapesium asismteris.

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul Studi numerik balok tinggi beton bertulang dengan penampang trapesium asismteris dan didanai melalui skema hibah penelitian dasar pada tahun 2020 oleh Lembaga Penelitian, Publikasi, dan Pengabdian Masyarakat (LP3M) Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Tahun Anggaran 2020 dengan nomor hibah 031/PEN-LP3M/I/2020.

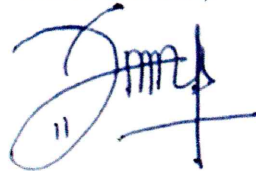
Yogyakarta, 23 Juli 2020

Penulis,



Muhammad Rizki Fadilah

Dosen Peneliti,



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

Dosen Anggota Peneliti 1,



Hakas Prayuda, S.T., M.Eng

Dosen Anggota Peneliti 2,



Ir. Fadillawaty Salleh, S.T., M.T

HALAMAN PERSEMBAHAN

*“Tugas akhir ini dipersembahkan untuk kedua orang tuaku dan seluruh saudaraku.
Semoga dapat bermanfaat bagi agama, bangsa, dan negaraku.”*

PRAKATA



Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

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

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk

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 terima kasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusunan 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 , S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Dr. Guntur Nugroho, ST., M.Eng. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir
4. Rekan-rekan Teknik Sipil angkatan 2016 yang telah menemani dan mengajarkan arti kebersamaan.
5. Semua pihak yang senantiasa membantu dalam masa perkuliahan dan dalam penyusunan Tugas Akhir yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

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, 2020

Penyusun

DAFTAR ISI

COVER.....	i
HALAMAN JUDUL.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PERNYATAAN	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
PRAKATA.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
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.....	2
1.3 Lingkup Penelitian.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.1.1. Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu	13
2.2 Dasar Teori	14
2.2.1 Metode Elemen Hingga.....	14
2.2.2 Balok tinggi (<i>Deep Beam</i>).....	15
2.2.3 Hubungan beban dan lendutan	16
2.2.4 Daktilitas	17
2.2.5 Kekakuan.....	18
2.2.6 Hubungan Tegangan dan Regangan.....	18

2.2.7	Pola retak.....	20
BAB III. METODE PENELITIAN.....		22
3.1	Tahapan Penelitian.....	22
3.2	Alat dan Bahan	23
3.2.1	DB-1 (<i>Deep beam-1</i>).....	24
3.2.2	ADB-2 (<i>Asymmetric deep beam-2</i>).....	25
3.2.3	ADB-3 (<i>Asymmetric deep beam-3</i>).....	26
3.3	Bahan atau Materi.....	28
3.1.1	Material Beton.....	28
3.1.2	Material Baja.....	29
3.4	Pemodelan Elemen Hingga.....	30
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		32
4.1	Hubungan Beban dan Lendutan.....	32
4.2	Daktilitas.....	34
4.3	Kekakuan	35
4.4	Distribusi tegangan	35
4.5	Pola Retak.....	37
BAB V.. KESIMPULAN DAN SARAN.....		40
5.1	Kesimpulan.....	40
5.2	Saran	40
DAFTAR PUSTAKA		42
LAMPIRAN.....		44

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Variasi benda uji (Prayuda dkk, 2018).....	5
Tabel 2.2 Perbedaan dengan penelitian terdahulu.....	13
Tabel 3.1 Parameter Plasticity beton (Prayuda, Cahyati, dkk., 2018)	28
Tabel 3.2 Konstitutif desak beton. (Prayuda, Cahyati, dkk., 2018).....	28
Tabel 3.3 Parameter tarik beton (Prayuda, Cahyati, dkk., 2018).....	29
Tabel 3.4 Parameter tarik beton (Prayuda, Cahyati, dkk., 2018).....	29
Tabel 3.5 Parameter plastis baja diameter 16mm (Prayuda, Cahyati, dkk., 2018).....	29
Tabel 3.6 Parameter plastis baja diameter 12mm (Samantha Dewi dkk., 2019) ..	30
Tabel 3. 7 Parameter plastis baja diameter 10mm (Samantha Dewi dkk., 2019) .	30
Tabel 4.1 Parameter <i>First Crack</i> dan <i>Ultimate</i>	33
Tabel 4.2 Perbandingan nilai daktilitas benda uji.	34
Tabel 4.3 Perbandingan nilai kekakuan benda uji.	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 (a) Variasi Tulangan dalam ANSYS (1) CONVEN, (2) SSSRS, (3) DSSSR, (b) Gaya geser maksimum benda uji (Azimi dkk., 2015).....	6
Gambar 2.2 Deep beam dengan 2 titik pembebanan (Nirajan & Patil, 2012)	8
Gambar 2.3 <i>Sturt and tie mode -RC Deep Beam</i> (Sugianto & Taufik, 2019).....	11
Gambar 2.4 Hubungan beban dan lendutan pada balok (Nawy, 2008)	16
Gambar 2.5 Kurva Tegangan dan Regangan (Kent & Park, 1971)	19
Gambar 2.6 Pola Retak (McCormac ,2001) dalam (Gunawan dkk., 2012).....	20
Gambar 3.1 Bagan alir tahapan penelitian	23
Gambar 3.2 Detail <i>deep beam</i> DB-1	24
Gambar 3.3 Tampak tiga dimensi DB-1	24
Gambar 3.4 Pola tumpuan dan pembeban DB-1	25
Gambar 3.5 Detail <i>deep beam</i> ADB-2	25
Gambar 3.6 Tampak tiga dimensi ADB-2	26
Gambar 3.7 Pola tumpuan dan pembeban ADB-2.....	26
Gambar 3.8 Detail <i>deep beam</i> ADB-3	27
Gambar 3.9 Tampak tiga dimensi ADB-3	27
Gambar 3.10 Pola tumpuan dan pembeban ADB-3.....	28
Gambar 4.1 Hubungan Beban dan <i>displacement</i>	32
Gambar 4.2 Pembebanan pada kondisi <i>First crack</i> dan <i>Ultimate</i>	33
Gambar 4.3 Lendutan pada kondisi <i>First crack</i> dan <i>Ultimate</i>	33
Gambar 4.4 Nilai Daktilitas benda uji.....	34
Gambar 4.5 Nilai kekakuan benda uji.....	35
Gambar 4.6 Distribusi tegangan DB-1	36
Gambar 4.7 Distribusi tegangan ADB-1	36
Gambar 4.8 Distribusi tegangan ADB-2.....	37
Gambar 4.9 Pola retak pada saat <i>First Crack</i> benda uji DB-1	38
Gambar 4.10 Pola retak saat <i>Ultimate</i> benda uji DB-1	38
Gambar 4.11 Pola retak saat <i>First crack</i> benda uji ADB-1	38
Gambar 4.12 Pola retak pada saat <i>Ultimate</i> benda uji ADB-2	39

Gambar 4.13 Pola retak pada saat <i>First crack</i> benda uji ADB-3.....	39
Gambar 4.14 Pola retak saat <i>Ultimate</i> benda uji ADB-3	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Hubungan Beban dan lendutan	44
Lampiran 1. Langkah - Langkah Pemodelan	46

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
L_n	[L]	Bentang bersih balok
H	[L]	Tinggi balok
T	$[ML^{-1}T^{-2}]$	Tegangan geser
Σ	$[ML^{-1}T^{-2}]$	Tegangan normal
ϵ_u	$[LL^{-1}]$	Regangan <i>ultimate</i>
ϵ_y	$[LL^{-1}]$	Regangan <i>yield</i>
μ_ϵ	[L/L]	Daktilitas regangan
δ_m	[L]	Simpangan maksimum
δ_y	[L]	Simpangan leleh pertama
μ_ϕ	[1/1]	Daktilitas kelengkungan
ϕ_u	[1]	Kelengkungan <i>Ultimate</i>
ϕ_y	[1]	Kelengkungan <i>Yield</i>
μ_Δ	$[LL^{-1}]$	Daktilitas Perpindahan
Δ_u	[L]	Perpindahan <i>ultimate</i>
Δ_y	[L]	Perpindahan <i>Yield</i>
K	$[MLT^{-2}L^{-1}]$	Kekakuan
P_y	$[MLT^{-2}]$	Beban <i>Yield</i>
$\Delta\delta$	[L]	Lendutan <i>Yield</i>
N	$[MLT^{-2}]$	Beban
A	[LL]	Luas penampang

DAFTAR SINGKATAN

SSSSRS	: <i>Single Square Spring Shear Resistence System</i>
DSSRS	: <i>Double Square Spring Shear Resistence System</i>
CONVEN	: Conventional
FE	: <i>Finite Element</i>
RC	: <i>Reinforced Concrete</i>
ACI	: American Concrete Institute
SCC	: <i>Self Compacting Concrete</i>
NC	: <i>Normal Concrete</i>
2D	: 2 (Dua) Dimensi
3D	: 3 (Tiga) Dimensi
CFRP	: <i>Carbon Fiber Reinforced Poymer</i>
FEM	: <i>Finite Element Method</i>
FEA	: <i>Finite Element Analysis</i>

DAFTAR ISTILAH

1. *Displacement* arah y
Merupakan nilai lendutan searah sumbu y (vetikal) pada balok.
2. *Poisson Ratio*
Rasio regangan kontraksi (transversal) dengan regangan ekstensi (memanjang) ke arah gaya regang.
3. *Ductile*
Keadaan ketika suatu material mengalami deformasi plastis yang luas di sekitar retakan.
4. Begel
Nama lain bengel yaitu sengkang, ties, stirrups, tulangan geser, dll. Begel adalah tulangan melingkar yang mengikat tulangan utama pada balok maupun kolom. Fungsinya: untuk memegang tulangan utama, dan sebagai tulangan geser (menahan gaya dalam geser)
5. Tulangan pokok
sama dengan tulangan utama atau tulangan memanjang. Tulangan utama adalah tulangan yang memanjang searah dengan panjang balok atau kolom
6. Tulangan tumpuan
Tulangan tumpuan adalah tulangan pokok atau tulangan utama yang posisinya berada di sekitar area tumpuan. Biasanya yang menggunakan istilah ini hanya untuk balok (dan juga pelat). Kolom tidak mengenal tulangan tumpuan. Kalo kolom biasanya istilahnya tulangan ujung atas atau bawah.
7. Tulangan lapangan
Tulangan Lapangan adalah tulangan pokok atau tulangan utama yang posisinya berada di tengah bentang