

TUGAS AKHIR

**ANALISIS BALOK TINGGI BETON BERTULANG PADA
PENAMPANG PERSEGI MENGGUNAKAN METODE
ELEMEN HINGGA**



Disusun oleh:

Dimas Wahyu Fadhila

20170110012

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

TUGAS AKHIR

**ANALISIS BALOK TINGGI BETON BERTULANG PADA
PENAMPANG PERSEGI MENGGUNAKAN METODE
ELEMEN HINGGA**

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



Disusun oleh:

Dimas Wahyu Fadhila

20170110012

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

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dimas Wahyu Fadhila
NIM : 20170110012
Judul : Pengaruh Variasi Senggang Pada Balok Tinggi Beton Bertulang Pada Penampang Persegi Menggunakan *Software ABAQUS CAE*

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, 17 Oktober 2021

Yang membuat pernyataan



Dimas Wahyu Fadhila

HALAMAN PERSEMBAHAN

(1)

سافرُ تجدُ عوضاً عمَّن تفارقهُ
وانصبُ فإنَّ لذيذَ العيشِ في النَّصبِ

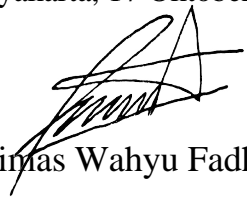
(2)

إني رأيتُ وقوفَ الماءِ يفسدهُ
إن سآحَ طآبَ وإن لم يجرِ لم يطبِ

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:
Tuhan Yang Maha Baik dan Maha Penolong
Ibu dan bapak yang saya cintai
Adikku yang saya cintai
Diri saya sendiri

Terima kasih atas perjuangan saya
Terima kasih atas dukungan dari kedua orang tua
Terima kasih atas dukungan dari tim dosen pembimbing yaitu:
Dr. Seplika Yadi, S.T. M.T.

Yogyakarta, 17 Oktober 2021


Dimas Wahyu Fadhila

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 Analisis Balok Tinggi Beton Bertulang Berpenampang Persegi Menggunakan Metode Elemen Hingga.

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. Dr. Seplika Yadi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I.
3. Dr. Eng. Pinta Astuti, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji.
4. Kedua Orang Tua saya yang telah memberi dukungan.
5. Adji Mukti Sukamdani dan AR Bhiseta Cahya Bagaskara selaku teman satu kelompok saya yang telah memberi dukungan, kritik dan saran kepada saya.
6. Imam Taufik selaku teman saya yang selalu memberikan nasihat dan mengajarkan teori tentang tugas akhir ini.
7. Seluruh teman teman saya yang senantiasa membantu pada masa perkuliahan dan dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta diiringi dengan doa untuk menyelesaikan tugas akhir ini hanya kepada Allah SWT semua dikembalikan. *Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Yogyakarta, 17 Oktober 2021

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above the printed name.

Dimas Wahyu Fadhila

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA.....	vi
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
ABSTRACT.....	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.1.1 Studi Literatur	4

2.1.2	Penelitian Terdahulu dan Sekarang.....	8
2.2	Landasan Teori.....	11
2.2.1	Balok Tinggi (<i>Deep Beam</i>)	11
2.2.2	Metode Elemen Hingga.....	11
2.2.3	Metode <i>Strut and Tie</i>	12
2.2.4	Metode <i>Von Mises</i>	14
2.2.5	Daktilitas	14
2.2.6	Hubungan Tegangan Regangan	15
2.2.7	Keruntuhan Balok	17
2.2.8	Pola Retak	18
2.2.9	<i>Abaqus CAE</i>	18
BAB 3 METODE PENELITIAN.....		20
3.1	Diagram Alir Penelitian	20
3.2	Detail Model.....	21
3.3	Pemodelan Elemen Hingga	24
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		27
4.1	Hubungan Beban dan Lendutan	27
4.2	Daktilitas	29
4.3	Distribusi Tegangan	32
4.4	Pola Retak	44
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		47
5.1	Kesimpulan	47
5.2	Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA		49
LAMPIRAN.....		51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Detail benda uji (Hussain, 2018)	5
Tabel 2.2 Hasil dari model numerik (Ismail dkk., 2021)	6
Tabel 2.3 Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang	9
Tabel 3.1 <i>Concrete Damaged Plasticity</i> (Soebandono dkk., 2018).....	24
Tabel 3.2 Data konstitutif desak (Soebandono dkk., 2018).....	25
Tabel 3.3 Data konstitutif tarik beton (Soebandono dkk., 2018).....	25
Tabel 3.4 Data hubungan tegangan dan regangan Ø10, Ø12(Apriyatno dkk., 2019) dan Ø16 (Soebandono dkk., 2018).....	25
Tabel 4.1 Nomenklatur model benda uji.....	27
Tabel 4.2 Nilai Daktilitas	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hubungan beban-defleksi balok untuk 3 desain (Ismail dkk., 2021)..	5
Gambar 2.2 Hubungan defleksi - beban variasi 1 (Jasim dan Al-Azzawi, 2020)..	6
Gambar 2.3 Hubungan defleksi - beban variasi 2 (Jasim dan Al-Azzawi, 2020)..	7
Gambar 2.4 Hubungan defleksi - beban variasi 3 (Jasim dan Al-Azzawi, 2020)..	7
Gambar 2.5 Daerah D dan B (Schlaich dkk., 1987).....	12
Gambar 2.6 Deskripsi metode <i>strut and tie</i> (Nazila dkk., 2021)	13
Gambar 2.7 Tahapan alur gaya (<i>load path</i>) dan model <i>stut and tie</i> (Hardjasaputra, 2016)	13
Gambar 2.8 Kriteria luluh berdasarkan metode <i>von mises</i>	14
Gambar 2.9 Grafik hubungan tegangan regangan (Handono dkk., 2018)	16
Gambar 2.10 Jenis keruntuhan pada balok (Windah dkk., 2015)	17
Gambar 2.11 Jenis pola retak pada balok (Windah dkk., 2015)	18
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> metode penelitian.....	20
Gambar 3.2 Potongan memanjang BT 1 (Sengkang Variasi 1).....	21
Gambar 3.3 Potongan memanjang BT 2 (Sengkang Variasi 1).....	21
Gambar 3.4 Potongan memanjang BT 3 (Sengkang Variasi 1).....	21
Gambar 3.5 Potongan memanjang BT 1 (Sengkang Variasi 2).....	21
Gambar 3.6 Potongan memanjang BT 2 (Sengkang Variasi 2).....	22
Gambar 3.7 Potongan memanjang BT 3 (Sengkang Variasi 2).....	22
Gambar 3.8 Potongan memanjang BT 1 (Sengkang Variasi 3).....	22
Gambar 3.9 Potongan memanjang BT 2 (Sengkang Variasi 3).....	22
Gambar 3.10 Potongan memanjang BT 3 (Sengkang Variasi 3).....	23
Gambar 3.11 Desain 3D BT 1	23
Gambar 3.12 Desain 3D BT 2.....	23
Gambar 3.13 Desain 3D BT 3.....	24
Gambar 4.1 Hubungan lendutan dan beban (Sengkang variasi 1).....	28
Gambar 4.2 Hubungan lendutan dan beban (Sengkang variasi 2).....	28
Gambar 4.3 Hubungan lendutan dan beban (Sengkang variasi 3).....	29
Gambar 4.4 Nilai Daktilitas (Sengkang variasi 1)	30
Gambar 4.5 Nilai Daktilitas (Sengkang variasi 2)	30
Gambar 4.6 Nilai Daktilitas (Sengkang variasi 3)	31

Gambar 4.7 Distribusi tegangan BT 1 (Step time = 0)	32
Gambar 4.8 Distribusi tegangan BT 1 (Step time = 0.25)	32
Gambar 4.9 Distribusi tegangan BT 1 (Step time = 0.5)	32
Gambar 4.10 Distribusi tegangan BT 1 (Step time = 0.75)	33
Gambar 4.11 Distribusi tegangan BT 1 (Step time = 1)	33
Gambar 4.12 Distribusi tegangan BT 1 (SB) (Step time = 0).....	33
Gambar 4.13 Distribusi tegangan BT 1 (SB) (Step time = 0.25).....	33
Gambar 4.14 Distribusi tegangan BT 1 (SB) (Step time = 0.5).....	34
Gambar 4.15 Distribusi tegangan BT 1 (SB) (Step time = 0.75).....	34
Gambar 4.16 Distribusi tegangan BT 1 (SB) (Step time = 1).....	34
Gambar 4.17 Distribusi tegangan BT 1 (TS) (Step time = 0)	34
Gambar 4.18 Distribusi tegangan BT 1 (TS) (Step time = 0.25).....	35
Gambar 4.19 Distribusi tegangan BT 1 (TS) (Step time = 0.5).....	35
Gambar 4.20 Distribusi tegangan BT 1 (TS) (Step time = 0.75).....	35
Gambar 4.21 Distribusi tegangan BT 1 (TS) (Step time = 1).....	35
Gambar 4.22 Distribusi tegangan BT 2 (Step time = 0)	36
Gambar 4.23 Distribusi tegangan BT 2 (Step time = 0.25)	36
Gambar 4.24 Distribusi tegangan BT 2 (Step time = 0.5)	36
Gambar 4.25 Distribusi tegangan BT 2 (Step time = 0.75)	36
Gambar 4.26 Distribusi tegangan BT 2 (Step time = 1)	37
Gambar 4.27 Distribusi tegangan BT 2 (SB) (Step time = 0).....	37
Gambar 4.28 Distribusi tegangan BT 2 (SB) (Step time = 0.25).....	37
Gambar 4.29 Distribusi tegangan BT 2 (SB) (Step time = 0.5).....	37
Gambar 4.30 Distribusi tegangan BT 2 (SB) (Step time = 0.75).....	38
Gambar 4.31 Distribusi tegangan BT 2 (SB) (Step time = 1).....	38
Gambar 4.32 Distribusi tegangan BT 2 (TS) (Step time = 0).....	38
Gambar 4.33 Distribusi tegangan BT 2 (TS) (Step time = 0.25).....	38
Gambar 4.34 Distribusi tegangan BT 2 (TS) (Step time = 0.5).....	39
Gambar 4.35 Distribusi tegangan BT 2 (TS) (Step time = 0.75).....	39
Gambar 4.36 Distribusi tegangan BT 2 (TS) (Step time = 1).....	39
Gambar 4.37 Distribusi tegangan BT 3 (Step time = 0)	39
Gambar 4.38 Distribusi tegangan BT 3 (Step time = 0.25)	40

Gambar 4.39 Distribusi tegangan BT 3 (Step time = 0.5)	40
Gambar 4.40 Distribusi tegangan BT 3 (Step time = 0.75)	40
Gambar 4.41 Distribusi tegangan BT 3 (Step time = 1)	40
Gambar 4.42 Distribusi tegangan BT 3 (SB) (Step time = 0)	41
Gambar 4.43 Distribusi tegangan BT 3 (SB) (Step time = 0.25)	41
Gambar 4.44 Distribusi tegangan BT 3 (SB) (Step time = 0.5)	41
Gambar 4.45 Distribusi tegangan BT 3 (SB) (Step time = 0.75)	41
Gambar 4.46 Distribusi tegangan BT 3 (SB) (Step time = 1)	42
Gambar 4.47 Distribusi tegangan BT 3 (TS) (Step time = 0)	42
Gambar 4.48 Distribusi tegangan BT 3 (TS) (Step time = 0.25)	42
Gambar 4.49 Distribusi tegangan BT 3 (TS) (Step time = 0.5)	42
Gambar 4.50 Distribusi tegangan BT 3 (TS) (Step time = 0.75)	43
Gambar 4.51 Distribusi tegangan BT 3 (TS) (Step time = 1)	43
Gambar 4.52 Pola retak BT 1 (Variasi sengkang 1)	44
Gambar 4.53 Pola retak BT 1 (Variasi sengkang 2)	44
Gambar 4.54 Pola retak BT 1 (Variasi sengkang 3)	44
Gambar 4.55 Pola retak BT 2 (Variasi sengkang 1)	45
Gambar 4.56 Pola retak BT 2 (Variasi sengkang 2)	45
Gambar 4.57 Pola retak BT 2 (Variasi sengkang 3)	45
Gambar 4.58 Pola retak BT 3 (Variasi sengkang 1)	45
Gambar 4.59 Pola retak BT 3 (Variasi sengkang 2)	46
Gambar 4.60 Pola retak BT 3 (Variasi sengkang 3)	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>output</i> beban model 1 (variasi sengkang 1).....	51
Lampiran 2 <i>output</i> beban model 2 (variasi sengkang 1).....	52
Lampiran 3 <i>output</i> beban model 3 (variasi sengkang 1).....	53
Lampiran 4 <i>output</i> beban model 1 (variasi sengkang 2).....	54
Lampiran 5 <i>output</i> beban model 2 (variasi sengkang 2).....	55
Lampiran 6 <i>output</i> beban model 3 (variasi sengkang 2).....	56
Lampiran 7 <i>output</i> beban model 1 (variasi sengkang 3).....	57
Lampiran 8 <i>output</i> beban model 2 (variasi sengkang 3).....	58
Lampiran 9 <i>output</i> beban model 3 (variasi sengkang 3).....	59

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

L_n	= Panjang bentang
h	= Tinggi
d	= Tinggi efektif
L	= Panjang
μ	= Daktilitas
Δu	= Deformasi ultimit
Δy	= Deformasi leleh pertama
μ_c	= Daktilitas regangan
ϵ_{max}	= Regangan Maksimum
ϵ_y	= Regangan saat leleh
μ_ϕ	= Daktilitas kelengkungan
ϕ_{max}	= Sudut lengkung maksimum
ϕ_y	= Sudut lengkung maksimum
μ_θ	= Daktilitas rotasi
θ_{max}	= Sudut lengkung maksimum
θ_y	= Sudut lengkung maksimum
μ_δ	= Daktilitas perpindahan
δ_{max}	= Deformasi maksimum
δ_y	= Deformasi saat leleh
ϵ_c	= Regangan
F_c'	= Mutu beton
\emptyset	= Diameter

DAFTAR SINGKATAN

FEM	= <i>Finite Element Method</i>
CAE	= <i>Computer aided Engineering</i>
BT1	= Balok tinggi tanpa bukaan dengan jarak sengkang 150 mm
BT2	= Balok tinggi bukaan melengkung (setengah lingkaran) dengan jarak sengkang 150 mm
BT3	= Balok tinggi bukaan bersudut dengan jarak sengkang 150 mm
BT1 (SB)	= Balok tinggi tanpa bukaan dan perletakkan sengkang pada dibawah beban dan diujung bentang tulangan utama.
BT1 (TS)	= Balok tinggi tanpa bukaan dan tanpa sengkang.
BT2 (SB)	= Balok tinggi bukaan melengkung (setengah lingkaran) dan perletakkan sengkang pada dibawah beban dan diujung bentang tulangan utama.
BT2 (TS)	= Balok tinggi bukaan melengkung (setengah lingkaran) dan tanpa sengkang.
BT3 (SB)	= Balok tinggi bukaan bersudut dan perletakkan sengkang pada dibawah beban dan diujung bentang tulangan utama.
BT3 (TS)	= Balok tinggi bukaan bersudut dan tanpa sengkang.

DAFTAR ISTILAH

<i>Ultimit</i>	= Kondisi ketika mencapai beban puncak
<i>Ductile</i>	= Suatu material yang sudah mengalami deformasi plastis yang luas sekitar retakan
<i>Poisson Ratio</i>	= Rasio regangan kontraksi dengan regangan ekstensi ke arah gaya regang.
Modulus Elastisitas	=Angka yang digunakan untuk mengukur objek atau ketahanan bahan untuk mengalami deformasi elastis ketika gaya diterapkan pada benda itu