

TUGAS AKHIR

**PENGARUH GEOMETRI BALOK BETON BERTULANG
TERHADAP PERILAKU LENTUR MENGGUNAKAN
PROGRAM ATENA 3D DAN RCCSA**

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



Muhammad Fariz Fajarianto

20160110223

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

2020

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Fariz Fajarianto
NIM : 20160110223
Judul : Pengaruh Geometri Balok Beton Bertulang Terhadap Perilaku Lentur Menggunakan Program Atena 3D dan RCCSA

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, 20 Juli 2020

Yang membuat pernyataan



Muhammad Fariz Fajarianto

HALAMAN PERNYATAAN

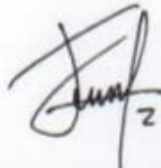
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Fariz Fajarianto
NIM : 20160110223
Judul : Pengaruh Geometri Balok Beton Bertulang Terhadap Perilaku Lentur Menggunakan Program Atena 3D dan RCCSA

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul Perilaku Ikatan (*Bond*) pada Beton Ringan yang Berkarat dan didanai melalui skema hibah penelitian pada tahun 2020 oleh Lembaga Penelitian, Publikasi, dan Pengabdian Masyarakat Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Tahun Anggaran 2020 dengan nomor hibah 034/PEN-Lp3m/I/2020 Tentang Penerima Hibah Penelitian Program Peningkatan Tri-Dharma Perguruan Tinggi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Yogyakarta, 20 Juli 2020

Penulis,



Muhammad Fariz Fajarianto

Dosen Peneliti,



Ahmad Zaki, S.T., M.Sc., Ph.D.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Sujud dan syukur Allah SWT yang telah memberikan kesehatan dan kemampuan kepada saya sehingga saya dapat sesegera mungkin menyelesaikan kewajiban ini. Shalawat dan salam selalu terlimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kukasihi dan Kusayangi.

Ibu dan Ayah Tercinta

Sebagai kewajiban, hormat dan terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya sederhana ini kepada ibu (Rasmah) dan ayah (Imam Sopi'i) yang telah memberikan kasih sayang, dukungan, motivasi, dan pengertian tiada henti untuk anakmu. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat ibu dan ayah bahagia karena kusadar, selama ini belum bisa berbuat lebih. Untuk ibu dan ayah tercinta terima kasih banyak sekali lagi saya ucapkan.

Keluarga

Sebagai tanda terima kasih, kupersembahkan karya kecil ini untuk keluarga saya yang mendukung setiap langkah yang saya ambil. Semoga doa dan semua hal yang terbaik yang keluarga berikan menjadikan saya orang yang baik pula.

Teman-teman

Teman-teman Teknik Sipil 2016 yang selalu memberikan bantuan dan masukan yang sangat berguna bagi penulis. Tak ada hal sedikit pun yang mampu menggambarkan indahnya kebersamaan selama ini.

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Bapak Ahmad Zaki, S.T., M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing skripsi saya, terima kasih banyak sudah membantu selama ini, sudah menasehati, mengajari, dan mengarahkan saya sampai skripsi ini selesai.

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 mengetahui pengaruh geometri balok terhadap perilaku mekanis beton menggunakan analisis dengan program Atena 3D dan RCCSA.

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. Ahmad Zaki, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang memberi arahan dan masukan kepada penulis.
3. Kedua Orang Tua, kakak dan adik yang selalu memberikan arahan selama belajar dan menyelesaikan tugas akhir ini.

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, 20 Juli 2020

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	iii
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.....	xv
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xvii
DAFTAR ISTILAH	xviii
ABSTRAK	xix
<i>ABSTRACT</i>	xx
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Lingkup Penelitian.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.1.1 Penelitian Terdahulu.....	4
2.2 Dasar Teori	20
2.2.1 Material Beton	20
2.2.2 Material Tulangan Baja	24
2.2.3 Jenis Keruntuhan Balok.....	24
2.2.4 Kekakuan dan Daktilitas.....	26
2.2.5 Jenis Retak Balok Beton Bertulang	26
2.2.6 Metode Elemen Hingga (<i>Finite Element Method</i>)	27
2.2.7 Program Berbasis Metode Elemen Hingga	28
2.2.8 <i>Reinforced Concrete Cross Section Analysis</i> (RCCSA).....	29

BAB III. METODE PENELITIAN	31
3.1 Bahan	31
3.2 Alat	33
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian.....	33
3.4 Tahapan Penelitian	33
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	61
4.1 Pendahuluan.....	61
4.2 Perilaku Mekanis Beton Hasil Analisis Atena 3D.....	61
4.3 Perilaku Mekanis Beton Hasil Analisis RCCSA	67
4.4 Perbandingan Hasil Analisis Atena 3D dan RCCSA	73
4.5 Pola Keretakan dan Keruntuhan Balok.....	80
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	84
5.1 Kesimpulan	84
5.2 Saran	85
DAFTAR PUSTAKA	86
LAMPIRAN.....	88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang	15
Tabel 3.1 Spesifikasi benda uji balok persegi	31
Tabel 3.2 Spesifikasi benda uji balok T	31
Tabel 3.3 Spesifikasi benda uji balok I	32
Tabel 4.1 Nilai kekakuan hasil analisis menggunakan Atena 3D	64
Tabel 4.2 Nilai daktilitas hasil analisis menggunakan Atena 3D	65
Tabel 4.3 Nilai kekakuan hasil analisis menggunakan RCCSA	69
Tabel 4.4 Nilai daktilitas hasil analisis menggunakan RCCSA	71
Tabel 4.5 Perbandingan nilai kekakuan balok persegi Atena 3D dan RCCSA	75
Tabel 4.6 Perbandingan nilai kekakuan balok T Atena 3D dan RCCSA	76
Tabel 4.7 Perbandingan nilai kekakuan balok I Atena 3D dan RCCSA	76
Tabel 4.8 Perbandingan nilai daktilitas balok persegi Atena 3D dan RCCSA	78
Tabel 4.9 Perbandingan nilai daktilitas balok T Atena 3D dan RCCSA	78
Tabel 4.10 Perbandingan nilai daktilitas balok I Atena 3D dan RCCSA	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kurva hubungan beban-defleksi balok dengan perbedaan diameter balok (a) 13 mm (b) 16 mm (c) 19 mm (Dewi dkk., 2020)	5
Gambar 2.2 Grafik kekakuan balok (a) BMT Normal HSC (b) BK-25 (c) BN (Alfisyahrin dkk., 2019).....	6
Gambar 2.3 Grafik hubungan beban-lendutan (a) balok kontrol (b) balok perkuatan (Haryanto dkk., 2015)	7
Gambar 2.4 Grafik hubungan <i>base reaction-displacement</i> pemapang balok model material non-linear dengan batasan <i>drift ratio</i> (Maulana dkk., 2015)8	
Gambar 2.5 Grafik hubungan <i>shear force-deflection</i> (a) balok persegi (b) balok T (Thamrin dkk., 2016)	9
Gambar 2.6 Kurva momen-kurvatur untuk variasi dimensi penampang	10
Gambar 2.7 Kekakuan benda uji balok dengan variasi bentang	11
Gambar 2.8 Kurva hubungan beban dan lendutan di tengah bentang (Noorhidana dan Syahland, 2009)	12
Gambar 2.9 Pola retak lentur geser balok (Setiawan, 2016).....	13
Gambar 2.10 Hubungan beban dan lendutan benda uji lentur (Amir dkk., 2011) 14	
Gambar 2.11 Kurva hubungan tegangan-regangan hasil percobaan kuat tekan beton (Wijaya, 2018)	21
Gambar 2.12 Pengukuran regangan beton yang dibebani dengan beban tekan satu arah yang terdapat pada suatu elemen dari beton (Arbi, 2014)	22
Gambar 2.13 Kurva hubungan tegangan dan regangan untuk beton dalam tekan (Suarnita, 2010)	23
Gambar 2.14 Kurva hubungan tegangan dan regangan tulangan baja (Budi, 2011)	24
Gambar 2.15 Jenis-jenis keruntuhan balok (Dady dkk., 2015).....	25
Gambar 2.16 Grafik hubungan beban-lendutan balok (Ujianto, 2006)	26
Gambar 2.17 Jenis-jenis retak pada balok (a) Retak lentur (b) Retak geser murni (c) Retak geser lentur (Parung dkk., 2016).....	27
Gambar 2.18 Tampilan awal Atena 3D.....	29
Gambar 2.19 Tampilan awal RCCSA	30
Gambar 3.1 Ukuran dan detail penulangan balok persegi	32
Gambar 3.2 Ukuran dan detail penulangan balok T	32
Gambar 3.3 Ukuran dan detail penulangan balok I	32
Gambar 3.4 Bagan alir penelitian secara umum	34
Gambar 3.5 Bagan alir tahapan analisis dengan program Atena 3D	35
Gambar 3.6 Bagan alir tahapan analisis dengan program RCCSA.....	36
Gambar 3.7 Tampilan awal <i>analysis information</i>	37
Gambar 3.8 Input data <i>global structural parameters</i>	37
Gambar 3.9 Input data <i>global solution parameters</i>	37
Gambar 3.10 Memilih cara membuat material baru	38
Gambar 3.11 Memilih model material <i>3D Nonlinear Cementitious 2</i> untuk balok beton.....	38

Gambar 3.12 Memasukkan nilai mutu beton 30 MPa	38
Gambar 3.13 Tampilan dialog definisi properti dasar untuk material beton	39
Gambar 3.14 Tampilan dialog properti tarik untuk material beton	39
Gambar 3.15 Memilih <i>3D Elastic Isotropic</i> untuk material pelat baja	39
Gambar 3.16 Tampilan dialog definisi sifat material untuk pelat baja	40
Gambar 3.17 Memilih <i>Reinforcement</i> untuk material tulangan tarik	40
Gambar 3.18 Tampilan dialog definisi parameter bahan tulangan tarik	40
Gambar 3.19 Memilih <i>Reinforcement</i> untuk material tulangan tekan	41
Gambar 3.20 Tampilan dialog definisi parameter bahan tulangan tekan	41
Gambar 3.21 Memilih <i>Reinforcement</i> untuk material tulangan sengkang	41
Gambar 3.22 Tampilan dialog definisi parameter bahan tulangan sengkang	42
Gambar 3.23 Tampilan model geometri balok persegi	42
Gambar 3.24 Tampilan model geometri balok T	43
Gambar 3.25 Tampilan model geometri balok I	43
Gambar 3.26 Tampilan model tulangan untuk balok persegi	43
Gambar 3.27 Tampilan model tulangan untuk balok T	44
Gambar 3.28 Tampilan model tulangan untuk balok I	44
Gambar 3.29 Tampilan <i>support</i> untuk balok persegi	44
Gambar 3.30 Tampilan beban untuk balok persegi	45
Gambar 3.31 Tampilan <i>support</i> untuk balok T	45
Gambar 3.32 Tampilan beban untuk balok T	45
Gambar 3.33 Tampilan <i>support</i> untuk balok I	46
Gambar 3.34 Tampilan beban untuk balok I	46
Gambar 3.35 Tampilan spesifikasi properti <i>mesh</i> untuk balok persegi	46
Gambar 3.36 Tampilan spesifikasi properti <i>mesh</i> untuk balok T	47
Gambar 3.37 Tampilan spesifikasi properti <i>mesh</i> untuk balok I	47
Gambar 3.38 Tampilan hasil <i>FE mesh generation</i> untuk balok persegi	47
Gambar 3.39 Tampilan hasil <i>FE mesh generation</i> untuk balok T	48
Gambar 3.40 Tampilan hasil <i>FE mesh generation</i> untuk balok I	48
Gambar 3.41 Tampilan properti pertama untuk set parameter solusi baru	48
Gambar 3.42 Tampilan properti kedua untuk set parameter solusi baru	49
Gambar 3.43 Tampilan properti ketiga untuk mengatur kriteria <i>conditional break</i>	49
Gambar 3.44 Input data langkah analisis	50
Gambar 3.45 Input data <i>monitoring points</i> pertama untuk <i>Deflections</i>	50
Gambar 3.46 Input data <i>monitoring points</i> kedua untuk <i>Load</i>	50
Gambar 3.47 Tampilan <i>monitoring points</i> untuk balok persegi	50
Gambar 3.48 Tampilan <i>monitoring points</i> untuk balok T	51
Gambar 3.49 Tampilan <i>monitoring points</i> untuk balok I	51
Gambar 3.50 Dialog untuk mengubah tampilan grafik hasil <i>Running</i>	51
Gambar 3.51 Tampilan hasil <i>Running</i> berupa kurva <i>Load vs Deflection</i> dan pola retakan dari balok persegi	52
Gambar 3.52 Tampilan hasil <i>Running</i> berupa kurva <i>Load vs Deflection</i> dan pola retakan dari balok T	52

Gambar 3.53 Tampilan hasil <i>Running</i> berupa kurva <i>Load vs Deflection</i> dan pola retakan dari balok I	52
Gambar 3.54 Model penampang yang dapat dianalisis di RCCSA	53
Gambar 3.55 Tampilan untuk memasukkan penampang persegi	53
Gambar 3.56 Tampilan untuk memasukkan penampang T	54
Gambar 3.57 Tampilan untuk memasukkan penampang I.....	54
Gambar 3.58 Tiga tipe pembebanan pada RCCSA.....	54
Gambar 3.59 Tampilan data dimensi balok dengan dua beban terpusat untuk mendapatkan prediksi lendutan balok.....	55
Gambar 3.60 Tampilan data <i>Main Material Properties of Cross Section</i>	55
Gambar 3.61 Tampilan menu pilihan untuk tipe tulangan.....	56
Gambar 3.62 Tampilan kotak dialog untuk data tulangan baja	56
Gambar 3.63 Tampilan menu <i>Longitudinal Reinforcement</i> setelah pengisian data	56
Gambar 3.64 Tampilan menu <i>Transverse Reinforcement</i>	57
Gambar 3.65 Tampilan kotak dialog <i>Transverse Reinforcement Data</i>	57
Gambar 3.66 Tampilan kotak dialog <i>Steel Confinement Data</i> untuk balok persegi	58
Gambar 3.67 Tampilan kotak dialog <i>Steel Confinement Data</i> untuk balok T dan balok I	58
Gambar 3.68 Tampilan menu <i>Transversel Reinforcement</i> setelah pengisian data	58
Gambar 3.69 Tampilan kotak dialog <i>Curvature Parameter</i> dengan data <i>default</i> . 59	
Gambar 3.70 Tampilan pilihan untuk analisis momen positif	59
Gambar 3.71 Hasil analisis lentur balok persegi dan output yang dihasilkan	59
Gambar 3.72 Hasil analisis lentur balok T dan output yang dihasilkan.....	60
Gambar 3.73 Hasil analisis lentur balok I dan output yang dihasilkan.....	60
Gambar 4.1 Kurva <i>Load vs Deflection</i> hasil analisis Atena 3D (a) Balok persegi (b) Balok T (c) Balok I	63
Gambar 4.2 Kurva <i>Load vs Deflection</i> hasil analisis RCCSA (a) Balok persegi (b) Balok T (c) Balok I	69
Gambar 4.3 Kurva perbandingan <i>Load vs Deflection</i> balok persegi hasil analisis Atena 3D dan RCCSA	73
Gambar 4.4 Kurva perbandingan <i>Load vs Deflection</i> balok T hasil analisis Atena 3D dan RCCSA.....	74
Gambar 4.5 Kurva perbandingan <i>Load vs Deflection</i> balok I hasil analisis Atena 3D dan RCCSA.....	74
Gambar 4.6 Kurva perbandingan kekakuan balok persegi Atena 3D dan RCCSA	76
Gambar 4.7 Kurva perbandingan kekakuan balok T Atena 3D dan RCCSA	77
Gambar 4.8 Kurva perbandingan kekakuan balok I Atena 3D dan RCCSA	77
Gambar 4.9 Kurva perbandingan daktilitas balok persegi Atena 3D dan RCCSA.....	79
Gambar 4.10 Kurva perbandingan daktilitas balok T Atena 3D dan RCCSA.....	79
Gambar 4.11 Kurva perbandingan daktilitas balok I Atena 3D dan RCCSA	80

Gambar 4.12 Kurva perbandingan <i>Load vs Deflection</i> balok BP 1 (balok persegi) hasil analisis Atena 3D	81
Gambar 4.13 Pola retak balok persegi (a) pada kondisi retak awal (b) pada kondisi tulangan leleh (c) pada kondisi ultimit	82
Gambar 4.14 Pola retak balok T (a) pada kondisi retak awal (b) pada kondisi tulangan leleh (c) pada kondisi ultimit	82
Gambar 4.15 Pola retak balok I (a) pada kondisi retak awal (b) pada kondisi tulangan leleh (c) pada kondisi ultimit	82

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Beban dan defleksi balok BP 1, BT 1, dan BI 1 hasil Atena 3D.....	88
Lampiran 2. Beban dan defleksi balok BP 2, BT 2, dan BI 2 hasil Atena 3D.....	89
Lampiran 3. Beban dan defleksi balok BP 3, BT 3, dan BI 3 hasil Atena 3D.....	90
Lampiran 4. Beban dan defleksi balok BP 4, BT 4, dan BI 4 hasil Atena 3D.....	91
Lampiran 5. Beban dan defleksi balok BP 5, BT 5, dan BI 5 hasil Atena 3D.....	92
Lampiran 6. Beban dan defleksi balok BP 6, BT 6, dan BI 6 hasil Atena 3D.....	93
Lampiran 7. Beban dan defleksi balok BP 7, BT 7, dan BI 7 hasil Atena 3D.....	94
Lampiran 8. Beban dan defleksi balok BP 8, BT 8, dan BI 8 hasil Atena 3D.....	95
Lampiran 9. Kurva perbandingan <i>Load vs Deflection</i> hasil Atena 3D dan RCCSA	96

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
f_c'	[MPa]	Mutu Beton
Δy	[mm]	Defleksi pada kondisi tulangan leleh
Δu	[mm]	Defleksi pada kondisi ultimit
P	[kN]	Beban
K	[kN/mm]	Kekakuan
μ	[-]	Daktilitas

DAFTAR SINGKATAN

RCCSA : *Reinforced Concrete Cross Section Analysis*

FEM : *Finite Element Method*

BP : Balok Persegi

BT : Balok T

BI : Balok I

DAFTAR ISTILAH

1. Metode Elemen Hingga
adalah salah satu metode pendekatan numerik di mana persamaan diferensial parsial ini bisa diselesaikan dengan cara pendekatan terhadap kondisi sebenarnya.
2. Kekakuan
adalah kemampuan struktur untuk berdeformasi dibawah pengaruh beban, besarnya kekakuan ditentukan berdasarkan perbandingan antara beban dan defleksi pada kondisi tulangan leleh.
3. Daktilitas
merupakan kemampuan struktur mengalami defleksi paska elastis, yang nilainya ditentukan berdasarkan perbandingan antara defleksi maksimum (Δu) dan defleksi saat paska elastis atau leleh (Δy).