

TUGAS AKHIR
ANALISIS TEGANGAN DAN DEFORMASI BALOK BAJA
KANTILEVER *CASTELLATED* DENGAN BUKAAN LINGKARAN
PENAMPANG NON-PRISMATIS DENGAN METODE ELEMEN
HINGGA (VARIASI DIAMETER LUBANG, JARAK ANTAR LUBANG,
DAN PANJANG BENTANG)

Disusun guna melengkapi persyaratan untuk mencapai
derajat kesarjanaan Strata-1
pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun oleh :
JULIA RENNO ALFASHINTA
20130110375

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2017

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya,

Nama : Julia Renno Alfashinta

Nomor Mahasiswa : 20130110375

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini dengan judul “Analisis Tegangan dan Deformasi Balok Kantilever *Castellated* Dengan Bukaannya Lingkaran Penampang Non-Prismatis Menggunakan Metode Elemen Hingga (Variasi Diameter Lubang, Jarak Antar Lubang, Dan Panjang Bentang)” tidak terdapat karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila ternyata dalam tugas akhir ini diketahui terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain maka saya bersedia karya tersebut dibatalkan.

Yogyakarta, 2017

Julia Renno Alfashinta

HALAMAN MOTTO

Berdoalah dan Berusahalah (Ayahanda,Mulyadi)

Jangan menunda-nunda untuk melakukan pekerjaan karena tidak ada yang tau apakah kita dapat bertemu hari esok atau tidak .

Laksanakan kewajibanmu dan mohonlah kepada allah yang menjadi hakmu (H.R Muslim)

Tidak ada yang melarat yang lebih parah dari kebodohan dan tak ada harta yang lebih bermanfaat dari kesempurnaan akal (H.R Ibnu majah)

“ya nabi,berikanlah aku wasiat “Rasulullah bersabda , “ jangan marah ! “ (H.R Bukhari).

HALAMAN PERSEMBAHAN

Saya persembahkan Tugas Akhir ini untuk :

Untuk Ibunda dan Ayahanda terinta dan tersayang (bapak Mulyadi dan ibu Eva yulianti) sangat bersyukur memiliki orang tua seperti ibu dan bapak. Terimakasih tak terhingga telah membalut anak-anaknya dengan kasih sayang dan memberikan segalanya sejak dalam buaian. Terimakasih setiap tetes keringat perjuangan serta do'a yang selalu dipanjatkan. Terimakasih juga buat adik-adikku yang selalu memberikan semangat dan motivasi tersendiri saat mengerjakan Tugas Akhir ini.

Untuk saudara-sadaraku yang dipertemukan dalam tanah perantauan, sahabat seperjuangan semasa kuliah, teman sesama pejuang penelitian Tugas Akhir ini. Dan teman-teman mahasiswa UMY Teknik Sipil angkatan 2013 sukses selalu buat kita semua.

KATA PENGANTAR



Asssalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakaatuh,

Alhamdulillahirabbilalaamin, segala puji bagi Allah SWT Yang Menguasai segala sesuatu, serta Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Tegangan dan Deformasi Balok Kantilever *Castellated* dengan Bukaan Lingkaran Penampang Non-Prismatis Menggunakan Metode Elemen Hingga (Variasi Diameter Lubang, Jarak Antar Lubang, Dan Panjang Bentang”.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Selama penyusunan Tugas Akhir ini penyusun mengalami banyak kesulitan, namun berkat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini penyusun ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini. Ucapan tersebut ditujukan kepada :

1. Allah SWT atas limpahan rahmat-Nya.
2. Kedua orang tua, yang telah memberikan kasih sayang, doa, dorongan, dukungan, dan semangat yang tak terhingga.
3. Bapak Bagus Soebandono, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan dukungan dan masukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Taufiq Ilham Maulana, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing II yang dengan setia membimbing, memberikan keluangan waktunya serta memberikan dukungan sehingga Tugas Akhir ini tersusun sampai akhir.
5. Ibu Ir. Anita Widianti, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

6. Teman-teman seperjuangan Teknik Sipil angkatan 2013 yang telah memberikan semangat, dukungan dan kebersamaannya selama ini.

7. Serta semua pihak yang telah membantu kami dalam menyelesaikan studi ini.

Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi Penulis khususnya dan bermanfaat bagi pembangunan pada umumnya serta bermanfaat bagi pembaca. Apabila terdapat kekurangan dalam Tugas Akhir ini Penulis mengharapkan saran dan masukan yang bersifat membangun.

Segala kemampuan telah tercurahkan serta diiringi dengan doa untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini, hanya kepada Allah SWT semua dikembalikan.
Wallahu a'lam bi Showab.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakaatuh.

Yogyakarta, 2017

Julia Renno Alfashinta

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
INTISARI.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	1
C. Tujuan Penelitian	2
D. Manfaat Penelitian	2
E. Batasan Masalah.....	3
F. Keaslian Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Penelitian Tentang Balok Kastella	5
B. Penelitian Tentang Balok Kantilever Baja	6
C. Balok Baja Kantilever Non-Prismatis	7
Bab III Landasan Teori	9
A. Baja	9
B. Teori Elastisitas	20
C. Balok	25

D. Analisis Konstruksi Balok	26
E. Castellated Beam.....	27
F. Cellular Beam.....	31
G. Metode Elemen Hingga.....	33
Bab Iv Metode Penelitian.....	43
A. Jenis Penelitian.....	43
B. Metode Pengumpulan Data	43
C. Skema Penelitian	46
D. Pemodelan 2 Dimensi Benda Uji Pada Program <i>Autocad</i>	47
E. Pemodelan 3 Dimensi Benda Uji Pada Program <i>Freecad</i>	51
F. Input Geometri Dan Analisis Benda Uji Pada Program <i>Lisa-Fea</i>	57
G. Variabel Penelitian	75
Bab V Hasil Dan Pembahasan	76
A. Hasil Pemodelan Benda Uji Pada Program <i>Autocad</i>	76
B. Hasil Pemodelan Benda Uji Pada Program <i>Freecad</i>	81
C. Hasil Pemodelan Benda Uji Pada Program <i>Lisa-Fea</i>	82
D. Rekapitulasi Benda Uji Efektif	97
BAB VI PENUTUP.....	100
A. Kesimpulan.....	100
B.Saran.....	100
DAFTAR PUSTAKA.....	101
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Sifat–Sifat Mekanis Baja Struktural	17
Tabel 4. 1 Rencana variasi benda uji.....	44
Tabel 5. 1 Data–data dimensi benda uji bentang 2 meter	77
Tabel 5. 2 Data–data dimensi benda uji bentang 2,5 meter	78
Tabel 5. 3 Data–data dimensi benda uji bentang 3 meter	79
Tabel 5. 4 Data–data dimensi benda uji bentang 3,5 meter	80
Tabel 5. 5 Nilai beban optimal pada setiap variasi panjang bentang benda uji ...	88
Tabel 5. 6 Rekapitulasi benda uji yang efektif berdasarkan diameter lubang, jarak antar bentang, panjang bentang, tegangan, dan <i>displacement</i>	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Hubungan tegangan–regangan tipikal.....	12
Gambar 3. 2 Kurva Hubungan Tegangan (f) vs Regangan (ϵ)	15
Gambar 3. 3 Kurva Hubungan Tegangan (f) – Regangan (ϵ) yang Diperbesar.....	15
Gambar 3. 4 (a) <i>Equal Angle</i> (b) <i>Wide Flange</i> (c) <i>H-Beam</i> (d) <i>King Cross</i> (e) <i>Queen Cross</i> (f) <i>Tee Section</i>	18
Gambar 3. 5 (a) <i>Light Lip Channel</i> (b) <i>Z-Section</i> (c) <i>Cell Form</i> (d) <i>Honey Comb</i>	19
Gambar 3. 6 Standar rolled shapes.....	19
Gambar 3. 7 Cold formed shapes	19
Gambar 3. 8 Perbandingan teori tegangan geser maksimum dengan distorsi <i>energy</i>	25
Gambar 3. 9 Fleksibilitas balok kantilever terbebani beban merata	26
Gambar 3. 10 Proses Pembuatan <i>Castellated Beam</i>	27
Gambar 3. 11 Komponen <i>Castellated Beam</i>	30
Gambar 3. 12 Proses pembentukan <i>cellular beam</i> (Erdal,2011)	31
Gambar 3. 13 Elemen <i>Rectangular Solid</i> (RS-8).....	37
Gambar 3. 14 Elemen <i>Hexahedron Solid</i> (H-8).....	37
Gambar 3. 15 Elemen <i>Tetrahedron Solid</i> (T-4).....	40
Gambar 4. 1 Bagan alir tahapan penelitian.....	47
Gambar 4. 2 Bagan alir pemodelan benda uji pada program <i>AutoCAD</i>	48
Gambar 4. 3 Detail profil IWF 150x75x5x7 mm.....	49
Gambar 4. 4 Badan profil benda uji berbentuk persegi panjang.....	49
Gambar 4. 5 Pola pembelahan secara zig–zag miring pada badan profil benda uji	50
Gambar 4. 6 Badan profil benda uji dibelah menjadi 2 bagian.....	50
Gambar 4. 7 Badan profil yang disatukan membentuk balok bukaan lingkaran penampang non prismatis.....	50
Gambar 4. 8 Hasil pemodelan benda uji balok kantilever <i>castellated</i> bukaan lingkaran penampang non prismatic	51
Gambar 4. 9 Bagan alir pemodelan benda uji pada program <i>FreeCAD</i>	52
Gambar 4. 10 Penampang berbentuk profil I pada sisi jepit pada benda uji.....	53

Gambar 4. 11 Penampang berbentuk profil I pada sisi ujung bebas pada benda uji	53
Gambar 4. 12 Penampang sisi ujung bebas bergerak ke arah sumbu Z sebesar 2.573,73mm	54
Gambar 4. 13 Bentuk solid 3 dimensi balok non prismatis	54
Gambar 4. 14 Sket lubang lingkaran.....	55
Gambar 4. 15 Sket lubang lingkaran digandakan menjadi 2	55
Gambar 4. 16 Bentuk solid 3 dimensi lubang lingkaran.....	56
Gambar 4. 17 Hasil pemotongan solid balok non prismatis dengan solid lubang lingkaran.....	56
Gambar 4. 18 Hasil pemodelan benda uji balok kantilever <i>castellated</i> bukaan lingkaran penampang non prismatis	57
Gambar 4. 19 Bagan alir pemodelan benda uji pada program <i>LISA-FEA</i>	59
Gambar 4. 20 <i>Import STEP</i> benda uji dari folder	59
Gambar 4. 21 <i>Import STEP file</i>	60
Gambar 4. 22 Memilih file benda uji pada folder penyimpanan	60
Gambar 4. 23 <i>Meshing Parameters</i>	61
Gambar 4. 24 Menentukan <i>element size</i> dan <i>size grading</i>	61
Gambar 4. 25 <i>Generate Mesh</i>	62
Gambar 4. 26 Benda uji berhasil dilakukan <i>Generate Mesh</i>	62
Gambar 4. 27 Dipilih <i>element size</i> (250 mm ³) dan <i>size grading</i> (<i>fewer elements</i>).....	63
Gambar 4. 28 Hasil jumlah elemen dari ukuran volume <i>meshing</i> 250 mm ³	63
Gambar 4. 29 Klik <i>show element surfaces</i> dan <i>select element</i>	64
Gambar 4. 30 Tampilan mengganti warna elemen pada benda uji	64
Gambar 4. 31 Elemen benda uji berubah warna menjadi pink	65
Gambar 4. 32 <i>Assign New Material</i>	66
Gambar 4. 33 Input nilai sifat-sifat mekanik baja	66
Gambar 4. 34 Permukaan atas benda uji terdapat pada <i>Surface2</i>	67
Gambar 4. 35 <i>New loads & constraints – New force</i>	67
Gambar 4. 36 <i>Input</i> beban pada sumbu Y	67
Gambar 4. 37 Distribusi beban pada permukaan atas benda uji	68
Gambar 4. 38 Permukaan sisi jepit benda uji terdapat pada <i>Surface3</i>	68

Gambar 4. 39 <i>New loads & constraints – New fixed support</i>	69
Gambar 4. 40 Tampilan <i>Fixed support</i>	69
Gambar 4. 41 Tumpuan jepit pada benda uji	69
Gambar 4. 42 <i>Running/solver</i>	70
Gambar 4. 43 Tampilan <i>solver</i>	70
Gambar 4. 44 <i>Displacement Magnitude</i>	71
Gambar 4. 45 Hasil maksimal <i>displacement</i> benda uji sebesar 14,05 mm	71
Gambar 4. 46 Rekapitulasi hasil <i>element size</i> , jumlah elemen dan <i>displacement</i> pada <i>microsot excel</i>	72
Gambar 4. 47 <i>Von Mises Stress</i>	73
Gambar 5. 1 Hasil pemodelan benda uji pada program AutoCAD	76
Gambar 5. 2 Pemodelan benda uji pada <i>FreeCAD</i>	82
Gambar 5. 3 Grafik hasil uji konvergensi analisis metode elemen hingga bentang 2 meter	83
Gambar 5. 4 Grafik hasil uji konvergensi analisis metode elemen hingga bentang 2,5 meter	84
Gambar 5. 5 Grafik hasil uji konvergensi analisis metode elemen hingga bentang 3 meter	85
Gambar 5. 6 Grafik hasil uji konvergensi analisis metode elemen hingga bentang 3,5 meter	86
Gambar 5. 7 Grafik nilai tegangan <i>von mises</i> benda uji bentang 2 meter	89
Gambar 5. 8 Grafik nilai <i>displacement</i> benda uji bentang 2 meter	90
Gambar 5. 9 Grafik nilai <i>displacement</i> benda uji bentang 2,5 meter	92
Gambar 5. 10 Grafik nilai Tegangan <i>Von Mises</i> benda uji bentang 3 meter	93
Gambar 5. 11 Grafik nilai <i>displacement</i> pada benda uji bentang 3 meter	94
Gambar 5. 12 Grafik nilai tegangan <i>von mises</i> benda uji bentang 3,5 meter	95
Gambar 5. 13 Grafik nilai <i>displacement</i> benda uji bentang 3,5 meter	96
Gambar 5. 14 Distribusi tegangan pada balok kantilever <i>castellated</i> bukaan lingkaran penampang non prismatis.	97

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Hasil Konvergensi

Lampiran Hasil Tegangan *Von Mises* dan *Displacement*