

TUGAS AKHIR
ANALISIS KAPASITAS LENTUR BAJA *CASTELLATED BEAMS*
TERHADAP VARIASI BUKAAN *DIAMOND*

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mencapai derajat Sarjana S-1 pada
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Lambung Mangkurat

Oleh:

Muhammad Fiqri
NIM. 1710811310027

Dosen Pembimbing: Ir. Ida Barkiah, S.T., M.T.
NIP. 19691110 199303 2 001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL
BANJARBARU

2023

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL**

**Analisis Kapasitas Lentur Baja Castellated Beams Terhadap Variasi Bukaannya
Diamond**

Oleh:

Muhammad Fiqri (1710811310027)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 16 Januari 2023 dan dinyatakan
LULUS

Komite Penguji :

Ketua : Husnul Khatimi, S.T., M.T.
NIP. 19810915 200501 1 001

Anggota 1 : Ir. Ratni Nurwidayati, M.T., M.Eng.Sc.
NIP. 19690106 199502 2 001

Anggota 2 : Dr. Nursiah Chairunnisa, S.T., M.Eng
NIP. 19630131 199103 1 001

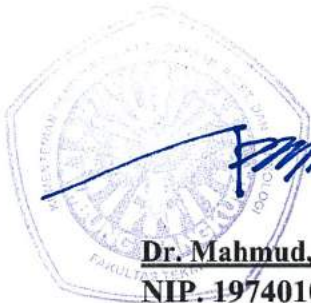
Pembimbing Utama : Ir. Ida Barkiah, S.T., M.T.
NIP. 19691110 199303 2 001

Banjarbaru, 11 9 JUN 2023

diketahui dan disahkan oleh

**Wakil Dekan Bidang Akademik,
Fakultas Teknik ULM,**

**Koordinator Program Studi,
S-1 Teknik Sipil,**



Dr. Mahmud, S.T., M.T.
NIP. 19740107 199802 1 001



Dr. Muhammad Arsyad, S.T., M.T.
NIP. 19720826 199802 1 001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL (S1)

Alamat Jl. Achmad Yani KM 35,5 Banjarbaru, Kalimantan Selatan – 70714 Telepon/Fax : (0511)4773858-4773868

Laman : <https://www.ft.ulm.ac.id>, Email : teknik.sipil@ulm.ac.id

SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Ir. Ida Barkiah, S.T., M.T.**

NIP : **19691110 199303 2 001**

Selaku pembimbing utama Tugas Akhir Program Studi S1 Teknik Sipil
Universitas Lambung Mangkurat.

Nama : **Muhammad Fiqri**

NIM : **1710811310027**

Judul Tugas Akhir : **ANALISIS KAPASITAS LENTUR BAJA
CASTELLATED BEAMS TERHADAP VARIASI
BUKAAN DIAMOND**

Menyatakan bahwa Tugas Akhir mahasiswa tersebut di atas telah selesai diperiksa
dan selanjutnya siap diajukan dalam sidang Tugas Akhir.

Banjarbaru, 28 Maret 2023
Pembimbing Tugas Akhir

Ir. Ida Barkiah, S.T., M.T.
NIP. 19691110 199303 2 001

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Muhammad Fiqri
NIM : 1710811310027
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Analisis Kapasitas Lentur Baja *Castellated Beams* Terhadap Variasi Bukaannya *Diamond*
Pembimbing : Ir. Ida Barkiah, S.T., M.T.

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya saya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari, penulisan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas Lambung Mangkurat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan oleh pihak siapapun.

Banjarbaru, 28 Maret 2023

Penulis



Muhammad Fiqri

NIM. 1710811310027

ANALISIS KAPASITAS LENTUR BAJA *CASTELLATED BEAMS* TERHADAP VARIASI BUKAAN *DIAMOND*

Muhammad Fiqri, Ir. Ida Barkiah, S.T., M.T.

Program Studi S-1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Achmad Yani KM 35,5 Banjarbaru, Kalimantan Selatan – 70714

Telp/Fax: (0511)4773858-4773868

Email: fiqrim78@gmail.com; idabarkiah@ulm.ac.id

ABSTRAK

Castellated beams merupakan salah satu dari berbagai cara untuk menambah kekakuan balok baja konvensional serta dengan harga yang ekonomis tanpa menambah berat baja itu sendiri. Dengan bentuk profil *castellated beams* akan meningkatkan tinggi dari profil baja sehingga akan meningkatkan inersia dan momen lentur profil, serta struktur yang lebih ringan dan ekonomis. Penelitian ini akan menggunakan profil WF 150.75.5.7 dengan panjang bentang 3000 mm memiliki mutu baja BJ 37 dibentuk dengan pola bukaan *diamond*. Untuk variabel bukaan direncanakan 3 profil dengan tinggi lubang yang berbeda-beda yaitu 90 mm, 100 mm dan 110 mm. setiap tinggi bukaan lubang profil tadi memiliki rasio antara tinggi profil *castellated beams* dengan lebar bukaan lubang (S/Do) dari batas rasio 1,1 hingga 1,45 dengan setiap kelipatan rasio 0,05. Hasil penelitian *diamond castellated beams* baik secara manual maupun *Software* didapatkan bahwa nilai kapasitas lentur dan deformasi setiap rasio lebar bukaan lubang hampir tidak memiliki perbedaan dari setiap variasi model. Adapun bila ditinjau dari rasio lebar bukaan lubang (S/Do) yang sama, namun dengan tinggi bukaan lubang yang berbeda-beda didapat bahwa tinggi bukaan lubang yang lebih kecil 90 mm memiliki kapasitas lentur yang lebih baik dan deformasi yang lebih kecil bila dibandingkan dengan bukaan lubang 100 mm dan 110 mm.

Kata kunci: baja, *castellated beams*, kapasitas lentur, *diamond*, profil

FLEXURAL CAPACITY ANALYSIS OF STEEL CASTELLATED BEAMS AGAINST DIAMOND OPENING VARIATION

Muhammad Fiqri, Ir. Ida Barkiah, S.T., M.T.

Civil Engineering S-1 Study Program, Faculty of Engineering, Lambung Mangkurat University

Jl. Achmad Yani KM 35,5 Banjarbaru, Kalimantan Selatan – 70714

Telp/Fax: (0511)4773858-4773868

Email: figrim78@gmail.com; idabarkiah@ulm.ac.id

ABSTRACT

Castellated beams are one of the various ways to increase the stiffness of conventional steel beams at an economical price without increasing the weight of the steel itself. The shape of the castellated beams profile will increase the height of the steel profile so that it will increase the inertia and bending moment of the profile, as well as a lighter and more economical structure. This research will use WF 150.75.5.7 profiles with a span length of 3000 mm having BJ 37 steel grade formed with a diamond opening pattern. For variable openings, 3 profiles are planned with different hole heights of 90 mm, 100 mm, and 110 mm. Each profile hole opening height has a ratio between the height of the castellated beams profile and the width of the hole opening (S/Do) from the ratio limit of 1.1 to 1.45 with each multiple of 0.05 ratio. The results of the diamond castellated beams research both manually and *Software* found that the value of flexural capacity and deformation of each hole opening width ratio has almost no difference from each model variation. In terms of the same hole opening width ratio (S/Do), but with different hole opening heights, it is found that the smaller hole opening height of 90 mm has better flexural capacity and smaller deformation when compared with hole openings of 100 mm and 110 mm.

Keywords: steel, castellated beams, flexural capacity, diamond, profile

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena dengan rahmat, ridho dan karunia-Nya lah saya bisa menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Tidak lupa juga penulis mengucapkan syukur kepada Allah SWT. atas rezeki yang diberikan terhadap penulis baik berupa ilmu, pengetahuan, kesehatan, kebahagiaan, serta lainnya baik secara materiil maupun non materiil sehingga saya bisa sampai ke tahap ini.

Tugas akhir yang berjudul “**ANALISIS KAPASITAS LENTUR BAJA CASTELLATED BEAMS TERHADAP VARIASI BUKAAN DIAMOND**” ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperolleh gelar sarjana teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat. Tentunya dalam proses pengerjaan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari segala pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua saya yaitu Muhammad Faisal dan Syariaty Faizah, Nenek saya yaitu Noorhayati dan seluruh keluarga yang telah mendukung dan membantu penulis
2. Ibu Ir. Ida Barkiah, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir saya yang tak pernah bosan memberikan bimbingan dan serta sabar untuk memberikan saya arahan baik berupa materi maupun moral, serta telah banyak membantu dan membimbing saya dalam penyusunan tugas akhir ini dengan baik.
3. Bapak Arya Rizki Darmawan, S.T., M.T. selaku dosen tempat saya untuk berkonsultasi mengenai tugas akhir yang saya jalani, yang juga selalu memberikan bimbingan dan arahan serta telah banyak membantu saya dalam penyusunan tugas akhir ini dengan baik.
4. Bapak Husnul Khatimi, S.T., M.T., Ibu Ir. Ratni Nurwidayati, M.T., M.Eng.Sc., dan Ibu Dr. Nursiah Chairunnisa, S.T., M.Eng. selaku dewan penguji sidang.

5. Sahabat sekaligus teman dekat penulis selama kuliah yaitu Muhammad Fajar Rizaldy, Bayu Ahmad Hikani, Azmi Shirazi, Nizma Aisyah Amini dan Sonia Fatimah.
6. Teman bimbingan skripsi saya yaitu Michael Jonathan Cia selaku orang yang memberi saya ide dan arahan mengenai materi tugas akhir
7. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama perkuliahan hingga penulis menyelesaikan pendidikan. Semoga seluruh kebaikan dibalas oleh Allah SWT.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari masih banyak kekurangan karena keterbatasan kemampuan dan ilmu pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun diperlukan agar skripsi ini bisa bermanfaat bagi semua orang yang membacanya.

Banjarbaru, Maret 2023

Penulis,

Muhammad Fiqri

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERNYATAAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian	4
1.4. Pembatas Masalah	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Pengertian, Jenis dan Sifat Material Baja	6
2.2. Diagram Tegangan-Regangan	9
2.3. Kapasitas Lentur pada Balok	13
2.4. <i>Castellated Beams</i>	15
2.4.1. Pengertian <i>Castellated Beams</i>	15
2.4.2. Komponen <i>Castellated Beams</i>	17
2.4.3. Proses Pembuatan <i>Castellated Beams</i>	17
2.4.4. Tipe Pemotongan <i>Castellated Beams</i>	20
2.4.5. Kelebihan dan Kekurangan <i>Castellated Beams</i>	22
2.4.6. Diamond <i>Castellated Beams</i>	23
2.4.7. Pedoman Desain <i>Diamond Castellated beams</i>	23
2.4.8. Perhitungan Profil <i>Diamond Castellated beams</i>	26
2.4.9. Kontroll Penampang <i>Castellated Beams</i>	27
2.4.10. Perhitungan untuk Model Profil Konvensional	29
2.5. Kegagalan pada <i>Castellated Beams</i>	31
BAB III METODOLOGI	37
3.1. Tinjauan Umum	37

3.2.	Diagram Alir Penelitian.....	38
3.3.	Perencanaan <i>Diamond Castellated beams</i>	41
3.4.	Konfigurasi Pengujian.....	51
3.5.	Penggunaan <i>Software Ansys Student</i> dalam analisis	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		63
4.1.	Hasil Pengujian.....	63
4.1.1.	Hasil Perhitungan Berdasarkan Analisis Manual.....	63
4.1.2.	Hasil Perhitungan Berdasarkan Analisis <i>Software Ansys Student</i> .	74
4.2.	Pola keruntuhan.....	89
4.3.	Tegangan lentur di tengah penampang.....	98
4.3.1.	Tegangan lentur model dasar WF 150.75.5.7	100
4.3.2.	Tegangan lentur model A1 (D/Do=1,66; S/Do=1,1)	101
4.3.3.	Tegangan lentur model A2 (D/Do=1,66; S/Do=1,15)	102
4.3.4.	Tegangan lentur model A3 (D/Do=1,66; S/Do=1,2)	103
4.3.5.	Tegangan lentur model A4 (D/Do=1,66; S/Do=1,25)	104
4.3.6.	Tegangan lentur model A5 (D/Do=1,66; S/Do=1,3)	105
4.3.7.	Tegangan lentur model A6 (D/Do=1,66; S/Do=1,35)	106
4.3.8.	Tegangan lentur model A7 (D/Do=1,66; S/Do=1,4)	107
4.3.9.	Tegangan lentur model A8 (D/Do=1,66; S/Do=1,45)	108
4.3.10.	Tegangan lentur model B1 (D/Do=1,5; S/Do=1,1).....	109
4.3.11.	Tegangan lentur model B2 (D/Do=1,5; S/Do=1,15).....	110
4.3.12.	Tegangan lentur model B3 (D/Do=1,5; S/Do=1,2).....	111
4.3.13.	Tegangan lentur model B4 (D/Do=1,5; S/Do=1,25).....	112
4.3.14.	Tegangan lentur model B5 (D/Do=1,5; S/Do=1,3).....	113
4.3.15.	Tegangan lentur model B6 (D/Do=1,5; S/Do=1,35).....	114
4.3.16.	Tegangan lentur model B7 (D/Do=1,5; S/Do=1,4).....	115
4.3.17.	Tegangan lentur model B8 (D/Do=1,5; S/Do=1,45).....	116
4.3.18.	Tegangan lentur model C1 (D/Do=1,36; S/Do=1,1).....	117
4.3.19.	Tegangan lentur model C2 (D/Do=1,36; S/Do=1,15).....	118
4.3.20.	Tegangan lentur model C3 (D/Do=1,36; S/Do=1,2).....	119
4.3.21.	Tegangan lentur model C4 (D/Do=1,36; S/Do=1,25).....	120
4.3.22.	Tegangan lentur model C5 (D/Do=1,36; S/Do=1,3).....	121
4.3.23.	Tegangan lentur model C6 (D/Do=1,36; S/Do=1,35).....	122
4.3.24.	Tegangan lentur model C7 (D/Do=1,36; S/Do=1,4).....	123

4.3.25. Tegangan lentur model C8 ($D/D_o=1,36$; $S/D_o=1,45$).....	124
BAB V PENUTUP.....	126
5.1. Kesimpulan.....	126
5.2. Saran.....	127
DAFTAR PUSTAKA	128

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Sifat Mekanis Baja Struktural	9
Tabel 3.1 Konsep, variabel dan indikator penelitian.....	38
Tabel 3.2 Data profil WF 150x75x5x7	41
Tabel 3.3 Data spesifikasi baja yang digunakan	41
Tabel 3.4 Nilai hubungan tegangan-regangan material baja.....	42
Tabel 3.5 Parameter bukaan dengan tinggi lubang 90 mm (D/Do=1,66)	44
Tabel 3.6 Parameter bukaan dengan tinggi lubang 100 mm (D/Do=1,5)	44
Tabel 3.7 Parameter bukaan dengan tinggi lubang 110 mm (D/Do=1,36)	44
Tabel 3.8 Detail <i>diamond castellated beams</i> dengan tinggi lubang 90 mm	46
Tabel 3.9 Detail <i>diamond castellated beams</i> dengan tinggi lubang 100 mm	48
Tabel 3.10 Detail <i>diamond castellated beams</i> dengan tinggi lubang 110 mm	50
Tabel 4.1 Rekapitulasi perhitungan manual kapasitas lentur momen nominal (Model A).....	66
Tabel 4.2 Rekapitulasi perhitungan manual kapasitas lentur momen nominal (Model B).....	67
Tabel 4.3 Rekapitulasi perhitungan manual kapasitas lentur momen nominal (Model C).....	67
Tabel 4.4 Rekapitulasi perhitungan kapasitas lentur tiap model S/Do= 1,1	69
Tabel 4.5 Rekapitulasi perhitungan kapasitas lentur tiap model S/Do= 1,15	69
Tabel 4.6 Rekapitulasi perhitungan kapasitas lentur tiap model S/Do= 1,2	70
Tabel 4.7 Rekapitulasi perhitungan kapasitas lentur tiap model S/Do= 1,25	70
Tabel 4.8 Rekapitulasi perhitungan kapasitas lentur tiap model S/Do= 1,3	70
Tabel 4.9 Rekapitulasi perhitungan kapasitas lentur tiap model S/Do= 1,35	70
Tabel 4.10 Rekapitulasi perhitungan kapasitas lentur tiap model S/Do= 1,4	71
Tabel 4.11 Rekapitulasi perhitungan kapasitas lentur tiap model S/Do= 1,45	71
Tabel 4.12 Hasil deformasi di tengah bentang balok baja analisis numerik dengan bantuan <i>Software</i> Ansys Student (model A).....	77
Tabel 4.13 Hasil deformasi di tengah bentang balok baja analisis numerik dengan bantuan <i>Software</i> Ansys Student (model B)	78

Tabel 4.14 Hasil deformasi di tengah bentang balok baja analisis numerik dengan bantuan <i>Software</i> Ansys Student (model C)	79
Tabel 4.15 Hubungan antara rasio D/Do dengan rasio S/Do (model A)	82
Tabel 4.16 Hubungan antara rasio D/Do dengan rasio S/Do (model B).....	82
Tabel 4.17 Hubungan antara rasio D/Do dengan rasio S/Do (model C).....	82
Tabel 4.18 Nilai deformasi terkecil dan kapasitas momen lentur terbesar dari model.....	83
Tabel 4.19 Hasil perbandingan beban saat leleh (P_y) antara analisis manual dengan analisis numerik <i>Software</i> (model A).....	84
Tabel 4.20 Hasil perbandingan beban leleh (P_y) antara analisis manual dengan analisis numerik <i>Software</i> (model B).....	84
Tabel 4.21 Hasil perbandingan beban leleh (P_y) antara analisis manual dengan analisis numerik <i>Software</i> (model C).....	84
Tabel 4.22 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model dasar WF 150.75.5.7	100
Tabel 4.23 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model A1	101
Tabel 4.24 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model A2	102
Tabel 4.25 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model A3	103
Tabel 4.26 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model A4	104
Tabel 4.27 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model A5	105
Tabel 4.28 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model A6	106
Tabel 4.29 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model A7	107
Tabel 4.30 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model A8	108

Tabel 4.31 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model B1	109
Tabel 4.32 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model B2	110
Tabel 4.33 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model B3	111
Tabel 4.34 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model B4	112
Tabel 4.35 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model B5	113
Tabel 4.36 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model B6	114
Tabel 4.37 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model B7	115
Tabel 4.38 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model B8	116
Tabel 4.39 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model C1	117
Tabel 4. 40 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model C2	118
Tabel 4. 41 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model C3	119
Tabel 4.42 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model C4	120
Tabel 4.43 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model C5	121
Tabel 4.44 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model C6	122
Tabel 4.45 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model C7	123
Tabel 4.46 Perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software</i> Ansys Student dengan hasil analitis model C8	124

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Grafik diagram tegangan regangan untuk baja struktural	10
Gambar 2.2 Grafik diagram tegangan regangan khusus	11
Gambar 2.3 Grafik kondisi leleh/luluh.....	11
Gambar 2.4 <i>Elastic perfectly plastic approximation</i>	12
Gambar 2.5 <i>Trilinear approximation</i>	12
Gambar 2.6 <i>Complete curve</i>	13
Gambar 2.7 Balok sederhana (a) dengan lentur murni di tengah dan lentur tak seragam di ujung (b) dan (c)	13
Gambar 2.8 Hubungan antara tanda untuk momen lentur dan arah tegangan: (a) momen lentur positif dan (b) momen lentur negatif	15
Gambar 2.9 (a) Pemotongan pola web balok baja biasa; (b) pengelasan kembali membentuk <i>castellated beams</i>	16
Gambar 2.10 Ketentuan <i>castellated beams</i>	16
Gambar 2.11 Bagian-bagian <i>castellated beams</i>	17
Gambar 2.12 Proses pembuatan <i>castellated beams</i>	18
Gambar 2.13 Proses (a) <i>castellated beams</i> tanpa pelat; (b)dengan pelat ditengahnya	18
Gambar 2.14 Pola pemotongan profil <i>diamond castellated beams</i>	19
Gambar 2.15 Pemotongan <i>diamond castellated beams</i>	19
Gambar 2.16 Penyatuan kembali profil bukaan <i>diamond castellated beams</i>	20
Gambar 2.17 <i>Beams ends left ragged, U = T</i>	20
Gambar 2.18 <i>Beam ends left ragged, U > T</i>	20
Gambar 2.19 <i>Beam ends finished, U=T</i>	21
Gambar 2.20 <i>Beam ends finished with infill plates, U >T</i>	21
Gambar 2.21 Penambahan pelat pada ujung profil baja	21
Gambar 2.22 Potongan melintang <i>castellated beams</i>	23
Gambar 2.23 Contoh desain <i>diamond castellated beams</i>	25
Gambar 2.24 <i>Setup</i> pengujian 1/3 bentang profil <i>diamond castellated beams</i>	25
Gambar 2.25 Ilustrasi setup pengujian dengan jarak antar beban 200 mm	25
Gambar 2.26 <i>Flexure mechanism</i>	32

Gambar 2.27 <i>Lateral-torsional buckling</i>	33
Gambar 2.28 <i>Vierendeel mechanism</i>	34
Gambar 2.29 <i>Web buckling due to shear</i>	35
Gambar 2.30 <i>Web post buckling due to compression</i>	36
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	40
Gambar 3.2 Kurva tegangan regangan baja yang digunakan.....	42
Gambar 3.3 Pola <i>castellated beams</i> tidak sempurna.....	45
Gambar 3.4 Contoh permodelan balok yang dipakai.....	45
Gambar 3.5 Ilustrasi pengujian <i>castellated beams</i>	52
Gambar 3.6 Ilustrasi diagram momen dan geser pada profil uji	52
Gambar 3.7 Konfigurasi pengujian model WF 150.75.5.7	53
Gambar 3.8 Titik pengukuran defleksi pada <i>Software Ansys Student</i>	53
Gambar 3.9 Titik pengukuran tegangan lentur pada <i>Software Ansys Student</i>	54
Gambar 3.10 Tampilan awal <i>Software Ansys Student</i>	55
Gambar 3.11 <i>Engineering data</i>	56
Gambar 3.12 <i>Import</i> gambar model	57
Gambar 3.13 Memasukkan besaran <i>mesh</i>	57
Gambar 3.14 Pembagian pembebanan.....	58
Gambar 3.15 Memasukkan perletakan sendi	59
Gambar 3.16 Memasukkan perletakan <i>roll</i>	60
Gambar 3.17 Menu pembebanan	61
Gambar 3.18 Tabel <i>input</i> pembebanan	61
Gambar 3.19 Hasil simulasi regangan	62
Gambar 3.20 Hasil simulasi deformasi	62
Gambar 4.1 Grafik perbandingan hubungan kapasitas lentur (M_n) dengan rasio lebar bukaan (S/D_o) variasi model A.....	68
Gambar 4.2 Grafik perbandingan hubungan kapasitas lentur (M_n) dengan rasio lebar bukaan (S/D_o) variasi model B	68
Gambar 4.3 Grafik perbandingan hubungan kapasitas lentur (M_n) dengan rasio lebar bukaan (S/D_o) variasi model C	69
Gambar 4.4 Grafik rekapitulasi kapasitas lentur tiap model $S/D_o= 1,1$	71
Gambar 4.5 Grafik rekapitulasi kapasitas lentur tiap model $S/D_o=1,15$	72

Gambar 4.6 Grafik rekapitulasi kapasitas lentur tiap model $S/Do= 1,2$	72
Gambar 4.7 Grafik rekapitulasi kapasitas lentur tiap model $S/Do= 1,25$	72
Gambar 4.8 Grafik rekapitulasi kapasitas lentur tiap model $S/Do= 1,3$	73
Gambar 4.9 Grafik rekapitulasi kapasitas lentur tiap model $S/Do= 1,35$	73
Gambar 4.10 Grafik rekapitulasi kapasitas lentur tiap model $S/Do= 1,4$	73
Gambar 4.11 Grafik rekapitulasi kapasitas lentur tiap model $S/Do= 1,45$	74
Gambar 4.12 <i>Input</i> data material baja <i>structural steel NL</i>	74
Gambar 4.13 Model pengujian numerik (model dasar WF 150.75.5.7)	75
Gambar 4.14 Model pengujian numerik (model A1-A8).....	75
Gambar 4.15 Model pengujian numerik (Model B1-B8).....	76
Gambar 4.16 Model pengujian numerik (Model C1-C8).....	76
Gambar 4.17 Grafik hasil deformasi di tengah bentang balok baja analisis numerik dengan bantuan <i>Software</i> Ansys Student (model A).....	80
Gambar 4.18 Grafik hasil deformasi di tengah bentang balok baja analisis numerik dengan bantuan <i>Software</i> Ansys Student (model B).....	80
Gambar 4.19 Grafik hasil deformasi di tengah bentang balok baja analisis numerik dengan bantuan <i>Software</i> Ansys Student (model C).....	81
Gambar 4.20 Grafik deformasi di tengah bentang dengan rasio $S/Do=1,1$	85
Gambar 4.21 Grafik deformasi di tengah bentang dengan rasio $S/Do=1,15$	85
Gambar 4.22 Grafik deformasi di tengah bentang dengan rasio $S/Do=1,2$	86
Gambar 4.23 Grafik deformasi di tengah bentang dengan rasio $S/Do=1,25$	86
Gambar 4.24 Grafik deformasi di tengah bentang dengan rasio $S/Do=1,3$	87
Gambar 4.25 Grafik deformasi di tengah bentang dengan rasio $S/Do=1,35$	87
Gambar 4.26 Grafik deformasi di tengah bentang dengan rasio $S/Do=1,4$	88
Gambar 4.27 Grafik deformasi di tengah bentang dengan rasio $S/Do=1,45$	88
Gambar 4.28 Pola keruntuhan.....	90
Gambar 4.29 Pola runtuh tekuk sayap pada model WF 150.75.5.7.....	90
Gambar 4.30 Pola runtuh tekuk sayap pada model A1	90
Gambar 4.31 Pola runtuh tekuk sayap pada model A2.....	91
Gambar 4.32 Pola runtuh tekuk sayap pada model A3.....	91
Gambar 4.33 Pola runtuh tekuk sayap pada model A4.....	91
Gambar 4.34 Pola runtuh tekuk sayap pada model A5.....	92

Gambar 4.35 Pola runtuh tekuk sayap pada model A6.....	92
Gambar 4.36 Pola runtuh tekuk sayap pada model A7	92
Gambar 4.37 Pola runtuh tekuk sayap pada model A8.....	93
Gambar 4.38 Pola runtuh tekuk sayap pada model B1	93
Gambar 4.39 Pola runtuh tekuk sayap pada model B2	93
Gambar 4.40 Pola runtuh tekuk sayap pada model B3	94
Gambar 4.41 Pola runtuh tekuk sayap pada model B4	94
Gambar 4.42 Pola runtuh tekuk sayap pada model B5	94
Gambar 4.43 Pola runtuh tekuk sayap pada model B6	95
Gambar 4.44 Pola runtuh tekuk sayap pada model B7	95
Gambar 4.45 Pola runtuh tekuk sayap pada model B8	95
Gambar 4.46 Pola runtuh tekuk sayap pada model C1	96
Gambar 4.47 Pola runtuh tekuk sayap pada model C2	96
Gambar 4.48 Pola runtuh tekuk sayap pada model C3	96
Gambar 4.49 Pola runtuh tekuk sayap pada model C4	97
Gambar 4.50 Pola runtuh tekuk sayap pada model C5	97
Gambar 4.51 Pola runtuh tekuk sayap pada model C6	97
Gambar 4.52 Pola runtuh tekuk sayap pada model C7	98
Gambar 4.53 Pola runtuh tekuk sayap pada model C8	98
Gambar 4.54 Titik pengukuran tegangan lentur pada profil konvensional.....	99
Gambar 4.55 Titik pengukuran tegangan lentur pada profil <i>castellated beams</i> ...	99
Gambar 4.56 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model dasar WF 150.75.5.7	100
Gambar 4.57 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model A1	101
Gambar 4.58 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model A2.....	102
Gambar 4.59 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model A3.....	103
Gambar 4.60 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model A4.....	104

Gambar 4.61 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model A5.....	105
Gambar 4.62 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model A6.....	106
Gambar 4.63 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model A7.....	107
Gambar 4.64 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model A8.....	108
Gambar 4.65 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model B1	109
Gambar 4.66 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model B2.....	110
Gambar 4.67 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model B3	111
Gambar 4.68 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model B4.....	112
Gambar 4.69 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model B5	113
Gambar 4.70 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model B6.....	114
Gambar 4.71 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model B7	115
Gambar 4.72 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model B8.....	116
Gambar 4.73 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model C1	117
Gambar 4.74 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model C2.....	118
Gambar 4.75 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model C3.....	119
Gambar 4.76 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model C4.....	120

Gambar 4.77 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model C5	121
Gambar 4.78 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model C6	122
Gambar 4.79 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model C7	123
Gambar 4.80 Grafik perbandingan tegangan lentur di tengah bentang antara hasil <i>Software Ansys Student</i> dengan hasil analitis model C8	124

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Lembar Asistensi Tugas Akhir	132
Lampiran 2 Surat Permohonan Penyusun Skripsi.....	135
Lampiran 3 Surat Kesediaan Dosen Pembimbing Skripsi	137
Lampiran 4 Perhitungan Kapasitas Lentur Balok Baja Konvensional Berdasarkan Analisis Manual Model Dasar Wf 150.75.5.7	139
Lampiran 5 Perhitungan Kapasitas Lentur <i>Castellated Beams</i> Berdasarkan Analisis Manual Model A1	144
Lampiran 6 Perhitungan Kapasitas Lentur <i>Castellated Beams</i> Berdasarkan Analisis Manual Model A2.....	151
Lampiran 7 Perhitungan Kapasitas Lentur <i>Castellated Beams</i> Berdasarkan Analisis Manual Model A3	158
Lampiran 8 Perhitungan Kapasitas Lentur <i>Castellated Beams</i> Berdasarkan Analisis Manual Model A4.....	165
Lampiran 9 Perhitungan Kapasitas Lentur <i>Castellated Beams</i> Berdasarkan Analisis Manual Model A5	172
Lampiran 10 Perhitungan Kapasitas Lentur <i>Castellated Beams</i> Berdasarkan Analisis Manual Model A6.....	179
Lampiran 11 Perhitungan Kapasitas Lentur <i>Castellated Beams</i> Berdasarkan Analisis Manual Model A7.....	186
Lampiran 12 Perhitungan Kapasitas Lentur <i>Castellated Beams</i> Berdasarkan Analisis Manual Model A8.....	193
Lampiran 13 Perhitungan Kapasitas Lentur <i>Castellated Beams</i> Berdasarkan Analisis Manual Model B1	200
Lampiran 14 Perhitungan Kapasitas Lentur <i>Castellated Beams</i> Berdasarkan Analisis Manual Model B2	207
Lampiran 15 Perhitungan Kapasitas Lentur <i>Castellated Beams</i> Berdasarkan Analisis Manual Model B3	214
Lampiran 16 Perhitungan Kapasitas Lentur <i>Castellated Beams</i> Berdasarkan Analisis Manual Model B4	221

Lampiran 17 Perhitungan Kapasitas Lentur <i>Castellated Beams</i> Berdasarkan Analisis Manual Model B5	228
Lampiran 18 Perhitungan Kapasitas Lentur <i>Castellated Beams</i> Berdasarkan Analisis Manual Model B6	235
Lampiran 19 Perhitungan Kapasitas Lentur <i>Castellated Beams</i> Berdasarkan Analisis Manual Model B7	242
Lampiran 20 Perhitungan Kapasitas Lentur <i>Castellated Beams</i> Berdasarkan Analisis Manual Model B8	249
Lampiran 21 Perhitungan Kapasitas Lentur <i>Castellated Beams</i> Berdasarkan Analisis Manual Model C1	256
Lampiran 22 Perhitungan Kapasitas Lentur <i>Castellated Beams</i> Berdasarkan Analisis Manual Model C2	263
Lampiran 23 Perhitungan Kapasitas Lentur <i>Castellated Beams</i> Berdasarkan Analisis Manual Model C3	270
Lampiran 24 Perhitungan Kapasitas Lentur <i>Castellated Beams</i> Berdasarkan Analisis Manual Model C4	277
Lampiran 25 Perhitungan Kapasitas Lentur <i>Castellated Beams</i> Berdasarkan Analisis Manual Model C5	284
Lampiran 26 Perhitungan Kapasitas Lentur <i>Castellated Beams</i> Berdasarkan Analisis Manual Model C6	291
Lampiran 27 Perhitungan Kapasitas Lentur <i>Castellated Beams</i> Berdasarkan Analisis Manual Model C7	298
Lampiran 28 Perhitungan Kapasitas Lentur <i>Castellated Beams</i> Berdasarkan Analisis Manual Model C8	305
Lampiran 29 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kapasitas Lentur Balok Baja Konvensional Dan <i>Castellated Beams</i>	312
Lampiran 30 Perhitungan Beban Leleh (Py) Berdasarkan Analisis Manual	324
Lampiran 31 Perhitungan Beban Saat Leleh (Py) Berdasarkan Hasil Analisis Numerik Dengan Bantuan <i>Software Ansys Student</i>	340
Lampiran 32 Perhitungan Tegangan Lentur Penampang Di Tengah.....	397