



**OPTIMASI DESAIN *DOUBLE COIL BALANCED C-HOOK*
DENGAN ALGORITMA METAHEURISTIK BERBASIS
METODE ELEMEN HINGGA**

SKRIPSI

MIFTAHUDIN HIDAYAT

2110311064

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2025



**OPTIMASI DESAIN *DOUBLE COIL BALANCED C-HOOK*
DENGAN ALGORITMA METAHEURISTIK BERBASIS
METODE ELEMEN HINGGA**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik**

MIFTAHUDIN HIDAYAT

2110311064

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

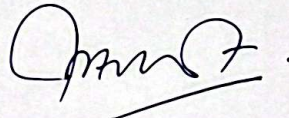
2025

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

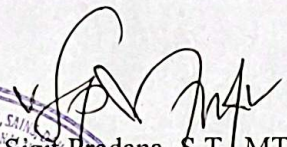
Skripsi diajukan oleh:

Nama : Miftahudin Hidayat
NIM : 2110311064
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Optimasi desain *double coil balanced c-hook* dengan algoritma metaheuristik berbasis metode elemen hingga

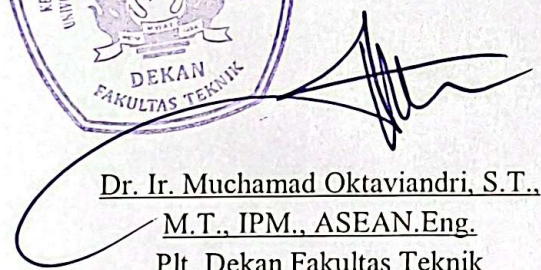
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta



Ir. Fahrudin S.T., M.T.
Penguji Utama



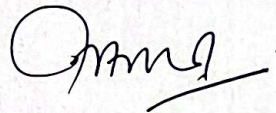
Sigit Pradana, S.T., MT.
Penguji Lembaga



Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri, S.T.,
M.T., IPM., ASEAN.Eng.
Plt. Dekan Fakultas Teknik



M. Arifudin Lukmana, S.T., MT.
Penguji III (Pembimbing)



Ir. Fahrudin S.T., M.T.
Kepala Program Studi Teknik Mesin

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 22 Juli 2025

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Miftahudin Hidayat
NIM : 2110311064
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : OPTIMASI DESAIN *DOUBLE COIL BALANCED C-HOOK* DENGAN ALGORITMA METAHEURISTIK BERBASIS METODE ELEMEN HINGGA

Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis sesuai arahan dari dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Menyetujui,



(M. Arifudin Lukmana S.T., M.T.)

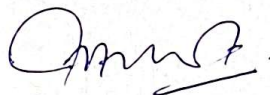
Pembimbing 1



(Armansyah, ST., M.Sc., Ph.D.)

Pembimbing 2

Mengetahui,



Ir. Fahrudin S.T., M.T.

Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin

PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas akhir skripsi ini adalah hasil karya sendiri, semua sumber yang dikutip dan dirujuk dalam penulisan skripsi ini telah saya cantumkan dan nyatakan dengan benar.

Nama : Miftahudin Hidayat

NIM : 2110311064

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Optimasi Desain *Double Coil Balanced C-Hook* dengan Algoritma Metaheuristik Berbasis Metode Elemen Hingga

Bilamana pada suatu hari terdapat ketidaksesuaian dalam tulisan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses secara hukum yang berlaku.

Jakarta, 22 Juli 2025

Yang menyatakan



Miftahudin Hidayat

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai civitas akademika Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta saya yang bertanda tangan di bawah ini: benar.

Nama : Miftahudin Hidayat

NIM : 2110311064

Program Studi : Teknik Mesin

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta hak bebas royalti non eksklusif (*non exclusive royalty free right*) atas skripsi saya yang berjudul:

**“OPTIMASI DESAIN *DOUBLE COIL BALANCED C-HOOK* DENGAN
ALGORITMA METAHEURISTIK BERBASIS METODE ELEMEN
HINGGA”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti ini Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*data base*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Jakarta, 22 Juli 2025

Yang menyatakan



Miftahudin Hidayat

OPTIMASI DESAIN *DOUBLE COIL BALANCED C-HOOK* DENGAN ALGORITMA METAHEURISTIK BERBASIS METODE ELEMEN HINGGA

Miftahudin Hidayat

ABSTRAK

Permintaan efisiensi dalam industri manufaktur logam mendorong pengembangan alat pemindahan material yang kuat namun ringan dan ekonomis. Penelitian ini mengoptimalkan desain geometris *Double Coil Balanced C-Hook* agar mampu menahan pembebanan dua *coil wire rod* sekaligus melalui pemodelan menggunakan perangkat lunak *Solidworks* dan simulasi FEM pada *ANSYS Workbench* dengan Algoritma Simulated Annealing (SA) sebagai pendekatan metaheuristik minimasi volume struktur. Studi ini berfokus pada kondisi operasional aktual, dengan asumsi pembebanan statik-ekuivalen dan material *Mild Steel* (S275) diaplikasikan. Desain awal menampilkan tegangan Von Mises maksimum sebesar 97,14 MPa, deformasi maksimum 15,88 mm, faktor keamanan statik minimum 2,44, dan umur kelelahan $2,29 \times 10^6$ siklus, mengindikasikan adanya *over-designed*. Optimasi berhasil menurunkan volume secara analitik dari 0,21 m³ menjadi 0,18 m³ (12 %) dan secara simulasi dari 0,209 m³ menjadi 0,182 m³ (13 %), meningkatkan tegangan Von Mises maksimum menjadi 184,91 MPa dan deformasi maksimum menjadi 25,88 mm. Faktor keamanan statik dan *fatigue* minimum menurun menjadi 1,49 dan 1,67, dengan umur kelelahan tetap sekitar $2,29 \times 10^6$ siklus. Desain teroptimasi terbukti efektif mempertahankan batas kekuatan mekanis sambil memangkas massa material.

Kata kunci: Optimasi desain, Balanced C-Hook, Analisis Kekuatan, Finite Element Analysis, Simulated Annealing

**DESIGN OPTIMIZATION OF DOUBLE COIL BALANCED C-HOOK
USING A METAHEURISTIC ALGORITHM BASED ON FINITE ELEMENT
METHOD**

Miftahudin Hidayat

ABSTRACT

The demand for efficiency in the metal manufacturing industry has driven the development of material handling equipment that is strong yet lightweight and economical. This study optimizes the geometric design of a Double Coil Balanced C-Hook to support simultaneous loading of two wire rod coils through modeling in Solidworks and FEM simulation in ANSYS Workbench, using the Simulated Annealing (SA) algorithm as a metaheuristic approach to minimize structural volume. The study focuses on actual operational conditions, assuming equivalent static loading and applying Mild Steel (S275). The initial design exhibited a maximum Von Mises stress of 97.14 MPa, maximum deformation of 15.88 mm, a minimum static safety factor of 2.44, and a fatigue life of 2.29×10^6 cycles, indicating an over-designed structure. Optimization successfully reduced the analytical-based volume from 0.21 m^3 to 0.18 m^3 (12 %) and the simulated-based volume from 0.209 m^3 to 0.182 m^3 (13 %), raising the maximum Von Mises stress to 184.91 MPa and maximum deformation to 25.88 mm. The minimum static and fatigue safety factors decreased to 1.49 and 1.67, respectively, while the fatigue life remained approximately 2.29×10^6 cycles. The optimized design proven in maintaining mechanical strength limits while reducing material mass.

Keywords: Design Optimization; Balanced C-Hook; Structural Analysis; Finite Element Analysis; Simulated Annealing

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul "OPTIMASI DESAIN *DOUBLE COIL BALANED C-HOOK* DENGAN ALGORITMA METAHEURISTIK BERBASIS METODE ELEMEN HINGGA". Proposal ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Selama proses pengambilan data dan penyusunan proposal ini, penulis memperoleh banyak ilmu dan pengalaman yang sangat berharga. Pengalaman ini tentunya memberikan kontribusi besar dalam pengembangan pengetahuan, keterampilan dan berguna bagi penulis untuk mempersiapkan diri memasuki dunia kerja yang sesungguhnya.

Atas bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kesehatan, kesempatan, keberkahan, ilmu, kelancaran dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal dengan lancar.
2. Bapak M. Arifudin Lukmana S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dalam penulisan proposal tugas akhir ini.
3. Bapak Armansyah, ST., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II dalam penulisan proposal tugas akhir ini.
4. Bapak Ir. Fahrudin S.T., M.T. sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, UPN Veteran Jakarta atas persetujuan terhadap penulisan proposal tugas akhir ini.
5. Bapak Sofyan, Bapak Pras dan Bapak Nuri selaku pihak PT Master Steel

Penulis menyadari bahwa proposal ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak guna penyempurnaan proposal ini di masa mendatang. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan menjadi referensi yang berguna bagi semua pihak.

Jakarta, Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terkait.....	4
2.2 <i>Balanced C-Hook</i> dan Perangkat Angkut.....	7
2.3 Tegangan, Regangan, dan Pembebanan Kombinasi Tekuk-Tarik	8
2.4 Metode Elemen Hingga.....	11
2.5 Panduan <i>Meshing</i>	12
2.6 Teori Kegagalan.....	13
2.7 Teori Kelelahan.....	15
2.8 Algoritma Optimasi Metaheuristik	18
2.9 Metode Simulated Annealing	19
BAB 3 METODE PENELITIAN	22
3.1 Metode Penelitian.....	22
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	23
3.3 Pemodelan <i>Double Coil Balanced C-Hook</i>	23

3.4 Spesifikasi Material	24
3.5 Simulasi Metode Elemen Hingga	25
3.5.1 Tahapan Meshing	25
3.5.2 Pemodelan Kondisi Batas Simulasi	27
3.5.3 Parameter Hasil Simulasi	28
3.6 Perhitungan Pembebanan	29
3.7 Optimasi dengan Algoritma Metaheuristik <i>Simulated Annealing</i>	30
3.7.1 Fungsi Objektif	32
3.7.2 Fungsi Batas dan Variable Desain	32
3.7.3 Metode Optimasi Metaheuristik: <i>Simulated Annealing</i>	34
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Hasil Simulasi Desain PT.X	36
4.1.1 Tegangan <i>Von Mises</i>	36
4.1.2 Deformasi	36
4.1.3 Faktor Keamanan	37
4.1.4 Fatigue Life	39
4.2 Hasil Optimasi dengan Metaheuristik	40
4.2.1 Dimensi Optimum	41
4.2.2 Konvergensi Nilai Objektif	42
4.3 Hasil Simulasi Desain <i>Double Coil C-hook</i> Setelah Optimasi	44
4.3.1 Tegangan Von Misses	45
4.3.2 Total Deformasi	46
4.3.3 Faktor Keamanan	47
4.3.4 Fatigue Life	49
4.4 Analisis Kekuatan dan Kelelahan Desain <i>Double Coil C-hook</i>	50
4.5 Komparasi Kekuatan dan Kelelahan Desain <i>Double Coil C-Hook</i>	51
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat-Sifat dari Penampang Mellintang yang Digunakan	10
Tabel 2.2 Faktor Keamanan Desain berdasarkan Konsiderasi	14
Tabel 3.1 S-275 Mild Steel Material Properties	24
Tabel 3.2 Tabel Konvergensi Mesh	26
Tabel 3.3 Perhitungan Tegangan di Cross-Section yang Ditinjau	30
Tabel 3.4 Variabel Desain Geometri Coil Balanced C-Hook	31
Tabel 3.5 Parameter Tetap Desain Geometri Coil Balanced C-Hook	31
Tabel 3.6 Persamaan dari Batasan Optimasi dan Solusi Awal.....	33
Tabel 4.1 Persamaan dan Nilai Kriteria Solusi Optimum	42
Tabel 4.2 Perbandingan nilai sifat mekanis objek desain awal dan teroptimas dari simulasi numerik	52
Tabel 4.3 Presentase error perhitungan faktor Keamanan antara simulasi dan teoretis	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Balanced C-hook Lifter	7
Gambar 2.2 Double Coil Balanced C-Hook di PT. X.....	8
Gambar 2.3 Parameter Kualitas Mesh Skewness	12
Gambar 2.4 Fatigue Limit	15
Gambar 2.5 Repeated Stress	15
Gambar 2.6 Fluctuating Stress.....	16
Gambar 2.7 Hubungan Tegangan Rata-Rata dan Tegangan Variabel.....	17
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 3.2 Geometri Double Coil Balanced C-Hook Penelitian.....	24
Gambar 3.3 Kurva S-N material C-Hook S-275	25
Gambar 3.4 Hasil Meshing Geometri.....	26
Gambar 3.5 Grafik Konvergensi Mesh.....	27
Gambar 3.6 Posisi Fixed Support & Force.....	28
Gambar 3.7 Parameter Analisis Simulasi	28
Gambar 3.8 Luas Penampang yang Ditinjau	29
Gambar 3.9 Skematik Dimensi Desain Geometri Coil Balanced C-Hook.....	31
Gambar 4.1 Kontur Tegangan Von Misses Desain Awal Double Coil C-Hook ..	36
Gambar 4.2 Kontur Deformasi Desain Awal Double Coil C-Hook	37
Gambar 4.3 Kontur Faktor Keamanan Statik Desain Awal Double Coil C-Hook	38
Gambar 4.4 Kontur Faktor Keamanan Siklik Desain Awal Double Coil C-Hook	39
Gambar 4.5 Fatigue Life Desain Awal Double Coil C-Hook.....	40
Gambar 4.6 Sebaran nilai objektif <i>Enew</i> setiap iterasi.....	43
Gambar 4.7 Kurva konvergensi nilai objektif terbaik (best_score) pada setiap iterasi	44
Gambar 4.8 Visualisasi Meshing Desain Teroptimasi	45
Gambar 4.9 Kontur Tegangan Von Misses Desain Hasil Optimasi	46
Gambar 4.10 Kontur Deformasi Desain Hasil Optimasi	47
Gambar 4.11 Kontur Faktor Keamanan Statik Desain Hasil Optimasi	48

Gambar 4.12 Kontur Faktor Keamanan Siklik Desain Hasil Optimasi.....	48
Gambar 4.13 Fatigue Life Desain Hasil Optimasi	49
Gambar 4.14 Mass Properties (a) Desain Sebelum Optimasi (b) Desain Setelah Optimasi	50

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1.** Tampilan Desain Awal *Double Coil Balanced C-Hook* (Desain PT.X)
- Lampiran 2.** Tampilan Desain *Double Coil Balanced C-Hook* Setelah dioptimasi
- Lampiran 3.** Parameter Input Algoritma *Simulated Annealing Adaptive Step Size*
- Lampiran 4.** Perbandingan Nilai Input-Ouput Hasil Algoritma *Simulated Annealing*
- Lampiran 5.** *Pseudocode* Program Optimasi dengan *Simulated Annealing Adaptive Step Size*
- Lampiran 6.** Gambar Kerja *Double Coil Balanced C-Hook* sebelum Optimasi (Desain PT.X)
- Lampiran 7.** Gambar Kerja *Double Coil Balanced C-Hook* sebelum Optimasi (Desain PT.X)
- Lampiran 8.** Lembar Konsultasi Pembimbing Tugas Akhir 1
- Lampiran 9.** Lembar Konsultasi Pembimbing Tugas Akhir 2