



**OPTIMASI TOPOLOGI PADA DESAIN *BUCKET*
HYDRAULIC EXCAVATOR KAPASITAS 0,9 m³
DENGAN PENDEKATAN SIMULASI**

SKRIPSI

FAKHRI NUR ARIFIN

1910311005

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2022



**OPTIMASI TOPOLOGI PADA DESAIN *BUCKET*
HYDRAULIC EXCAVATOR KAPASITAS 0,9 m³
DENGAN PENDEKATAN SIMULASI**

SKRIPSI

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

FAKHRI NUR ARIFIN

1910311005

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

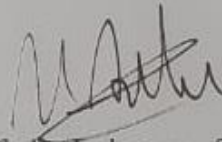
2022

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi diajukan oleh:

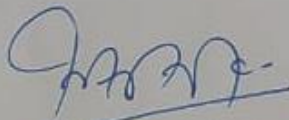
Nama : Fakhri Nur Arifin
NRP : 1910311005
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : OPTIMASI TOPOLOGI PADA DESAIN *BUCKET*
HYDRAULIC EXCAVATOR KAPASITAS 0,9 m³
DENGAN PENDEKATAN SIMULASI

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



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

Penguji Utama



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

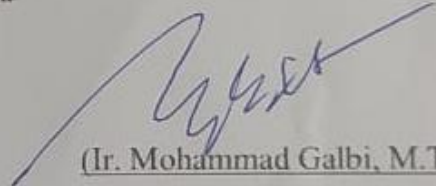
Penguji I



(Dr. Ir. Reda Rizal, B.Sc., M.Si., IPU.,

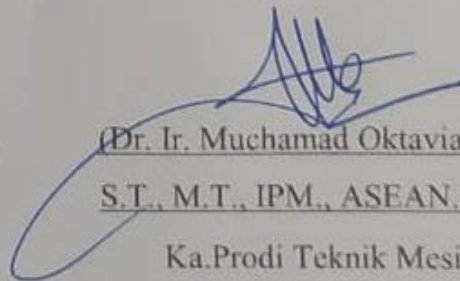
ASEAN.Eng)

Dekan Fakultas Teknik



(Ir. Mohammad Galbi, M.T.)

Penguji II (Pembimbing)



(Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri,
S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng)

Ka.Prodi Teknik Mesin

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 30 November 2022

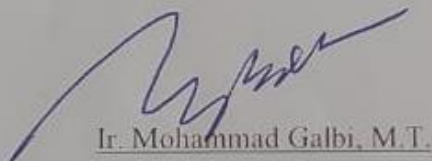
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh:

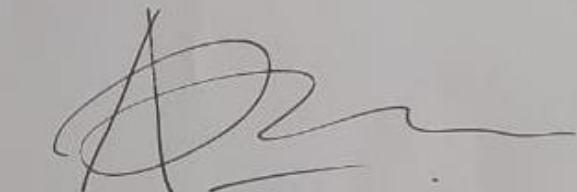
Nama : Fakhri Nur Arifin
NIM : 1910311005
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Judul Skripsi : OPTIMASI TOPOLOGI PADA DESAIN *BUCKET*
HYDRAULIC EXCAVATOR KAPASITAS 0,9 m³
DENGAN PENDEKATAN SIMULASI

Telah dikoreksi dan diperbaiki oleh penulis atas arahan dari dosen pembimbing.

Menyetujui,

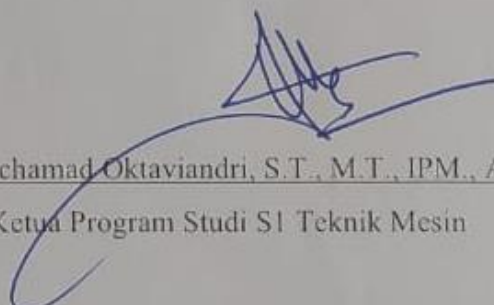


Ir. Mohammad Galbi, M.T.
Pembimbing I



Armansyah, S.T., M.Sc., M.Sc., Ph.D.
Pembimbing II

Mengetahui,



Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.
Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin

PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Fakhri Nur Arifin
NIM : 1910311005
Fakultas : Teknik
Program Studi : S1 Teknik Mesin

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 5 Desember 2022

Yang Menyatakan,

Fakhri Nur Arifin

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fakhri Nur Arifin
NRP : 1910311005
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

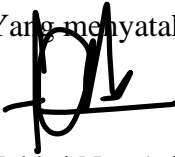
**OPTIMASI TOPOLOGI PADA DESAIN *BUCKET*
HYDRAULIC EXCAVATOR KAPASITAS 0,9 m³
DENGAN PENDEKATAN SIMULASI**

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 (*database*), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 5 Desember 2022

Yang menyatakan,

(Fakhri Nur Arifin)

**OPTIMASI TOPOLOGI PADA DESAIN *BUCKET*
HYDRAULIC EXCAVATOR KAPASITAS 0,9 m³
DENGAN PENDEKATAN SIMULASI**

Fakhri Nur Arifin

ABSTRAK

Hydraulic excavator merupakan kendaraan berat (*Heavy Equipment*) yang biasa digunakan dalam pekerjaan konstruksi. Konstruksi *bucket hydraulic excavator* harus cukup kuat untuk melakukan pekerjaan yang berat dengan andal. Optimasi pada desain *bucket* dilakukan untuk mendapatkan bentuk terbaik untuk mengurangi berat tanpa mempengaruhi kekuatan struktur suatu komponen menggunakan metode topologi. Analisis menggunakan *software Ansys Workbench R1*. Material yang digunakan yakni AISI 4140. Hasil tegangan maksimum yang diperoleh yakni berturut-turut 194,53 MPa, 225,38 MPa, dan 263,75 MPa. *Displacement* yang terjadi berturut-turut yakni sebesar 9,2517 mm, 11,679 mm, dan 12,287 mm. Faktor keamanan minimum yang didapatkan berturut-turut sebesar 2,121, 1,8307, 1,5643. Posisi yang mendapatkan tegangan maksimum paling besar dilakukan optimasi menggunakan metode topologi dengan material yang berbeda yaitu AISI 4340 karena memiliki *tensile yield strength* yang signifikan lebih besar daripada AISI 4140. Hasil optimasi yang didapatkan untuk tegangan maksimum yang terjadi sebesar 456,33 MPa dan telah mereduksi massa *bucket* sebesar 33,68% menjadi 3582,757 kg. Tegangan yang terjadi masih dibawah kekuatan luluh material AISI 4340, sehingga dianggap aman.

Kata Kunci : (*bucket hydraulic excavator*, metode elemen hingga, optimasi topologi)

TOPOLOGY OPTIMIZATION DESIGN OF AN BUCKET
HYDRAULIC EXCAVATOR CAPACITY 0,9 m³
WITH A SIMULATION APPROACH

Fakhri Nur Arifin

ABSTRACT

Hydraulic excavator is a heavy vehicle commonly used in construction work. The hydraulic excavator bucket construction must be strong enough to perform heavy work reliably. Optimization of the bucket design is carried out to obtain the best shape to reduce weight without affecting the strength of the structure of a component using the topology method. Analysis using Ansys Workbench R1 software. The material used is AISI 4140. The maximum stress results obtained were 194.53 MPa, 225.38 MPa, and 263.75 MPa, respectively. Displacement that occurred successively was 9.2517 mm, 11.679 mm, and 12.287 mm. The minimum safety factors obtained consecutively were 2.121, 1.8307, 1.5643. The position that gets the most maximum stress is optimized using a topology method with a different material, namely AISI 4340 because it has a significant tensile yield strength greater than AISI 4140. The optimization results obtained for the maximum stress that occurred were 456.33 MPa and had reduced the bucket mass by 33,68% to 3582,757 kg. The stress that occurs is still below the yield strength of the AISI 4340 material, so it is considered safe.

Keyword : (hydraulic excavator bucket , finite element method, topology optimization)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kita sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Optimasi Topologi Pada Desain *Bucket Hydraulic Excavator* Kapasitas 0,9 m³ dengan Pendekatan Simulasi**”.

Skripsi ini dibuat dalam rangka memenuhi persyaratan akademis untuk memperoleh gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terwujud dengan baik dengan bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak baik secara langsung dan tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini pula penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Allah Yang Maha Esa atas karunia dan petunjuk-Nya, penulis telah dimampukan untuk sampai pada titik saat ini.
2. Kedua orang tua penulis, Bapak Sujadi dan Ibu Sri Rahayu yang senantiasa selalu mendoakan di setiap waktunya, memberikan nasihat, serta telah membiayai segala sesuatunya hingga saat ini sehingga menjadi semangat bagi penulis untuk tetap melangkah sampai titik akhir.
3. Sanak saudara dan keluarga besar yang ikut serta dalam membantu penulis melalui dukungan moril dan materil.
4. Kekasih hati penulis, Zhafirah Zhafarina yang selalu mendukung dan memberikan semangat di setiap waktu hingga sampai saat ini.
5. Bapak Ir. Mohammad Galbi, M.T dan Bapak Armansyah, S.T., M.Sc., M. Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah bersedia membantu dan meluangkan waktu, serta memberikan arahan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan baik.
6. Bapak Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri, S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng. selaku Kepala Program Studi S1 Teknik Mesin sekaligus dosen pembimbing akademik, beserta segenap dosen serta karyawan Fakultas Teknik yang bersedia membagi pengetahuan dan pengalaman kepada penulis selama masa perkuliahan.

7. Rekan-rekan seperjuangan Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta khususnya rekan angkatan 2019.
8. Semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap semoga Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Jakarta, 5 November 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Hydraulic Excavator.....	8
2.3 <i>Bucket</i>	9
2.4 Beban.....	11

2.5 Analisis Statik	12
2.6 Teori Kegagalan	16
2.7 Optimasi Topologi	17
2.8 Metode Elemen Hingga.....	17
2.8.1 Tipe Elemen	20
2.8.2 Panduan <i>Meshing</i>	20
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	24
3.1 Diagram Alir Penelitian	24
3.2 Studi Literatur	25
3.3 Variabel Penelitian	25
3.4 Variasi Penelitian	25
3.5 Model Material.....	26
3.6 Analisis Statik <i>Bucket</i>	28
3.6.1 Analisis Statik pada Posisi Kedalaman Penggalian Maksimum	28
3.6.2 Analisis Statik pada Posisi Kedalaman Penggalian Vertikal Maksimum	30
3.6.3 Analisis Statik pada Posisi Jangkauan Terjauh di Permukaan Tanah..	32
3.7 Simulasi <i>Bucket</i> dengan Metode Elemen Hingga	34
3.7.1 Model <i>Bucket</i> Hydraulic Excavator	35
3.7.2 Langkah Awal	36
3.7.3 Tahap <i>Meshing</i>	36
3.7.4 Menentukan <i>Boundary Condition</i> dan Pembebanan.....	38
3.8 Proses Optimasi Desain <i>Bucket</i>	39
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Hasil Tegangan Maksimum pada <i>Bucket</i>	41
4.2 Hasil <i>Displacement</i> pada <i>Bucket</i>	42

4.3 Hasil Faktor Keamanan pada <i>Bucket</i>	44
4.4 Analisis Tegangan Maksimum pada <i>Bucket</i>	45
4.5 Analisis <i>Displacement</i> pada <i>Bucket</i>	47
4.6 Analisis Faktor Keamanan pada <i>Bucket</i>	49
4.7 Hasil Simulasi pada <i>Bucket</i> Setelah Optimasi	50
4.8 Analisis Hasil Simulasi pada <i>Bucket</i> Setelah Optimasi	52
4.9 Model <i>Bucket Hydraulic Excavator</i> Setelah Optimasi	55
BAB 5 PENUTUP	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Hydraulic Excavator</i> tipe PC-160.....	8
Gambar 2.2 <i>Bucket Excavator</i>	10
Gambar 2.3 Beban Terpusat.....	11
Gambar 2.4 Beban Merata	12
Gambar 2.5 Konsep Tegangan.....	12
Gambar 2.6 Konsep Regangan.....	13
Gambar 2.7 Grafik Tegangan Regangan Material Ulet (<i>ductile</i>).....	14
Gambar 2.8 <i>Rejection Ratio</i> (RR)	17
Gambar 2.9 Contoh <i>Mesh</i> pada Metode Elemen Hingga (Wicaksana, 2016)	18
Gambar 2.10 Elemen pada Batang 1 Dimensi	19
Gambar 2.11 Tipe Elemen Dasar	20
Gambar 2.12 (a) Geometri pelat, dan (b) <i>mesh</i> elemen hingga	20
Gambar 2.13 Grafik persentase kesalahan terhadap jumlah elemen pada <i>mesh</i> (Wicaksana, 2016).....	21
Gambar 2.14 Persentase kesalahan dengan urutan elemen yang berbeda (Wicaksana, 2016).....	22
Gambar 2.15 Grafik waktu komputasi terhadap jumlah elemen pada berbagai jenis elemen (Wicaksana, 2016).....	22
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3.2 Jangkauan Penggalan <i>Hydraulic Excavator</i>	26
Gambar 3.3 Diagram Benda Bebas Posisi 1	28
Gambar 3.4 Diagram Benda Bebas Posisi 2	30
Gambar 3.5 Diagram Benda Bebas Posisi 3	32
Gambar 3.6 Tampilan <i>user interface Ansys Workbench R1 – Static Structural</i> ...	34
Gambar 3.7 Gambar Kerja <i>Bucket Hydraulic Excavator</i>	35
Gambar 3.8 Menu Material	36
Gambar 3.9 Hasil <i>Mesh Convergent Test</i> ; (a) <i>Element Size</i> 25 mm, (b) <i>Element Size</i> 20 mm, (c) <i>Element Size</i> 15 mm	37
Gambar 3.10 Klasifikasi Kualitas <i>Mesh</i> berdasarkan <i>Skewness</i> (Mesh, 2009).....	38
Gambar 3.11 Kondisi Batas dan Pembebanan <i>Bucket</i>	39
Gambar 3.12 Desain Variabel	40

Gambar 4.1 Hasil Tegangan Maksimum pada Posisi Kedalaman Penggalian Maksimum	41
Gambar 4.2 Hasil Tegangan Maksimum pada Posisi Kedalaman Penggalian Vertikal Maksimum	42
Gambar 4.3 Hasil Tegangan Maksimum pada Posisi Jangkauan Terjauh di Permukaan Tanah.....	42
Gambar 4.4 Hasil <i>Displacement</i> pada Posisi Kedalaman Penggalian Maksimum	43
Gambar 4.5 Hasil <i>Displacement</i> pada Posisi Kedalaman Penggalian Vertikal Maksimum	43
Gambar 4.6 Hasil <i>Displacement</i> pada Posisi Jangkauan Terjauh di Permukaan Tanah.....	43
Gambar 4.7 Hasil Faktor Keamanan pada Posisi Kedalaman Penggalian Maksimum	44
Gambar 4.8 Hasil Faktor Keamanan pada Posisi Kedalaman Penggalian Vertikal Maksimum	44
Gambar 4.9 Hasil Faktor Keamanan pada Posisi Jangkauan Terjauh di Permukaan Tanah.....	45
Gambar 4.10 Diagram Perbandingan Tegangan Maksimum terhadap Variasi Penelitian.....	47
Gambar 4.11 Diagram Perbandingan <i>Displacement</i> terhadap Variasi Penelitian.	48
Gambar 4.12 Diagram Perbandingan Faktor Keamanan terhadap Variasi Penelitian	50
Gambar 4.13 Hasil Simulasi <i>Bucket</i> Setelah Optimasi; (a) Tegangan Maksimum, (b) <i>Displacement</i> , (c) Faktor Keamanan	51
Gambar 4.14 Perbandingan Desain Fakhri Nur Arifin dengan Desain Rahman et al., 2022.....	53
Gambar 4.15 Perbedaan desain <i>constraint</i> ; (a) Rahman et al., 2022 (b) Fakhri Nur Arifin.....	54
Gambar 4.16 Gambar Kerja <i>Bucket Hydraulic Excavator</i> Setelah Optimasi	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tipe-tipe Pembebanan.....	11
Tabel 2.2 Faktor Keamanan yang Disarankan	15
Tabel 3.1 Besaran Sudut Tiap-tiap Posisi	26
Tabel 3.2 Material <i>Properties</i> AISI 4140 dan AISI 4340.....	27
Tabel 3.3. <i>Surface Vehicle Standards – Hydraulic Excavator and Backhoe Digging Forces</i>	28
Tabel 3.4 Hasil <i>Mesh Convergent Test</i>	37
Tabel 4.1 Data Tegangan Maksimum <i>Bucket Hydraulic Excavator</i>	46
Tabel 4.2 Data <i>Displacement Bucket Hydraulic Excavator</i>	48
Tabel 4.3 Data Faktor Keamanan <i>Bucket Hydraulic Excavator</i>	49