



**OPTIMASI DESAIN *COUNTER LEVER* PADA *GRAB*
BUCKET KAPASITAS 21 M³ (50 SIKLUS/JAM)
TERHADAP KETAHANAN LELAH**

SKRIPSI

GEMA CENTRA ADIN

1910311017

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2023



**OPTIMASI DESAIN *COUNTER LEVER* PADA *GRAB*
BUCKET KAPASITAS 21 M³ (50 SIKLUS/JAM)
TERHADAP KETAHANAN LELAH**

SKRIPSI

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

GEMA CENTRA ADIN

1910311017

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2023

PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Gema Centra Adin

NPM : 1910311017

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : OPTIMASI DESAIN COUNTER LEVER PADA GRAB
BUCKET DENGAN KAPASITAS $21M^3$ (50
SIKLUS/JAM) TERHADAP KETAHANAN LELAH

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.



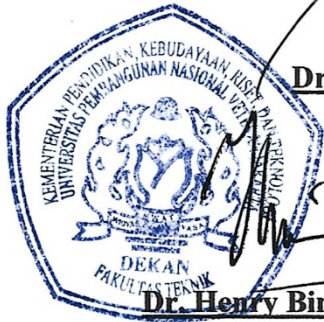
Fitri Wahyuni, S.Si., M.Eng.

Penguji Utama



Dr. James Julian, S.T., M.T.

Penguji Lembaga



Dr. Henry Binsar Hamonangan Sitorus, S.T., M.T.

Dekan Teknik



Ir. Mohammad Galbi, M.T

Penguji 1 (Pembimbing)



Fahrudin, S.T., M.T.

Ka. Prodi Teknik Mesin

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 6 Juni 2023

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Gema Centra Adin

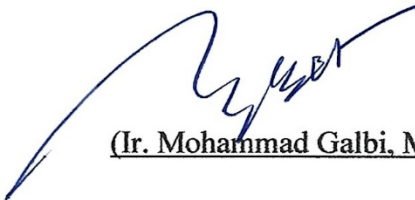
NPM : 1910311017

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : OPTIMASI DESAIN COUNTER LEVER PADA GRAB
BUCKET DENGAN KAPASITAS $21 M^3$ (50
SIKLUS/JAM) TERHADAP KETAHANAN LELAH

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.

Dosen Pembimbing 1



(Ir. Mohammad Galbi, M.T.)

Dosen Pembimbing 2



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

Jakarta, 3 Juli 2023

Mengetahui,

Ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin



(Fahrudin, S.T., M.T.)

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Gema Centra Adin

NIM : 1910311017

Program Studi : S-1 Teknik Mesin

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

Jakarta, 3 Juli 2023

Yang menyatakan,



(Gema Centra Adin)

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

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

Nama : Gema Centra Adin
NIM : 1910311017
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 Rights) atas karya ilmiah saya yang
berjudul :

Optimasi Desain *Counter Lever* Pada *Grab Bucket* Kapasitas 21 m³ (50
Siklus/Jam) Terhadap Ketahanan Lelah

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
mengaplikasikan proposal saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai
penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada Tanggal : 3 Juli 2023

Yang Menyatakan


(Gema Centra Adin)

OPTIMASI DESAIN *COUNTER LEVER* PADA *GRAB BUCKET* KAPASITAS 21 M³ (50 SIKLUS/JAM) TERHADAP KETAHANAN LELAH

Gema Centra Adin

ABSTRAK

Ship unloader berfungsi memindahkan tumpukan batu bara dari kapal tongkang ke daratan. Penggunaan berkepanjangan dapat mempengaruhi sifat mekanik *ship unloader*. Berdasarkan data lapangan kerusakan yang paling sering terjadi ialah pada *grab bucket* berupa deformasi hingga kegagalan patah pada *counter lever*. Optimasi dilakukan dengan tujuan meningkatkan umur lelah *counter lever* serta mempermudah proses pemeliharaan *counter lever* ketika terjadi kerusakan. Proses optimasi didukung oleh analisis melalui perangkat lunak Ansys Workbench R1 menggunakan material *existing* AISI 1020. Hasil analisis menggunakan beban maksimum ialah berupa tegangan maksimum *counter lever*, faktor keamanan, dan umur lelah berturut-turut senilai 549,87 MPa, 0,76381, 0 siklus. Penambahan *ring* menggunakan variasi material baru AISI 4130 dan AISI 4340 pada bagian *pin* dengan penyambungan las titik sebagai solusi meningkatkan umur lelah. Variasi material tersebut dipilih karena memiliki kekuatan *ultimate* lebih tinggi dan memiliki karakteristik yang sama (*Low Carbon Steel*). Hasil analisis setelah optimasi dengan *ring* 40 mm material AISI 4340 dipilih karena mendapatkan peningkatan umur $\geq 1.000.000$ siklus tanpa mengurangi umur komponen lainnya. Dengan peningkatan faktor keamanan menjadi 1,2799 maka hasil optimasi dinyatakan aman.

Kata Kunci: *grab bucket*, *counter lever*, optimasi desain, umur lelah

COUNTER LEVER DESIGN OPTIMIZATION FOR 21 M³ GRAB BUCKET CAPACITY (50 CYCLES/HOUR) TO FATIGUE RESISTANCE

Gema Centra Adin

ABSTRACT

Ship unloader has the function of moving piles of coal from barges to land. Prolonged use may affect the mechanical properties of the ship unloader. Based on field data, the most frequent damage is to the grab bucket in the form of deformation and failure to break the counter lever. Optimization is carried out with the aim of increasing the fatigue life of the counter lever and facilitating the counter lever maintenance process when damage occurs. The optimization process is supported by analysis using the Ansys Workbench R1 software using the existing AISI 1020 material. The results of the analysis using the maximum load are the counter lever maximum stress, pin maximum stress, safety factor, and fatigue life respectively of 537,6 MPa, 418,48 MPa, 0,65104, 70.312 cycles. The addition of the ring uses a variety of new materials AISI 4130 and AISI 4340 on the pin with a spot weld connection as a solution to increase the safety factor. This variation of material was chosen because it has higher ultimate strength and has the same characteristics (Low Carbon Steel). The results of the analysis after optimization with 40 mm ring material AISI 4340 were chosen because they get an increase in life of $\geq 1,000,000$ cycles without reducing the life of other components. With an increase in the safety factor to 1.2799, the optimization results are declared safe.

Keywords: *grab bucket, counter lever, design optimization, fatigue life*

KATA PENGANTAR

Kepada Allah SWT puji dan syukur penulis panjatkan yang telah melimpahkan karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Optimasi Desain *Counter Lever* Pada *Grab Bucket* Kapasitas 21 M³ (50 Siklus/Jam) Terhadap Ketahanan Lelah”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat akademis untuk memperoleh gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta. Penulis dapat mewujudkan skripsi ini dengan baik berkat bimbingan, bantuan, dan dorongan dari berbagai pihak baik secara langsung dan tidak langsung.

Dalam Kesempatan ini pula penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak. M.Sukri dan Almh. Ibu Yulianti yang senantiasa memberikan dukungan terbaiknya berupa materi, moral dan doa dalam setiap waktunya, serta yang selalu menjadi alasan untuk tetap melanjutkan hal yang telah penulis mulai.
2. Saudara kandung penulis Aris Tiar Purnama, Mega Apriana, dan Popy Tiara Yuliana yang turut mendukung penulis melalui bantuan moral dan materi.
3. Pendamping penulis Putri Alika yang telah dengan tulus membantu dan mendukung penulis untuk terus berjuang menyelesaikan skripsi ini.
4. Rekan-rekan satu perjuangan Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta khususnya angkatan tahun 2019 yang senantiasa memberikan dukungan moral dan materi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.
5. Bapak Ir. Mohammad Galbi, M.T. dan Bapak Muhammad Arifudin Lukmana, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing sekaligus pembimbing akademis yang telah bersedia membantu dan meluangkan waktu, memberikan arahan hingga nasihat untuk penulis agar dapat menyelesaikan penelitian dengan baik.
6. Bapak Fahrudin S.T, M.T. selaku Kepala Prodi Teknik Mesin, beserta segenap dosen dan karyawan Fakultas Teknik yang bersedia memberi pengalaman dan pengetahuan kepada penulis.

7. Dosen-dosen dan pejabat Fakultas Teknik UPN “Veteran” Jakarta.
8. Semua pihak lain yang telah turut membantu kelancaran penyusunan skripsi dan kuliah yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua di kedepannya kelak.

Jakarta, 26 Mei 2023

Penulis,

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 <i>Ship Unloader</i>	5
2.2 <i>Grab Bucket</i>	7
2.3 Analisis Statik.....	9
2.3.1 Tegangan	9
2.3.2 Faktor Keamanan	10

2.3.3 Kekuatan Luluh Material	11
2.3.4 Von Mises (<i>Maximum Distortion Energy Theory</i>)	11
2.4 <i>Fatigue</i> dan Batas Lelah	12
2.4.1 Kurva S-N	14
2.4.2 Hubungan Batas Lelah dan Tegangan <i>Ultimate</i> Material	15
2.4.3 Konsentrasi Tegangan.....	16
2.5 Metode Elemen Hingga	16
2.5.1 Jenis elemen	17
2.5.2 <i>Meshing</i>	18
2.5.3 Kontak	19
2.6 Pembebanan.....	20
2.6.2 Gaya pada <i>grab bucket</i>	20
2.7 Material.....	22
2.7.1 Material <i>existing</i>	22
2.7.2 Material optimasi.....	23
BAB 3 METODE PENELITIAN	26
3.1 Pemodelan Desain Awal.....	27
3.2 Besar Gaya dan Siklus Lelah.....	28
3.2.1 Nilai dan Arah Gaya <i>Grab Bucket</i>	28
3.2.2 Siklus Lelah.....	29
3.3 Simulasi Statis dan <i>Fatigue</i>	30
3.3.1 <i>Input</i> Material.....	30
3.3.2 <i>Meshing</i>	31
3.3.3 Menentukan Kondisi Batas	33
3.4 <i>Optimasi</i> Geometri dan Material	34

3.4.1 Penentuan Material Baru.....	34
3.4.2 Penentuan Desain Baru	34
3.4.3 Penentuan Batasan Desain	35
3.4.4 Simulasi.....	35
3.5 Kesimpulan	35
BAB 4 PEMBAHASAN DAN HASIL PENELITIAN	36
4.1 Hasil Simulasi Statis dan <i>Fatigue Counter Lever</i>	36
4.2 Analisis Hasil Simulasi Statis dan <i>Fatigue Counter Lever</i>	37
4.3 <i>Optimasi</i> Desain <i>Counter Lever</i>	38
4.3.1 Hasil simulasi statis dan <i>fatigue counter lever</i> dengan <i>ring</i> 40 mm AISI 4130.....	39
4.3.2 Hasil simulasi statis dan <i>fatigue counter lever</i> dengan <i>ring</i> 44 mm AISI 4130.....	40
4.3.3 Hasil simulasi statis dan <i>fatigue counter lever</i> dengan <i>ring</i> 40 mm AISI 4340.....	41
4.3.4 Hasil simulasi statis dan <i>fatigue counter lever</i> dengan <i>ring</i> 44 mm AISI 4340.....	42
4.4 Analisis Hasil Simulasi Statis dan <i>Fatigue Counter Lever</i> Setelah <i>Optimasi</i>	44
BAB 5 PENUTUP.....	46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Ship Unloader</i> (Nugraha et al., 2016)	5
Gambar 2. 2 <i>Grab Bucket</i>	7
Gambar 2. 3 <i>Counter Lever</i> dan <i>Pulley open/close</i> bagian bawah	8
Gambar 2. 4 <i>Counter Lever</i> dengan <i>deformasi</i> pada lubang pin.....	9
Gambar 2. 5 Diagram Tegangan dan Regangan (Khurmi, 2000)	11
Gambar 2. 6 Diagram tegangan siklik (William D. Callister and Rethwisch, 2008)	13
Gambar 2. 7 Kurva S-N (Homan, 2018)	14
Gambar 2. 8 Kurva <i>Endurance Limit</i> Terhadap <i>Tensile Strength</i> (Mlikota dan Schmauder, 2020).....	16
Gambar 2. 9 Konsentrasi Tegangan(Khurmi, 2000).....	16
Gambar 2. 10 Perbandingan hasil pendekatan metode elemen hingga (Ioannis, James and Christopher, 2018)	17
Gambar 2. 11 Elemen yang umum digunakan (Daryl L, 2007).....	18
Gambar 2. 12 Variasi Ukuran <i>Mesh</i> (David V, 2004)	19
Gambar 2. 13 Parameter kualitas <i>mesh</i> (Fatchurrohman and Chia, 2017).....	19
Gambar 2. 14 <i>Grab bucket</i> dalam posisi terbuka dan tertutup (Cotrumbă dan Pintilie, 2018).....	21
Gambar 2. 15 Kurva S-N untuk material AISI 1020 dan material lain (Bader, 2018)	23
Gambar 2. 16 Kurva S-N material AISI 4130 (Kim, Lee and Choi, 2014)	24
Gambar 2. 17 Kurva S-N material AISI 4340 (Nascimento et al., 2001)	25
Gambar 3. 1 Diagram Alir	26
Gambar 3. 2 Pemodelan desain awal <i>counter lever</i>	27
Gambar 3. 3 Pemodelan desain awal <i>grab bucket</i>	27
Gambar 3. 4 <i>Grab bucket</i> dalam posisi terbuka dan tertutup.....	28
Gambar 3. 5 Tampilan awal <i>software</i> Ansys Workbench R1	30
Gambar 3. 6 <i>Engineering data source</i> pada <i>software</i> Ansys Workbench R1	31
Gambar 3. 7 Uji konvergensi <i>meshing counter lever</i> ; (a) Ukuran elemen 30 mm, (b) Ukuran elemen 25 mm, (c) Ukuran elemen 20 mm, (d) Ukuran elemen 15 mm.....	32

Gambar 3. 8 Kondisi batas simulasi statik <i>counter lever</i>	34
Gambar 4. 1 Kurva tegangan pada <i>counter lever</i> berdasarkan rasio.....	36
Gambar 4. 2 Hasil simulasi nilai tegangan maksimum <i>counter lever</i> dengan kondisi beban maksimum.....	36
Gambar 4. 3 Hasil simulasi nilai faktor keamanan <i>counter lever</i> dengan kondisi beban maksimum.....	37
Gambar 4. 4 Hasil simulasi nilai umur siklus <i>counter lever</i> dengan kondisi beban maksimum	37
Gambar 4. 5 Gambaran optimasi <i>counter lever</i>	38
Gambar 4. 6 Tegangan maksimum setelah optimasi <i>ring counter lever</i> ukuran 40 mm AISI 4130	39
Gambar 4. 7 Faktor keamanan setelah optimasi <i>ring counter lever</i> ukuran 40 mm AISI 4130	39
Gambar 4. 8 Umur lelah setelah optimasi <i>ring counter lever</i> ukuran 40 mm AISI 4130.....	40
Gambar 4. 9 Tegangan maksimum setelah optimasi <i>ring counter lever</i> ukuran 44 mm AISI 4130.....	40
Gambar 4. 10 Faktor keamanan setelah optimasi <i>ring counter lever</i> ukuran 44 mm AISI 4130	41
Gambar 4. 11 Umur lelah setelah optimasi <i>ring counter lever</i> ukuran 44 mm AISI 4130.....	41
Gambar 4. 12 Tegangan maksimum setelah optimasi <i>ring counter lever</i> ukuran 40 mm AISI 4340.....	42
Gambar 4. 13 Faktor keamanan setelah optimasi <i>ring counter lever</i> ukuran 40 mm AISI 4340	42
Gambar 4. 14 Umur lelah setelah optimasi <i>ring counter lever</i> ukuran 40 mm AISI 4340.....	42
Gambar 4. 15 Tegangan maksimum setelah optimasi <i>ring counter lever</i> ukuran 44 mm AISI 4340.....	43
Gambar 4. 16 Faktor keamanan setelah optimasi <i>ring counter lever</i> ukuran 44 mm AISI 4340	43

Gambar 4. 17 Umur lelah setelah optimasi *ring counter lever* ukuran 44 mm AISI
4340..... 43

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jenis <i>bucket</i> berdasarkan massa jenis muatan dan kapasitas	7
Tabel 2. 2 Perbandingan antara 5 kontak pada Ansys Workbench R1	20
Tabel 2. 3 <i>Properties</i> mekanis material AISI 1020.....	22
Tabel 2. 4 <i>Properties</i> mekanis material AISI 4130.....	23
Tabel 2. 5 <i>Properties</i> mekanis material AISI 4340.....	24
Tabel 3. 1 Perbandingan ukuran elemen dengan <i>skewness counter lever</i>	33
Tabel 4. 1 Perbandingan hasil simulasi <i>counter lever existing</i> dan setelah optimasi	45