



TUGAS AKHIR AB-1956 409

**PERENCANAAN DESAIN ALAT BANTU PEMEGANG
SERTA PENGANGKAT RODA *UNIT BACKHOE*
*LOADER 416F2***

Oleh:

Luqman Arif

NRP. 33212301009

Dosen pembimbing 1

Misbakhul Fatah, S.T., M.T

Dosen Pembimbing 2

Annafiyah, S.Si., M.T

**PRODI D3 TEKNIK MESIN ALAT BERAT
JURUSAN REKAYASA MESIN DAN INDUSTRI
POLITEKNIK NEGERI MADURA
2026**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Luqman Arif
NRP : 33212301009
Program Studi : Teknik Mesin Alat Berat
Jurusan : Rekayasa Mesin Dan Industri
Tahun Akademik : 2025/2026

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir saya dengan judul **Perencanaan Desain Alat Bantu Pemegang Serta Pengangkat Roda Pada Unit Backhoe Loader 416F2** adalah original, belum pernah dibuat oleh pihak lain, dan bebas dari plagiarisme.

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

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenarbenarnya.

Sampang, 27-29 juli 2026

: menyatakan,



Luqman Arif

NRP: 332123010009

LEMBAR PENGESAHAN

Perencanaan Desain Alat Bantu Pemegang Serta Pengangkat Roda Pada *Unit Backhoe Loader 416F2*

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Ahli Madya Teknik (A.Md. T.)

Pada

Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri
Program Studi Teknik Mesin Alat Berat
Politeknik Negeri Madura

Oleh:

Luqman Arif

NRP: 33212301009

Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 28 juli 2026
dan telah sesuai dengan ketentuan.

Disetujui Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Misbakhul Fatah, S.T., M.T..... (Pembimbing I)
2. Annafiyah, S.Si., M.T..... (Pembimbing II)
3. Mohammad Anas Fikri, S.T., M.T..... (Penguji I)
4. Laily Ulfiyah, M.T..... (Penguji II)
5. Dr. Anton Nugroho, S.T., M.T.... (Penguji III)

SAMPANG

29 Juli 2026

**LEMBAR PERSETUJUAN
TUGAS AKHIR**

Judul Tugas Akhir : Perencanaan Desain Alat Bantu
Pemegang Serta Pengangkat Roda *Unit*
Backhoe Loader 416F2

Penulis : Luqman Arif

NRP : 33212301009

Program Studi : D3 Teknik Mesin Alat Berat

Jurusan : Rekayasa Mesin dan Industri

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui untuk disidangkan.
Ditandatangani di Politeknik Negeri madura.

Menyetujui,

Pembimbing I,



Misbakhul Fatah, S.T., M.T.
NIPPPK. 197811262021211003

Pembimbing II,



Annafiyah, S.Si., M.T.
NIP. 19870907201903011

Koordinator Program Studi
D3 Teknik Mesin Alat Berat



Mohammad Anas Fikri, S.T., M.T.
NIPPPK. 197705222021211005

Koordinator TA
D3 Teknik Mesin Alat Berat



Faizatur Rohmah, S.Si., M.Si.
NIPPPK. 199006062024212053

**PERENCANAAN DESAIN ALAT BANTU PEMEGANG
SERTA PENGANGKAT RODA *UNIT BACKHOE LOADER*
416F2**

Nama	: Luqman Arif
NRP	: 33212301009
Dosen Pembimbing 1	: Misbakhul Fatah, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing 2	: Annafiyah, S.Si., M.T.

ABSTRAK

Proses pelepasan dan pemasangan roda pada *unit Backhoe Loader* 416F2 memiliki risiko keselamatan kerja karena massa roda belakang mencapai 175 kg, sehingga diperlukan alat bantu untuk mempermudah proses *remove-install*. Tugas akhir ini bertujuan merencanakan desain alat bantu pemegang serta pengangkat roda yang mampu mendukung proses pelepasan dan pemasangan roda secara aman, efektif, dan ergonomis. Perancangan dilakukan menggunakan *SolidWorks* 2023 dengan mekanisme ulir trapesium Tr 25×5 sebagai sistem pengangkat dan penjepit roda. Analisis kekuatan dilakukan melalui metode *Finite Element Analysis* (FEA) untuk mengetahui tegangan dan defleksi pada konstruksi alat, serta didukung dengan perhitungan manual momen dan torsi pada mekanisme ulir. Hasil simulasi menunjukkan tegangan kerja maksimum sebesar 122,8 MPa dan defleksi maksimum sebesar 2 mm. Nilai tersebut masih berada di bawah tegangan izin material sebesar 227 MPa dan defleksi izin sebesar 2,8 mm. Perhitungan manual menghasilkan momen maksimum sebesar 881,98 Nm dan torsi pemutar ulir sebesar 17,65 Nm. Berdasarkan pengujian alat, diperoleh defleksi rata-rata sebesar 0,46 mm. Hasil analisis dan pengujian menunjukkan bahwa desain alat bantu memenuhi kriteria kekuatan dan keamanan sehingga layak digunakan untuk menunjang proses *remove-install* roda *Backhoe Loader* 416F2. IKA disusun sebagai pedoman pengoperasian, keselamatan kerja, dan perawatan alat.

Kata Kunci: *Backhoe Loader* 416F2, alat bantu pemegang dan pengangkat roda, *SolidWorks*, momen, torsi, defleksi, IKA.

***DESIGN PLANNING FOR THE 416F2 BACKHOE LOADER
UNIT'S WHEEL HOLDER AND LIFTING DEVICE***

Name : Luqman Arif
NRP : 33212301009
Supervisor 1 : Misbakhul Fatah, S.T., M.T.
Supervisor 2 : Annafiyah, S.Si., M.T.

ABSTRACT

The removal and installation of wheels on the Backhoe Loader 416F2 pose occupational safety risks due to the rear wheel mass of 175 kg. Therefore, an auxiliary tool is required to facilitate the wheel removal and installation process. This final project aims to design a wheel holding and lifting aid that can support the removal and installation process safely, effectively, and ergonomically. The design was developed using SolidWorks 2023, incorporating a Tr 25×5 trapezoidal thread mechanism as the wheel lifting and clamping system. Strength analysis was performed using the Finite Element Analysis (FEA) method to determine the stress and deflection of the tool structure, supported by manual calculations of moment and torque in the thread mechanism. The simulation results showed a maximum working stress of 122.8 MPa and a maximum deflection of 2 mm. These values remain below the allowable material stress of 227 MPa and the allowable deflection of 2.8 mm. Manual calculations resulted in a maximum moment of 881.98 Nm and a thread turning torque of 17.65 Nm. Based on tool testing, an average deflection of 0.46 mm was obtained. The analysis and testing results indicate that the auxiliary tool design meets the strength and safety criteria and is therefore feasible for supporting the wheel removal and installation process of the Backhoe Loader 416F2. The IKA was developed as a guideline for tool operation, occupational safety, and maintenance.

Keywords: Backhoe Loader 416F2, wheel holding and lifting aid, SolidWorks, moment, torque, deflection, IKA.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kekuatan, kemampuan, dan kesabaran kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul **“PERENCANAAN DESAIN ALAT BANTU PEMEGANG SERTA PENGANGKAT RODA *UNIT BACKHOE LOADER 416F2*”**.

Terwujudnya proposal tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan pihak yang telah mendorong dan membimbing penulis, baik tenaga, ide-ide, maupun pemikiran. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Laily Ulfyah, M.T. Direktur Politeknik Negeri Madura.
2. Yth. Bapak Mohammad Anas Fikri, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri, Prodi D3 Teknik Mesin Alat Berat
3. Yth. Bapak Amin Jakfar, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan.
4. Yth. Ibu Faizatur Rohmah, S.Si., M.Si. selaku koordinator Tugas Akhir Politeknik Negeri Madura.
5. Yth. Bapak Misbakhul Fatah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1 sekaligus dosen wali yang senantiasa memberikan kritik, saran dan masukan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.

6. Yth. Ibu Annafiyah, S.Si., M.T. Selaku dosen pembimbing 2 yang senantiasa memberikan kritik, saran dan masukan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
7. Kepada kedua orang tua saya bapak Sulaiman dan ibu Mufidah. Terima kasih atas segala pengorbanan dan tulus kasih sayang yang telah diberikan kepada saya. Beliau memang tidak sempat merasakan pendidikan dibangku perkuliahan, namun mereka mampu senantiasa memberikan yang terbaik, tak kenal lelah mendoakan serta memberikan perhatian dan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Kepada seseorang yang tak kalah penting kehadirannya, Selvi Agustin. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidup penulis. Berkontribusi banyak dalam penyusunan tugas akhir ini, baik tenaga, pikiran, waktu, maupun materi.
9. Teman-teman Teknik Mesin Alat Berat atas dukungannya dan saran yang telah diberikan.
Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam tugas akhir ini. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk tugas akhir ini.

Sampang, 29 Juli 2026

Luqman Arif
NRP. 33212301009

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Sebelumnya	7
2.2 Teori Dasar Tentang Keterkaitan Mata Kuliah	11
2.3 Alat Pemegang Serta Pengangkat	12
2.3.1 Mekanisme Pengangkat	12
2.3.2 Mekanisme Pemegang	13
2.3.3 Ulir Trapesium	13
2.3.4 <i>Bearing</i>	14
2.3.5 <i>Roller</i>	15

2.4 Karakteristik Roda <i>Backhoe Loader 416F2</i>	16
2.5 Baja ASTM A36	18
2.6 Perhitungan Torsi Pemutar	19
2.7 Konsep Keseimbangan dan Gaya Momen	19
2.7.1 Tumpuan	20
2.8 Tegangan Ijin	21
2.9 Defleksi	22
2.10 Perhitungan Ulir Trapesium	22
2.11 Faktor Keamanan (<i>Safety Factor</i>)	23
2.12 Instruksi Kerja Alat (IKA)	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Diagram Alir Penelitian	25
3.2 Alat dan Bahan	28
3.2.1 Alat	28
3.2.2 Bahan	28
3.3 Desain dan Cara Kerja	29
3.4 Prosedur Pembuatan	30
3.5 Prosedur Simulasi	31
BAB IV HASIL & PEMBAHASAN	33
4.1 Desain Alat Bantu Pemegang Serta Pengangkat Roda <i>Backhoe Loader 416F2</i>	33
4.1.1 Hasil Pengujian Tarik	33
4.1.2 Analisis Keseimbangan	34
4.1.3 Analisis Kekuatan Struktur	38
4.1.4 Hasil Simulasi Tegangan <i>Von Mises</i>	39
4.1.5 Hasil <i>Displacement</i>	40
4.1.6 Pemilihan Ulir Trapesium	41
4.1.7 Perhitungan Torsi Pemutar	43

4.1.8 Hasil Pengujian Alat	44
4.2 Intruksi Kerja Alat (IKA).....	47
4.2.1 Prosedur Pengoperasian	48
4.2.2 Keselamatan Kerja.....	49
4.2.3 Perawatan Alat	49
4.2.4 Hasil Instruksi Kerja Alat.....	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN.....	57
BIODATA PENULIS.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi material ASTM A36	19
Tabel 4. 1 Hasil pengambilan data.....	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	<i>Jib crane</i>	7
Gambar 2. 2	<i>Screw jack</i>	8
Gambar 2. 3	<i>Crane portable</i>	10
Gambar 2. 4	Alat Bantu <i>Remove install</i>	11
Gambar 2. 5	Ulr trapesium	14
Gambar 2. 6	<i>Bearing</i>	15
Gambar 2. 7	<i>Roller</i>	16
Gambar 2. 8	Roda depan	17
Gambar 2. 9	Roda belakang	17
Gambar 2. 10	Pengambilan data.....	18
Gambar 2. 11	Pengambilan data.....	18
Gambar 2. 12	Tumpuan <i>roll</i>	20
Gambar 2. 13	Tumpuan sendi.....	21
Gambar 2. 14	Tumpuan jepit.....	21
Gambar 2. 15	<i>Displacement</i>	22
Gambar 3. 1	Diagram alir penelitian	25
Gambar 3. 2	Gambar 2D	27
Gambar 3. 3	Desain alat	29
Gambar 4. 1	Hasil Pengujian Tarik.....	34
Gambar 4. 2	Reaksi tumpuan	35
Gambar 4. 3	Diagram Gaya Geser.....	37
Gambar 4. 4	Diagram momen	37
Gambar 4. 5	Hasil Simulasi <i>Von Mises</i>	39
Gambar 4. 6	Hasil Simulasi <i>Displacement</i>	40
Gambar 4. 7	Hasil Pengambilan Data Torsi.....	44
Gambar 4. 8	Sebelum ada beban	45

Gambar 4. 9	Sesudah ada beban.....	46
Gambar 4. 10	Desain alat bantu <i>remove-install</i>	48
Gambar 4. 11	Pengujian alat.....	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Detail Engineering Design</i>	57
Lampiran 2 Instruksi Kerja Alat	65
Lampiran 3 <i>Job Safety Analysis</i>	66

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

<i>ASTM</i>	: <i>American Society for Testing and Materials</i>
<i>CAD</i>	: <i>Computer Aided Design</i>
<i>CAT SIS</i>	: <i>Caterpillar Service Information System</i>
<i>IKA</i>	: <i>Intruksi Kerja Alat</i>
<i>SNI</i>	: <i>Standard National Indonesia</i>
<i>Kg</i>	: <i>Kilogram</i>
<i>mm</i>	: <i>millimeter</i>
<i>N</i>	: <i>Newton</i>
<i>SF</i>	: <i>Safety Factor</i>
<i>W</i>	: <i>Gaya Beban</i>
<i>MPa</i>	: <i>Mega Pascal</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Backhoe loader termasuk dalam kategori alat berat yang banyak dimanfaatkan pada pekerjaan penggalian maupun pemuatan material. Mengacu pada spesifikasi yang dikeluarkan oleh pabrikan, alat ini memiliki bobot operasional yang relatif besar serta desain roda yang tidak umum[1]. Kondisi tersebut menyebabkan proses penanganan dan perawatan pada komponen roda memerlukan pendekatan teknis khusus agar dapat dilakukan secara aman dan efektif. Dalam kegiatan perawatan, proses pembongkaran dan pemasangan roda kerap menemui berbagai kendala. Beban roda yang cukup besar, keterbatasan alat dalam menopang atau mengunci roda dengan stabil, serta meningkatnya risiko ergonomi bagi mekanik menjadi permasalahan utama, terutama apabila pekerjaan masih dilakukan secara manual atau menggunakan peralatan yang kurang memadai. Kondisi tersebut tidak hanya berdampak pada lamanya waktu perbaikan, tetapi juga berpotensi menurunkan tingkat keselamatan kerja serta menimbulkan risiko kerusakan pada komponen *differential*[2].

Perencanaan alat bantu bertujuan untuk menghasilkan sarana bantu yang mampu mengangkat dan menurunkan roda kendaraan secara aman dan efektif, sehingga proses penggantian ban maupun kegiatan perawatan dapat dilakukan dengan lebih mudah oleh mekanik. Dalam pengembangannya, alat ini harus mampu menjamin keamanan penanganan roda

guna meminimalkan risiko kecelakaan kerja serta mencegah terjadinya kerusakan pada komponen kendaraan selama proses pembongkaran dan pemasangan roda. Selain aspek keselamatan, desain alat pengangkat roda juga perlu mempertimbangkan prinsip ergonomi dan kemudahan penggunaan agar pelaksanaan pekerjaan perawatan menjadi lebih efektif serta mendukung peningkatan produktivitas mekanik melalui pemanfaatan alat yang andal[2].

Sebagian besar penelitian yang membahas alat bantu pengangkatan cenderung diarahkan pada kebutuhan penanganan material secara umum, seperti penggunaan *Portable Derek* dan *Electric Hoist*, sehingga belum secara khusus memperhatikan tuntutan teknis dalam penanganan roda pada alat berat beroda. Kondisi tersebut mengindikasikan adanya peluang penelitian yang relevan untuk mengembangkan alat bantu angkat yang disesuaikan dengan karakteristik fisik serta perilaku dinamis roda *backhoe loader*. Perancangan alat yang diusulkan perlu mempertimbangkan aspek ergonomi mekanik, keselamatan kerja, serta mekanisme yang mampu mendukung proses perawatan roda yang dilakukan secara berulang dan berkesinambungan. Dengan demikian, diharapkan desain alat bantu angkat ini dapat berkontribusi pada peningkatan tingkat keselamatan dan kelayakan teknis dalam kegiatan perawatan alat berat di lingkungan kerja[3].

SolidWorks merupakan perangkat lunak *Computer-Aided Design (CAD)* yang efektif dalam meningkatkan kemampuan perancangan teknik mahasiswa, karena memungkinkan pembuatan model 3D dan pembuatan gambar kerja secara

akurat serta efektif dibandingkan gambar manual, sehingga sangat mendukung proses desain dan visualisasi komponen mesin dalam konteks teknik modern. Sebagai contoh, sebuah studi jurnal menyebutkan bahwa penggunaan *SolidWorks* dalam pelatihan CAD 3D dapat mempercepat proses desain, memudahkan revisi, serta meningkatkan keterampilan menggambar teknik peserta pelatihan dengan hasil yang lebih presisi dan efektif dibanding metode tradisional[4].

Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk merencanakan desain alat bantu pemegang serta pengangkat roda pada *unit backhoe loader* menggunakan *software solidworks*. Faktor keselamatan kerja menjadi pertimbangan utama agar risiko cedera dapat diminimalkan. Selain itu, prinsip ergonomi diterapkan untuk mengurangi beban fisik yang dialami mekanik. Dengan adanya alat bantu ini diharapkan angka kecelakaan kerja pada proses perawatan roda *backhoe loader* dapat berkurang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, disusunlah rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mendesain alat bantu pemegang serta pengangkat roda *unit backhoe loader 416F2*?
2. Bagaimana membuat dokumen instruksi kerja alat (IKA) penggunaan alat bantu pemegang serta pengangkat roda *unit backhoe loader 416F2* yang sistematis, mudah dipahami, dan memenuhi aspek keselamatan kerja?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, disusunlah batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya membahas desain pemegang serta pengangkat roda unit *backhoe loader* 416F2.
2. Tidak membahas tentang desain rangka utama, tetapi rangka tempat dudukan dari mekanisme pemegang roda.
3. Tidak membahas tentang pengelasan.

1.4 Tujuan

Tujuan penelitian merupakan acuan dalam penelitian yang mengindikasikan arah penelitian yaitu jawaban dari permasalahan yang dirumuskan seperti berikut:

1. Mendesain alat bantu pemegang serta pengangkat roda unit *backhoe loader* 416F2.
2. Membuat dokumen instruksi kerja alat (IKA) penggunaan alat bantu pemegang serta pengangkat roda unit *backhoe loader* 416F2 yang sistematis, mudah dipahami, dan memenuhi aspek keselamatan kerja.

1.5 Manfaat

Manfaat dan kegunaan penelitian baik bagi pengembangan institusi, kepentingan ilmu pengetahuan, maupun masyarakat.

1. Dapat mendesain sistem pemegang dan pengangkat pada alat bantu *remove and install* roda unit *backhoe loader* 416F2.

2. Dapat memberikan kenyamanan dan keefektifan atau mempermudah saat praktik yang dilakukan di Prodi D3 Teknik Mesin Alat Berat.
3. Penulis dapat memahami cara kerja sistem pemegang dan pengangkat.
4. Dapat menambah sebagai topik Tugas Akhir.

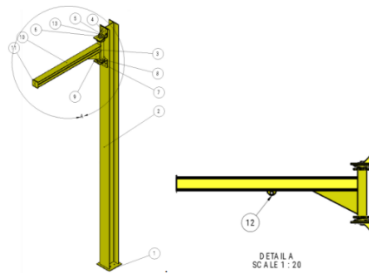
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Terdapat beberapa penelitian terdahulu mengenai alat bantu pemegang serta pengangkat roda Seperti Penelitian Mulyana dkk.,2023 membahas tentang perancangan *jib crane* berkapasitas 500 kg sebagai alat bantu perawatan sumur *deep well* di PT. X untuk menggantikan metode konvensional yang membutuhkan banyak tenaga kerja dan waktu lama. Material baja ASTM A36 digunakan dan dianalisis melalui perhitungan kekuatan struktur, lenturan, serta pemilihan baut. Hasil perhitungan dan simulasi *SolidWorks* menunjukkan tegangan maksimum 45,947 MPa, lebih kecil dari *yield strength* 250 MPa, sehingga desain *jib crane* dinyatakan aman dan layak digunakan[5]. Gambar 2.1 menunjukkan gambar dari *jib crane*.



Gambar 2. 1 Jib crane

Berdasarkan pertimbangan tersebut, pada tugas akhir ini material baja ASTM A36 di pakai penulis sebagai referensi untuk merencanakan desain alat bantu pemegang serta pengangkat roda *unit backhoe loader 416F2* karena mampu

memberikan kekuatan structural yang baik dalam menopang beban yang besar serta mendukung keamanan alat selama proses pengoperasian.

Penelitian kedua yang dilakukan oleh Borse dkk. (2024) membahas perancangan *mechanical screw jack* dengan kapasitas angkat sebesar 300 kg. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mekanisme *screw* mampu mengonversi gerak rotasi menjadi gerak linier secara efektif dengan keuntungan mekanis yang tinggi. Selain itu, mekanisme ini memiliki sifat *self-locking* yang berperan penting dalam meningkatkan aspek keselamatan, karena beban dapat ditahan tanpa memerlukan gaya tambahan. Analisis yang dilakukan mencakup perhitungan tegangan, torsi, serta faktor keamanan guna memastikan kekuatan dan keandalan struktur. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa mekanisme *screw* sangat sesuai digunakan pada sistem pengangkat yang membutuhkan kestabilan, presisi pengaturan posisi, dan keandalan mekanis yang tinggi[6]. Gambar 2.2 menunjukkan gambar dari *screw jack*.



Gambar 2. 2 Screw jack

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, pada tugas akhir ini *screw* digunakan penulis sebagai referensi untuk sistem pengangkat dan pemegang pada rancang bangun alat bantu pemegang serta pengangkat roda *unit backhoe loader 416F2* karena karakteristiknya yang stabil, aman, dan mampu menahan beban secara efektif.

Penelitian ketiga dilakukan oleh Sugiono dkk. 2023 membahas tentang perancangan *crane portable* berbentuk “n” dengan kapasitas angkat hingga 800 kg. Pada sistem *crane* tersebut, *bearing* berperan penting dalam mendukung komponen yang bergerak seperti *trolley* dan roda, sehingga mampu menahan beban aksial dan radial yang timbul selama proses pengangkatan dan pemindahan beban. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mekanis *crane*, termasuk komponen pendukung seperti *bearing*, mampu bekerja dengan baik pada variasi beban hingga lebih dari 800 kg tanpa mengalami kegagalan fungsi. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan dan perancangan *bearing* yang tepat sangat berpengaruh terhadap keandalan, stabilitas, dan keselamatan alat pengangkat beban besar[7]. Gambar 2.3 menunjukkan gambar dari *crane portable*

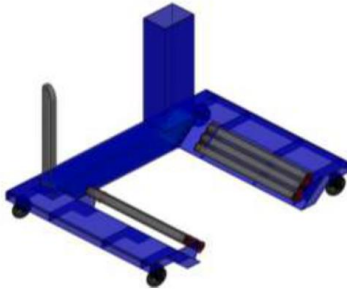


Gambar 2. 3 Crane portable

Pada penelitian ini penulis juga menggunakan *bearing* untuk membantu gerak angkat seperti *trolley* karena mampu menahan beban aksial dan radial yang timbul selama proses pengangkatan roda *backhoe loader*.

Penelitian keempat dilakukan oleh Maryanto dkk., 2021 membahas tentang rancang bangun alat bantu pelepas dan pemasang roda kendaraan tempur Panser Anoa 6×6. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa roller berfungsi sebagai landasan penopang sekaligus pemutar roda berdimensi besar dengan berat sekitar 250 kg per roda. Hasil analisis mekanik memperlihatkan bahwa konstruksi *roller* berbahan baja ST40 yang memiliki *yield Strength* 392 MPa dan mampu menahan beban sebesar 1226,25 N, dengan nilai tegangan lentur pada poros dan tabung *roller* masih berada di bawah batas modulus elastisitas material. Temuan ini menegaskan bahwa perancangan *roller* yang tepat sangat berpengaruh terhadap kemampuan alat dalam menahan beban besar secara aman dan

stabil pada sistem pengangkat roda[8]. Gambar 2.4 menunjukkan gambar dari alat bantu *remove install* roda.



Gambar 2. 4 Alat Bantu Remove install

Pada penelitian ini penulis mengembangkan menggunakan *roller* berbahan baja ASTM A36 yang digunakan untuk menahan roda *backhoe loader* pada saat proses *remove and install* menggunakan alat bantu pemegang serta pengangkat roda.

2.2 Teori Dasar Tentang Keterkaitan Mata Kuliah

Mata kuliah *Undercarriage* memberikan landasan pemahaman terkait karakteristik roda alat berat, meliputi bobot dan dimensi, yang digunakan sebagai acuan dalam perencanaan alat bantu pemegang dan pengangkat roda *backhoe loader 416F2*. Mekanika Teknik diterapkan untuk melakukan analisis gaya angkat, tegangan, defleksi, serta penentuan faktor keamanan agar desain alat mampu bekerja dengan aman sesuai beban yang diterima. Selanjutnya, Gambar Teknik mendukung proses perancangan melalui pembuatan gambar desain dan

gambar kerja menggunakan perangkat lunak *CAD (SolidWorks)* sehingga alat yang dirancang memiliki kejelasan bentuk, ukuran, dan spesifikasi serta dapat direalisasikan dengan baik.

2.3 Alat Pemegang Serta Pengangkat

Alat bantu pengangkat dan pemegang roda merupakan suatu perangkat mekanis yang dikembangkan untuk memfasilitasi kegiatan pelepasan, pemindahan, dan pemasangan roda agar proses perawatan dapat berlangsung dengan lebih aman dan efektif. Perangkat ini dirancang dengan mengintegrasikan sistem penopang, *Mechanism* pengangkatan, serta sistem penguncian guna menjaga kestabilan roda selama proses servis berlangsung. Penggunaan alat bantu tersebut ditujukan untuk menekan beban kerja manual sekaligus mengurangi potensi terjadinya kecelakaan kerja pada kegiatan perawatan kendaraan. Sejalan dengan hal tersebut, penelitian terkait pengembangan alat bantu pneumatik untuk proses lepas pasang roda menunjukkan bahwa penerapan alat bantu mampu menurunkan kebutuhan tenaga manusia serta meningkatkan efektivitas kerja apabila dibandingkan dengan metode manual konvensional[9].

2.3.1 Mekanisme Pengangkat

Mekanisme pengangkat yang menggunakan *screw jack* atau *lead screw* pada prinsipnya mengonversi gerak rotasi menjadi gerak linier melalui interaksi ulir yang berfungsi sebagai elemen transmisi, sehingga memungkinkan proses pengangkatan maupun penurunan beban berat dilakukan secara bertahap dan presisi. Pada penerapannya dalam sistem

pemegang dan pengangkat roda unit *backhoe loader*, mekanisme ini umumnya dirancang bersifat *non-back-drivable* atau *self-locking*, yang bertujuan agar posisi beban tetap tertahan dengan aman tanpa memerlukan torsi pemutar secara kontinu pada poros sekrup[10].

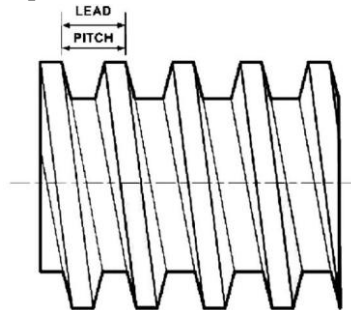
2.3.2 Mekanisme Pemegang

Pemegang roda atau *tire clamp* merupakan perangkat mekanis yang dikembangkan untuk menahan roda atau ban secara stabil selama proses pemasangan, pembongkaran, maupun penanganan. Salah satu pendekatan desain yang banyak digunakan adalah mekanisme penjepit berbasis *screw*, yang mampu memberikan gaya jepit tinggi dengan konstruksi yang relatif ringkas, sebagaimana diuraikan dalam penelitian *Portable and Compact Tire-Clamping Mechanism*. Mekanisme ini umumnya dilengkapi dengan elemen penjepit yang dapat bergerak untuk mengunci roda pada struktur penahan. Selain itu, diperlukan analisis tegangan pada komponen utama guna memastikan kekuatan dan keandalan struktur alat selama digunakan[11].

2.3.3 Ulir Trapesium

Ulir trapesium (*trapezoidal thread*) merupakan jenis ulir penggerak (*power screw*) yang berfungsi mengubah gerak putar menjadi gerak linier. Ulir ini memiliki profil berbentuk trapesium dengan sudut inklusi 30° , sehingga mampu menahan beban aksial yang besar, memiliki ketahanan aus yang baik, serta banyak digunakan pada mekanisme pengangkat seperti *screw jack* dan aktuator mekanis. Selain itu, ulir trapesium memiliki sifat *self-locking*, sehingga beban tetap tertahan ketika

putaran penggerak dihentikan. Gambar 2.5 menunjukkan bagian dari ulir trapesium



Gambar 2. 5 Ulir trapesium

Sumber: [12].

Ukuran ulir trapesium dinyatakan dalam bentuk $Tr\ d \times P$, di mana Tr menunjukkan jenis ulir, d adalah diameter nominal, dan P adalah *pitch*. Sebagai contoh, $Tr\ 25 \times 5$ memiliki diameter nominal 25 mm dan *pitch* 5 mm. Pada ulir satu awal (*single-start*), nilai lead sama dengan pitch, yaitu 5 mm, sehingga setiap satu putaran penuh menghasilkan perpindahan linier sejauh 5 mm.

Menurut data teknis TSUBAKI *Linipower Jack JWM025*, ulir trapesium berdiameter 25 mm dengan lead/pitch 5 mm digunakan pada mekanisme *screw jack* dengan kapasitas angkat 24,5 kN ($\pm 2,5$ ton). Hal ini menunjukkan bahwa ulir trapesium $Tr\ 25 \times 5$ sesuai digunakan pada mekanisme pengangkat karena mampu mentransmisikan beban secara aman dan stabil[13].

2.3.4 Bearing

Bearing merupakan elemen mesin yang berperan penting dalam mendukung kinerja suatu sistem mekanis. Komponen ini

dirancang untuk menahan poros sekaligus mengurangi gaya gesek yang timbul akibat adanya gerakan relatif antar bagian. Dengan penggunaan *bearing*, proses rotasi komponen mesin dapat berlangsung lebih lancar, stabil, dan efektif. Selain itu, *bearing* juga berfungsi mengendalikan arah gerak agar tetap sesuai dengan perancangan sistem. Pemilihan jenis bearing yang tepat, disertai penerapan sistem pelumasan yang memadai, dapat meningkatkan kinerja sistem serta memperpanjang umur pakai komponen dengan mengurangi keausan dan kehilangan energi akibat gesekan[14]. Gambar 2.6 menunjukkan bagian dari *bearing*.



Gambar 2. 6 Bearing

Sumber:[15].

2.3.5 Roller

Roller merupakan komponen bantalan berbentuk silinder yang berfungsi sebagai elemen gelinding utama pada *roller bearing* dalam menyalurkan serta menahan beban mekanis. Peran *roller* sangat penting dalam mengurangi gesekan antara poros dan rumah bantalan pada sistem rotasi, sehingga pergerakan komponen dapat berlangsung secara stabil dan efektif. Hasil penelitian terkini menunjukkan bahwa variasi dimensi dan toleransi *roller* berpengaruh signifikan terhadap

karakteristik dinamis serta kestabilan operasi bantalan, termasuk dalam hal distribusi beban dan *respons* getaran pada kondisi pembebanan aktual. Oleh karena itu, pemilihan *roller* yang tepat menjadi faktor krusial untuk meningkatkan keandalan, umur pakai, dan kinerja keseluruhan sistem mekanis[16]. Gambar 2.7 menunjukkan bagian dari *roller*.



Gambar 2. 7 Roller

Sumber: [17].

2.4 Karakteristik Roda *Backhoe Loader 416F2*

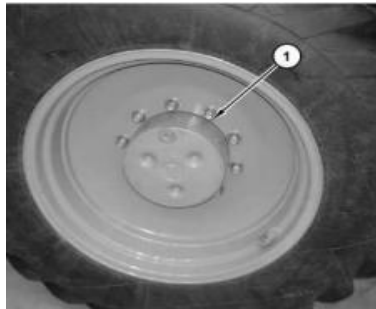
Roda pada *backhoe loader* memiliki karakteristik tersendiri yang membedakannya dari roda kendaraan konvensional, antara lain bobot yang relatif besar, diameter yang lebar, serta konstruksi rim yang dirancang untuk menahan beban kerja tinggi. Mengacu pada spesifikasi teknis alat berat, massa roda umumnya berada pada kisaran puluhan hingga ratusan kilogram. Kondisi tersebut menyebabkan proses pengangkatan atau penopangan roda tidak aman apabila dilakukan secara manual tanpa menggunakan alat bantu yang sesuai. Oleh karena itu, berikut disajikan data diameter dan massa roda *backhoe loader type 416F2*:

- a. Roda depan 115 kg. Gambar 2.8 menunjukkan bagian dari roda depan *backhoe loader* 416F2:



Gambar 2. 8 Roda depan

- b. Roda belakang 175 kg. Gambar 2.9 menunjukkan bagian dari roda belakang *backhoe loader* 416F2:



Gambar 2. 9 Roda belakang

- c. Roda depan
- Diameter 1000 mm
 - Lebar 400 mm
- Gambar 2.10 menunjukkan pengambilan data pada roda depan *backhoe loader* 416F2:



Gambar 2. 10 Pengambilan data diameter roda depan

- d. Roda Belakang
- Diameter 1300 mm
 - Lebar 500 mm

Gambar 2.11 menunjukkan pengambilan data pada roda belakang *backhoe loader* 416F2:



Gambar 2. 11 Pengambilan data diameter roda belakang

2.5 Baja ASTM A36

Baja ASTM A36 adalah jenis baja karbon rendah yang memiliki kekuatan yang baik dan mudah dibentuk serta disambung las. Baja ini termasuk dalam kelompok baja karbon rendah, yang memiliki kelenturan tinggi dan mudah diolah

melalui proses pemesinan. Angka '36' pada penamaan ASTM A36 merupakan nilai minimum dari *yield strength* baja yaitu sebesar 36 MPa[18]. Spesifikasi material ASTM A36 dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Spesifikasi material ASTM A36

Sifat	Nilai
<i>Density</i> (massa jenis)	7850 Kg/m ³
<i>Young modulus</i> (modulus elastisitas)	200 GPa
<i>Shear modulus</i> (modulus geser)	79.3 GPa
<i>Poisso's ratio</i>	0.26
<i>Yield strength</i> (kekuatan luluh)	250 MPa
<i>Tensile strength</i> (kekuatan tarik)	400 MPa

2.6 Perhitungan Torsi Pemutar

Torsi pemutar untuk mengangkat dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.1.

$$T = F \times L \quad (2.1)$$

Dimana:

T: Torsi (Nm)

F: Gaya yang dibutuhkan (*N*)

L: Panjang lengan (*M*)

2.7 Konsep Keseimbangan dan Gaya Momen

Sebuah benda dikatakan dalam keadaan seimbang jika jumlah gaya yang bekerja pada benda (*F_x* dan *F_y*) tersebut membentuk gaya atau sistem gaya yang ekuivalen dengan nol serta jumlah momen yang bekerja juga ekuivalen dengan nol.

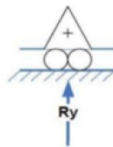
Syarat dari keseimbangan suatu benda dapat dihitung secara analitis[18].

- Untuk gaya yang terjadi pada arah *horizontal* dapat dihitung menggunakan persamaan:
Jumlah gaya arah = 0 atau $\Sigma F_x = 0$
- Untuk gaya yang terjadi pada arah *vertical* dapat dihitung menggunakan persamaan:
Jumlah gaya arah = 0 atau $\Sigma F_y = 0$
- Untuk momen yang terjadi dapat dihitung menggunakan persamaan:
Jumlah momen = 0 atau $\Sigma M = 0$

2.7.1 Tumpuan

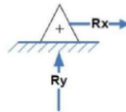
Tumpuan merupakan tempat bersandarnya konstruksi dan tempat bekerjanya reaksi, jenis tumpuan yang digunakan berpengaruh terhadap jenis konstruksi. Tumpuan dalam ilmu statistika terbagi menjadi 3 macam yaitu[19]:

- Tumpuan *roll* penghubung: tumpuan *roll* penghubung dapat memberikan reaksi berupa gaya *vertical* ($R_y = F_y$). Tumpuan ini tidak dapat menerima momen (M) dan gaya *horizontal* (F_x) pada tumpuan ini akan bergerak atau menggelinding ketika diberikan gaya *horizontal* tumpuan *roll* penghubung dapat dilihat pada gambar 2.12



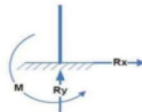
Gambar 2. 12 Tumpuan *roll*

- Tumpuan sendi: tumpuan sendi dapat menerima dua reaksi gaya, yaitu gaya *vertical* (F_y) dan gaya *horizontal* (F_x). Pada tumpuan ini tidak dapat menerima momen (M), jika diberi momen karena sifat sendi, maka tumpuan akan berputar. Tumpuan sendi dapat dilihat pada gambar 2.13



Gambar 2. 13 Tumpuan sendi

- Tumpuan jepit: tumpuan jepit dapat menerima semua reaksi yaitu gaya vertikal (F_y) gaya *horizontal* (F_x) dan momen (M). Tumpuan jepit dapat dilihat pada gambar 2.14



Gambar 2. 14 Tumpuan jepit

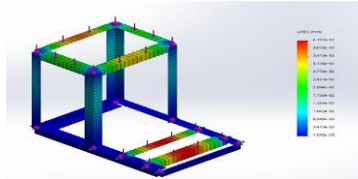
2.8 Tegangan Ijin

Tegangan ijin adalah tegangan ijin merupakan tegangan yang tidak boleh dilampaui sebuah sistem struktur, dimanapun letaknya akibat faktor keamanan. Tegangan ijin material adalah tegangan yang dibolehkan pada komponen, tegangan ijin material bergantung pada jenis material dan jenis gaya yang bekerja pada komponen[20]. Untuk menghitung gaya angkat beban dapat menggunakan persamaan 2.2

$$\text{Tegangan ijin} = \frac{\text{Tegangan yield material}}{\text{Faktor keamanan}} \quad (2.2)$$

2.9 Defleksi

Defleksi merupakan perubahan bentuk yang terjadi pada balok atau batang, baik secara *vertikal* maupun *horizontal*, akibat dari beban yang bekerja pada elemen struktur tersebut.



Gambar 2. 15 *Displacement*

Berdasarkan ketentuan yang tercantum dalam *standard* nasional indonesia (SNI)[21]. Untuk menghitung batas defleksi dapat menggunakan persamaan 2.3.

$$\text{defleksi ijin} = \frac{L}{240} \quad (2.3)$$

Dimana:

L = Panjang *Fork* (mm)

240 = Nilai ketentuan *displacement* SNI

2.10 Perhitungan Ulir Trapesium

a. Analisis Kekuatan Tekan Inti Ulir

$$A_c = \frac{\pi}{4} \cdot d_3^2 \quad (2.4)$$

Dimana:

A_c = Luas penampang inti poros ulir (mm^2)

d_3 = Diameter minor (mm)

π = Konstanta lingkaran (3,14)

b. Tegangan Kerja Tekan

$$\sigma_c = \frac{F}{A_c} \quad (2.5)$$

Dimana:

σ_c = Tegangan tekan aktual yang terjadi pada ulir (Mpa atau N/mm^2)

F = Gaya aksial (N)

A_c = Luas penampang inti poros ulir (mm^2)

c. Koefisien Gesek Profil Semu

$$\mu' = \frac{\mu}{\cos \beta} \quad (2.6)$$

Dimana:

μ' = Koefisien gesek semu pada profil ulir trapesium

μ = Koefisien gesek dasar material (0,15)

β = Sudut kemiringan sisi profil ulir (15°)

d. Sudut Kisar atau Kemiringan

$$\tan \alpha = \frac{d}{\pi \cdot d_2} \quad (2.7)$$

Dimana:

α = Sudut kisar/kemiringan heliks ulir($^\circ$)

P = Kisar / Pitch ulir (mm)

d_2 = Diameter rata – rata ulir (mm)

2.11 Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

Faktor keamanan adalah faktor yang menunjukkan tingkat kemampuan suatu bahan Teknik menerima beban dari luar, yaitu beban tekan maupun tarik. Faktor ini identik dengan perbandingan antara tegangan ijin (*allowable stress*) dengan

tegangan terbesar (*maksimum stress*) yang terjadi. Secara teoritis Adapun penentuan faktor keamanan berdasarkan jenis bebannya adalah[22].

- Beban statis: 1,25 – 2
- Beban dinamis: 2-3
- Beban kejut: 3-5

2.12 Instruksi Kerja Alat (IKA)

Instruksi kerja alat merupakan dokumen tertulis yang memuat serangkaian petunjuk atau prosedur terkait penggunaan suatu alat, mulai dari cara pengoperasian, perawatan, hingga pemeliharannya. Dokumen ini disusun untuk memberikan arahan yang jelas dan terstruktur sehingga alat dapat digunakan secara aman, efektif, dan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Keberadaan instruksi kerja alat juga berperan penting dalam meminimalkan terjadinya kesalahan selama proses operasional, mencegah kerusakan pada alat, serta menjaga mutu dan ketelitian hasil kerja yang dihasilkan. Secara umum, panduan instruksi kerja alat mencakup:

1. Prosedur operasional yang harus diikuti.
2. Tindakan keselamatan yang perlu diperhatikan.
3. Pemeliharaan dan perawatan alat agar tetap dalam kondisi baik.

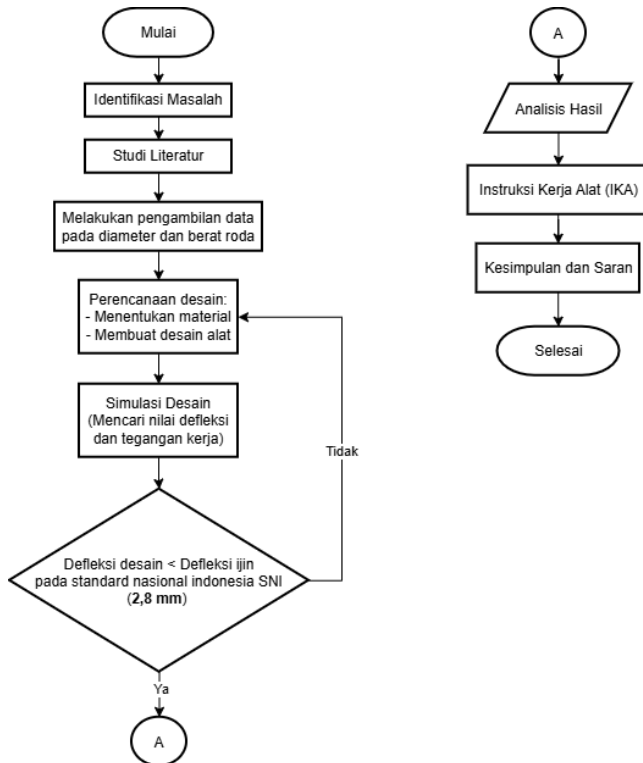
Dengan adanya panduan ini, pengguna dapat mengoperasikan alat dengan benar, menjaga keselamatan, dan memaksimalkan kinerja alat di lingkungan laboratorium atau tempat kerja[23].

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Agar penelitian tugas akhir ini tersusun secara sistematis dan terstruktur sesuai dengan target yang diharapkan, maka dibuatlah diagram alir peneliti seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

Keterangan:

a. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini mencari permasalahan yang terjadi pada proses pelepasan dan pemasangan roda *backhoe loader* yang masih dilakukan secara manual atau menggunakan alat bantu yang kurang optimal.

b. Studi Literatur

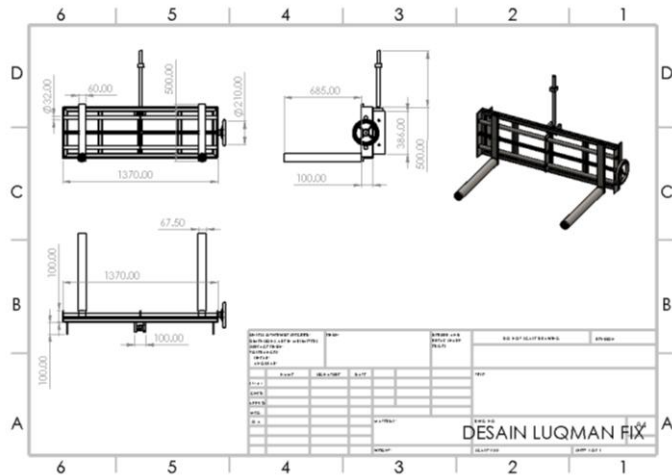
Pada tahap ini bertujuan untuk mengumpulkan referensi berupa jurnal, buku, standar, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan mekanisme pengangkat, pemegang roda, *screw, bearing, roller*, serta perhitungan gaya dan faktor keamanan.

c. Pengambilan data

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data pada diameter dan berat roda *unit backhoe loader 416F2*.

d. Perencanaan Desain

Tahap ini menentukan material yang akan digunakan sekaligus mendesain alat. Berikut merupakan gambar desain Alat Bantu Pemegang Serta Pengangkat Roda *Unit Backhoe Loader 416F2* seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Gambar 2D

- e. Simulasi Desain
Mensimulasi hasil desain alat untuk mengetahui defleksi yang mana akan di bandingkan dengan nilai defleksi izin SNI.
- f. Defleksi Rangka $\leq$ Defleksi Ijin Pada *Standard* Nasional Indonesia
Pada tahap ini membandingkan defleksi hasil simulasi dengan batas defleksi izin berdasarkan standar nasional indonesia. Apabila nilai defleksi hasil simulasi lebih kecil atau sama dengan defleksi yang diizinkan, maka desain dinyatakan aman. Jika tidak memenuhi kriteria, maka dilakukan modifikasi dimensi dan spesifikasi ulang.
- g. Analisa Hasil
Mengelola dan menganalisi data yang diperoleh dari perhitungan teoritis dan simulasi. Hasil ini digunakan

untuk menilai kelayakan desain alat bantu pemegang serta pengangkat roda.

h. Kesimpulan dan Saran

Sebagai hasil akhir apa yang didapatkan dari pembuatan alat pemegang serta pengangkat.

3.2 Alat dan Bahan

Pelaksanaan rancang bangun alat bantu pemegang serta pengangkat roda *unit backhoe loader 416F2* ini tentu memerlukan beberapa alat dan bahan. Adapun alat dan bahan yang digunakan sebagai berikut:

3.2.1 Alat

Dalam perencanaan desain alat bantu pemegang serta pengangkat roda *unit backhoe loader 416F2* dibutuhkan berbagai alat yang tepat, agar sistem kerja dari alat yang akan di buat sesuai dengan yang diinginkan. Alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Meteran
2. *Software Solidworks*

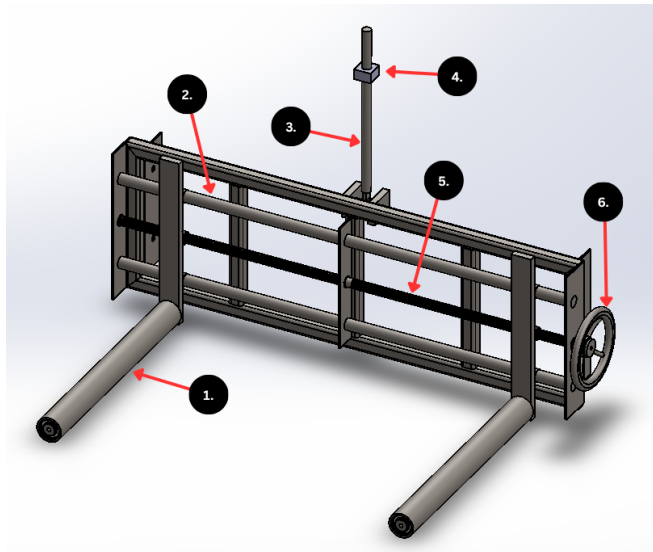
3.2.2 Bahan

Berdasarkan perencanaan desain alat pemegang serta pengangkat roda *unit backhoe loader 416F2* dibutuhkan berbagai macam bahan sebagai berikut:

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| 1. Plat besi | 5. Ulir trapesium |
| 2. Besi as poros | 6. <i>Roller</i> |
| 3. Besi pipa | 7. <i>Hand wheel</i> |
| 4. <i>Square tube</i> | 8. <i>Bearing</i> |

3.3 Desain dan Cara Kerja

Berikut adalah gambar desain 3D yang dapat ditinjau pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Desain alat

Keterangan :

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. <i>Fork</i> Penjepit | 4. Mur pemutar |
| 2. Besi as poros | 5. Ulir trapesium penjepit |
| 3. Ulir Trapesium pengangkat | 6. <i>Pulley</i> pemutar |

Rancang bangun alat ini di pasang pada rangka alat bantu pemegang serta pengangkat roda *unit backhoe loader* 416F2. Prinsip kerja alat ini dimulai dengan cara alat diposisikan sejajar dengan roda yang akan dilepas atau dipasang, lalu jarak antar *roller* diatur menggunakan ulir penjepit kanan kiri hingga roda

dapat ditopang dengan stabil. Setelah posisi sesuai, ulir penjepit diputar sampai roda terjepit secara seimbang. Proses pengangkatan dilakukan dengan memutar *handle* pada ulir pengangkat, di mana putaran tersebut menggerakkan *screw* secara linier untuk mengangkat roda secara bertahap dan terkendali, dengan bantuan *bearing* untuk mengurangi gesekan.

3.4 Prosedur Pembuatan

Langkah-langkah perencanaan desain alat bantu pemegang serta pengangkat roda *unit backhoe loader 416F2* adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan data pada diameter dan berat roda unit *backhoe loader 416F2*: Pengambilan data roda meliputi diameter roda belakang 130cm, lebar roda belakang 50 cm menggunakan alat ukur *roll meter* dan berat roda belakang 175kg yang digunakan sebagai dasar penentuan dimensi dan kapasitas alat.
2. Perancangan alat menggunakan *software solidworks*: Berdasarkan hasil pengukuran dilakukan perancangan alat bantu pemegang serta pengangkat roda *backhoe loader 416F2* menggunakan *solidworks 2023* untuk menentukan dimensi alat yang sesuai dengan diameter dan lebar roda, selain itu juga untuk menentukan material rangka berdasarkan spesifikasi berat roda.
3. Melakukan simulasi: Setelah perancangan desain alat bantu pemegang serta pengangkat roda *backhoe loader 416F2* dilanjut dengan penentuan titik tumpuan dan pembebanan pada model alat, kemudian dianalisis menggunakan metode

Finite Element Analysis (FEA). Analisis ini bertujuan untuk memperoleh nilai tegangan, deformasi alat akibat beban roda yang bekerja.

4. Analisis Hasil: Menganalisa hasil analisis alat melalui metode *FEA* dengan parameter keamanan defleksi yang mengacu pada persamaan 2.3. Tegangan ijin material mengacu pada persamaan 2.2, sehingga desain dan konstruksi aman digunakan.

3.5 Prosedur Simulasi

Langkah-langkah simulasi desain alat bantu pemegang serta pengangkat roda *unit backhoe loader 416F2* adalah sebagai berikut:

1. Persiapan Model Desain
Alat yang di desain menggunakan *solidworks* sesuai dengan dimensi dari hasil perancangan.
2. Menentukan Material
Menentukan material yang akan digunakan pada perancangan yang meliputi modulus elastisitas (*young's modulus*), dan massa jenis karena parameter tersebut sangat berpengaruh terhadap hasil defleksi.
3. Pembuatan Studi Simulasi
Jenis studi simulasi yang digunakan adalah *Static Study*, karena analisis difokuskan pada kondisi pembebanan *statis*. Studi ini digunakan untuk menganalisis respon struktur terhadap gaya atau beban yang bekerja secara konstan.
4. Menentukan Tumpuan (*Fixture*)

Memberikan *fixture* pada bagian desain yang di anggap sebagai tumpuan tetap atau terikat.

5. Memberi beban (*Load*)

Memberi beban pada bagian yang menerima gaya kerja.

6. Proses *Meshing*

Digunakan untuk mengetahui letak penyebaran beban secara detail.

7. Menjalankan Simulasi

Menjalankan perintah *RUN* pada *solidworks* yang akan menghitung respon struktur berdasarkan data material, beban, dan kondisi batas yang telah di tentukan.

8. Analisis Hasil Defleksi

Hasil simulasi ditampilkan dalam bentuk kontur warna yang menunjukkan distribusi defleksi pada seluruh bagian desain. Nilai defleksi maksimum diamati dan dibandingkan dengan batas defleksi yang diizinkan berdasarkan standar perancangan atau kebutuhan fungsional alat.

9. Evaluasi

Apabila nilai defleksi yang terjadi melebihi batas yang diizinkan, maka dilakukan perbaikan desain, seperti penambahan penyangga, perubahan dimensi, atau pemilihan material yang lebih kaku. Simulasi kemudian diulang hingga diperoleh desain dengan defleksi yang aman dan sesuai dengan kriteria perancangan.

BAB IV

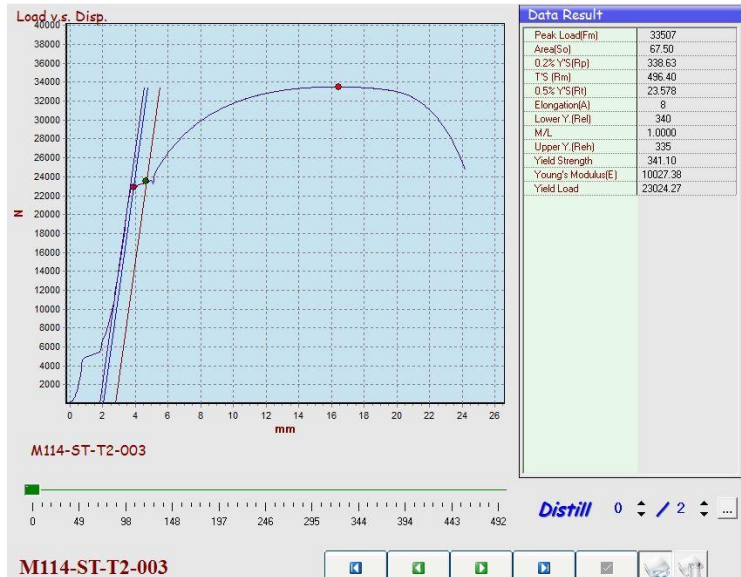
HASIL & PEMBAHASAN

4.1 Desain Alat Bantu Pemegang Serta Pengangkat Roda *Backhoe Loader 416F2*

Perencanaan desain dilakukan untuk menghasilkan alat bantu pemegang serta pengangkat roda *unit Backhoe Loader 416F2* yang aman dan sesuai kebutuhan. Tahapan perencanaan meliputi pengujian material, analisis struktur, pemilihan komponen, perhitungan torsi, dan pengujian alat.

4.1.1 Hasil Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk menentukan nilai *yield strength* material. Hasil pengujian selanjutnya dibandingkan dengan persyaratan *yield strength* ASTM A36 untuk mengetahui kesesuaian material terhadap standar yang ditetapkan. Perbandingan tersebut menjadi dasar dalam menentukan bahwa material telah memenuhi persyaratan kekuatan yang diperlukan. Nilai *yield strength* yang diperoleh dari hasil pengujian juga digunakan sebagai data material dalam proses simulasi menggunakan *SolidWorks* untuk menganalisis kekuatan dan keamanan desain terhadap pembebanan yang diberikan. Gambar 4.1 menunjukkan hasil dari pengujian tarik material



Gambar 4.1 Hasil Pengujian Tarik

Berdasarkan hasil pengujian tarik, diperoleh nilai *yield strength* sebesar 341,10 MPa. Nilai tersebut memenuhi persyaratan ASTM A36 karena lebih besar dari nilai *yield strength* minimum sebesar 250 MPa. Secara perhitungan, nilai *yield strength* hasil pengujian memiliki selisih sebesar 91,10 MPa atau sekitar 36,44% lebih tinggi dari nilai minimum yang dipersyaratkan. Dengan demikian, material yang diuji memenuhi persyaratan kekuatan luluh minimum ASTM A36.

4.1.2 Analisis Kesetimbangan

Pada pembuatan alat bantu pemegang serta pengangkat roda *backhoe loader* 416F2 dilakukan analisis gaya vertikal menggunakan konsep kesetimbangan statis. Struktur

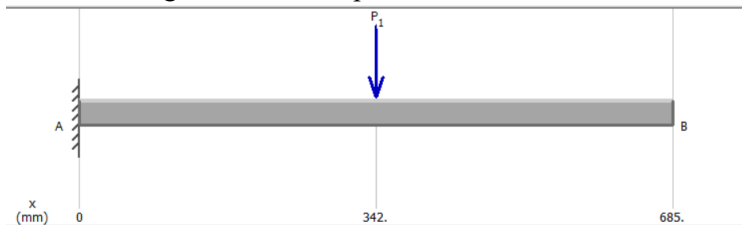
dimodelkan sebagai balok dengan tumpuan jepit (*cantilever*) sehingga seluruh gaya dan momen akibat pembebanan ditahan oleh tumpuan A. Karena Struktur diasumsikan berada dalam keadaan diam (tidak bergerak) maka berlaku persamaan dasar kesetimbangan sebagai berikut:

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum M_A = 0$$

Analisis ini digunakan untuk menentukan reaksi tumpuan, gaya geser, dan momen lentur yang terjadi pada alat akibat pembebanan.

A. Perhitungan Reaksi Tumpuan



Gambar 4.2 Reaksi tumpuan

Untuk menentukan reaksi pada tumpuan digunakan persamaan kesetimbangan gaya dan momen terhadap titik A.

Diketahui:

Panjang bentang (L) : 685 mm
 Panjang tumpuan kiri (L_a) : 342,5 mm
 Panjang tumpuan kanan (L_b) : 342,5 mm
 Beban (P) : 2575 N

B. Persamaan Kesetimbangan

Karena struktur diam maka berlaku:

$$\sum F_y = 0$$

$$R_A - 2575 \text{ N} = 0$$

$$R_A = 2575 \text{ N}$$

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa seluruh beban yang bekerja pada balok diterima oleh tumpuan jepit sehingga tidak terdapat reaksi pada ujung bebas.

C. Reaksi Tumpuan

Untuk memperoleh besar reaksi pada tumpuan digunakan persamaan keseimbangan gaya vertikal.

$$R_A = P$$

$$R_A = 2575 \text{ N}$$

Karena balok menggunakan tumpuan jepit (*cantilever*), maka hanya terdapat satu reaksi vertikal pada titik A.

Hasil reaksi tumpuan adalah sebagai berikut:

- Reaksi tumpuan jepit $R_A = 2575 \text{ N}$

Nilai tersebut menunjukkan bahwa seluruh gaya pembebanan ditahan oleh tumpuan jepit.

D. Perhitungan Momen Lentur

Setelah diketahui besar reaksi tumpuan, langkah berikutnya adalah menentukan momen lentur maksimum pada balok.

$$M_{maks} = P \times 342,5 \text{ mm}$$

$$M_{maks} = 2575 \text{ N} \times 342,5 \text{ mm}$$

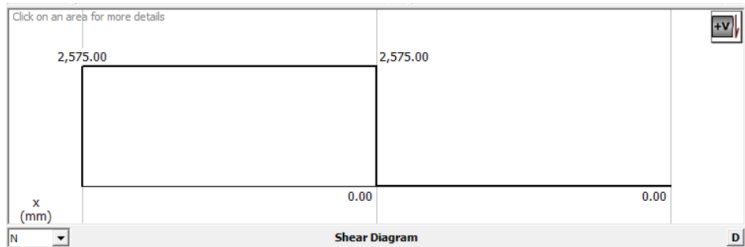
$$M_{maks} = 881.937,5 \text{ Nmm}$$

$$M_{maks} = 881.9375 \text{ Nm}$$

Nilai momen lentur maksimum sebesar 881.9375 Nm menunjukkan besarnya kecenderungan balok mengalami pembengkokan akibat pembebanan. Nilai ini terjadi pada

tumpuan jepit dan akan menurun hingga nol pada titik pembebanan.

E. Diagram Gaya Geser

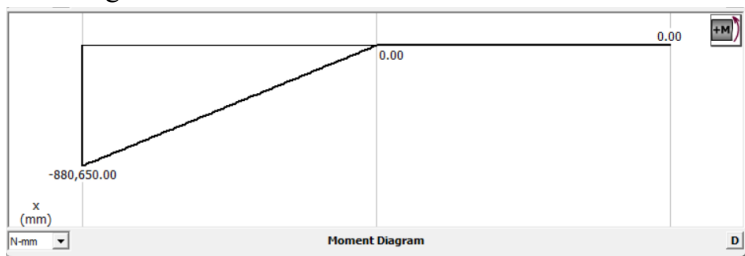


Gambar 4.3 Diagram Gaya Geser

Berdasarkan hasil analisis diagram gaya geser menunjukkan bahwa:

- Dari tumpuan A sampai titik tengah (342,5 mm) = +2575 N
- Tepat pada titik beban turun sebesar 2575 N
- Dari titik pembebanan sampai B = 0 N

F. Diagram Momen



Gambar 4.4 Diagram momen

Berdasarkan hasil analisis diagram momen menunjukkan bahwa momen maksimum terjadi pada tumpuan jepit sebesar 881,98 Nm. Nilai momen kemudian menurun secara linier hingga mencapai 0 Nm pada titik pembebanan dan tetap bernilai

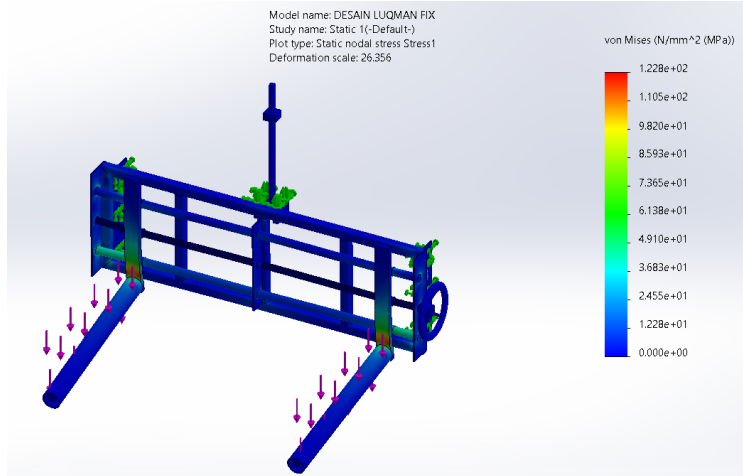
nol hingga ujung bebas balok. Kondisi ini sesuai dengan karakteristik balok kantilever yang menerima beban terpusat, di mana momen terbesar selalu terjadi pada tumpuan jepit.

4.1.3 Analisis Kekuatan Struktur

Analisis kekuatan alat dilakukan menggunakan fitur *SolidWorks Simulation*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya deformasi (*displacement*) dan tegangan yang terjadi pada rangka akibat pembebanan yang diberikan. Metode analisis yang digunakan adalah *Finite Element Analysis (FEA)* sehingga distribusi tegangan dan perpindahan pada struktur rangka dapat diketahui secara detail. Adapun tahapan analisis numerik menggunakan *SolidWorks Simulation* adalah sebagai berikut:

1. Membuka model desain yang telah dibuat pada perangkat lunak *solidworks*.
2. Mengaktifkan fitur *Solidworks Simulation* dan membuat studi baru dengan tipe *static analysis*.
3. Menentukan material yang digunakan pada proses perancangan.
4. Memberikan tumpuan (*Fixed Geometry*) pada bagian rangka yang bersentuhan dengan material lain.
5. Memberikan beban statis sebesar 2575 N pada area *fork*.
6. Melakukan proses *meshing* untuk membagi model menjadi elemen-elemen kecil.
7. Menjalankan simulasi dengan memilih menu *Run Simulation*.
8. Menganalisis hasil simulasi berupa *displacement* dan tegangan *Von Mises*.

4.1.4 Hasil Simulasi Tegangan *Von Mises*



Gambar 4.5 Hasil Simulasi *Von Mises*

Berdasarkan hasil simulasi pembebanan statis sebesar 2.575 N, diperoleh tegangan *von Mises* maksimum sebesar 122,8 MPa pada Gambar 4.5 yang ditunjukkan oleh warna merah. Nilai tegangan maksimum tersebut kemudian dibandingkan dengan tegangan luluh material ASTM A36 sebesar 341 MPa yang diperoleh dari hasil pengujian tarik. Selanjutnya, nilai tegangan hasil simulasi dibandingkan dengan tegangan luluh material menggunakan Persamaan 2.2 untuk mengetahui tingkat keamanan struktur.

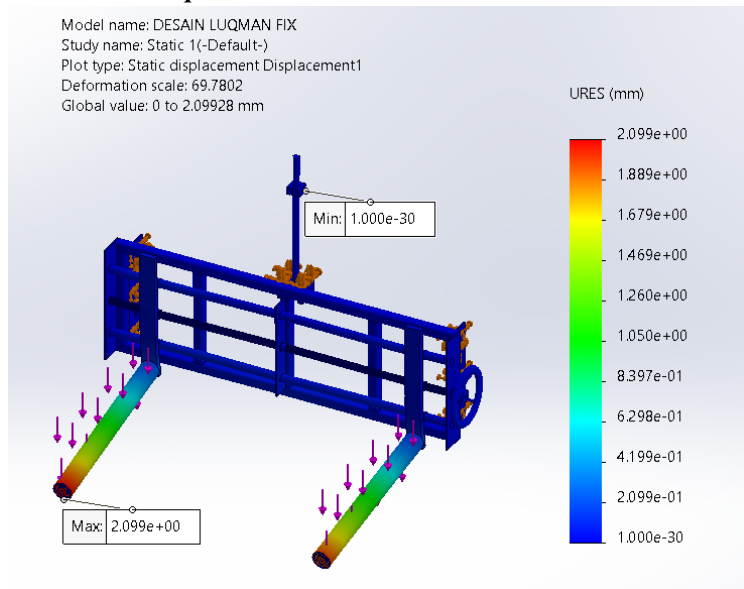
$$\text{tegangan ijin} = \frac{341 \text{ Mpa}}{1,5}$$

$$\text{tegangan ijin} = 227 \text{ Mpa}$$

Dengan demikian nilai tegangan kerja dari hasil pengujian numerik sebesar 122,8 MPa masih di bawah tegangan ijin pada

desain sebesar 227 MPa dan dapat di simpulkan struktur alat pemegang serta pengangkat berada dalam kondisi aman.

4.1.5 Hasil *Displacement*



Gambar 4.6 Hasil Simulasi *Displacement*

Berdasarkan gambar 4.6 didapatkan hasil *displacement* sebesar 2 mm. Dari hasil ini akan dibandingkan dengan batas *displacement* sesuai Standar Nasional Indonesia yang mengacu pada persamaan 2.3

$$\text{defleksi ijin} = \frac{685 \text{ mm}}{240}$$

$$\text{defleksi ijin} = 2,8 \text{ mm}$$

Karena nilai *displacement* pada alat 2 mm yang dihasilkan pada simulasi maka nilai ini lebih kecil dari batas *displacement*

SNI sebesar 2,8 mm. Jadi rangka ini masih tergolong aman dan tidak mengalami *displacement* berlebih sesuai dengan standar nasional yang berlaku.

4.1.6 Pemilihan Ulir Trapesium

Ulir pengangkat menerima beban aksial vertikal akibat massa roda belakang *backhoe loader* 416F2 sebesar 175 kg (1716 N). Untuk menjamin keamanan dari risiko kegagalan struktur, perhitungan simulasi menggunakan beban desain dengan *safety factor* (*SF*) sebesar 1,5 sehingga gaya aksial total menjadi 2575 N.

a. Analisis Kekuatan Tekan Inti Ulir

Diameter luar (*d*) = 25 mm

Jarak pitch (*p*) = 5 mm

Diameter rata-rata $d_2 = 22,5$ mm

Diameter minor/ inti $d_3 = 20$ mm

Sudut profil ulir trapesium (θ) = 30°

Sudut kemiringan sisi profil (β) = 15°

- Luas penampang inti poros ulir (A_c) dihitung menggunakan persamaan 2.4:

$$A_c = \frac{\pi}{4} \times d_3^2$$

$$A_c = \frac{3,14}{4} \times (20 \text{ mm})^2$$

$$A_c = 314,16 \text{ mm}^2$$

- Tegangan tekan kerja (σ_c) yang terjadi pada ulir akibat beban terpusat dihitung menggunakan persamaan 2.5:

$$\sigma_c = \frac{F}{A_c}$$

$$\sigma_c = \frac{2575 \text{ N}}{314,16 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_c = 8,20 \text{ MPa}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tegangan kerja tekan diperoleh nilai sebesar 8,20 MPa jauh lebih kecil daripada tegangan ijin material ST 45 sebesar 220 MPa, Sehingga ulir dinyatakan aman dari risiko kegagalan struktur akibat beban.

- *Analisis Self-Locking*

Aspek keselamatan utama pada power screw pengangkat adalah kemampuan mekanis untuk menahan beban agar tidak melorot turun secara spontan ketika gaya pemutar dilepas. Kondisi self-locking tercapai jika koefisien gesek semu ulir (μ') lebih besar daripada nilai tangen sudut kisar ulir ($\tan \alpha$). Dengan asumsi koefisien gesek permukaan kontak material baja berpelumas sebesar $\mu = 0,15$ koefisien gesek profil semu (μ') dihitung menggunakan persamaan 2.6:

$$\mu' = \frac{\mu}{\cos \beta}$$

$$\mu' = \frac{0,15}{\cos (15^\circ)}$$

$$\mu' = \frac{0,15}{0,9659}$$

$$\mu' = 0,155$$

Selanjutnya, sudut kisar atau kemiringan heliks ulir (α) ditentukan melalui hubungan pitch (p) dan diameter rata-rata (d_2) dengan persamaan 2.7:

$$\tan \alpha = \frac{p}{\pi \cdot d_2}$$

$$\tan \alpha = \frac{5 \text{ mm}}{3,14 \times 22,5 \text{ mm}}$$

$$\tan \alpha = \frac{5 \text{ mm}}{70,65}$$

$$\tan \alpha = 0,0707 = 4,05^\circ$$

Berdasarkan hasil dari perhitungan nilai konstanta gesekan penahan ($\mu' = 0,155$) lebih tinggi daripada kemiringan ulir ($\tan \alpha = 0,0707$), Mekanisme pengangkat Tr 25x5 ini memiliki sifat *Self-Locking* mekanis murni. Roda seberat 175 kg akan tetap tertahan stabil di posisinya secara aman tanpa risiko terjatuh.

4.1.7 Perhitungan Torsi Pemutar

Torsi pemutar yang digunakan untuk mengangkat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1.

Dimana penulis membutuhkan data awal berupa gaya dan panjang untuk mencari kebutuhan torsi yang diperlukan. Data tersebut dapat diperoleh melalui metode pada gambar 4.7 berikut ini:



Gambar 4.7 Hasil Pengambilan Data Torsi

Dimana timbangan digital bertindak sebagai gaya dan kunci *pipe wrench* bertindak sebagai lengan. Dan didapatkan data awal sebesar 4,5 kg dengan panjang lengan 0,4 m. Namun data ini masih belum dapat digunakan dan harus dikonversi terlebih dahulu dari *kg* ke *Newton*. Dan didapatkan hasil bahwasannya 4,5 kg sama dengan 44,14 N.

$$T = 44,14 \text{ N} \times 0,4 \text{ M}$$

$$T = 17,65 \text{ Nm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh kebutuhan torsi pemutar sebesar 17,65 Nm. Nilai tersebut menunjukkan torsi yang diperlukan untuk menggerakkan ulir trapesium saat mengangkat beban sebesar 3738 N.

4.1.8 Hasil Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk membandingkan nilai defleksi hasil simulasi *Solidworks* dengan nilai defleksi yang diperoleh dari pengukuran langsung pada alat. Pengambilan data dilakukan dengan mengukur ketinggian ujung bawah *fork*

terhadap permukaan tanah yang datar sebelum dan sesudah diberikan beban. Selisih kedua hasil pengukuran tersebut merupakan nilai defleksi aktual yang kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi. Pengukuran sebelum dan sesudah ada beban di tunjukkan pada gambar 4.8 dan 4.9



Gambar 4.8 Sebelum ada beban

Pada Gambar 4.8 dilakukan pengukuran awal terhadap ketinggian ujung *fork* sebelum diberikan beban. Pengukuran ini berfungsi sebagai nilai acuan (*baseline*) untuk menentukan besarnya defleksi yang terjadi setelah alat menerima beban roda. Pengambilan data awal dilakukan pada permukaan yang datar agar hasil pengukuran lebih akurat dan dapat dibandingkan dengan kondisi setelah pembebanan.



Gambar 4.9 Sesudah ada beban

Gambar 4.9 menunjukkan proses pengukuran ketinggian ujung *fork* setelah alat diberi beban roda. Selisih antara hasil pengukuran sebelum dan sesudah pembebanan digunakan untuk menentukan nilai defleksi aktual alat. Hasil pengukuran ini selanjutnya dibandingkan dengan hasil simulasi *SolidWorks* dan batas defleksi izin untuk mengevaluasi kekakuan serta kelayakan struktur alat. Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengambilan data

Tabel 4. 1 Hasil pengambilan data

No	Simulasi		Aktual		Defleksi Simulasi (mm)	Defleksi Aktual (mm)
	Massa (Kg)	Massa (N)	Massa (Kg)	Massa (N)		
1	262.5	2575.13	175.00	1716.75	2	0.6
2	262.5	2575.13	175.00	1716.75	2	0.2
3	262.5	2575.13	175.00	1716.75	2	0.4
4	262.5	2575.13	175.00	1716.75	2	0.5
5	262.5	2575.13	175.00	1716.75	2	0.6
Rata-rata						0.46

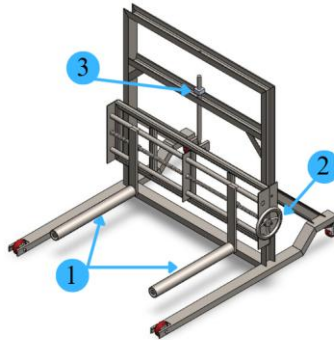
Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata defleksi aktual sebesar 0,46 mm, sedangkan hasil simulasi menunjukkan

defleksi sebesar 2,00 mm. Kedua nilai tersebut masih berada di bawah batas defleksi ijin sebesar 2,8 mm, sehingga dapat disimpulkan bahwa alat memenuhi kriteria keberhasilan dari aspek kekakuan struktur.

Nilai defleksi hasil pengujian lebih kecil dibandingkan hasil simulasi karena perbedaan beban yang diterapkan. Pada simulasi *Solidworks*, beban roda 175 kg dikalikan dengan *safety factor* 1,5 sehingga menjadi 262,5 kg, sedangkan pada pengujian aktual hanya digunakan beban asli roda sebesar 175 kg. Perbedaan beban tersebut menyebabkan gaya yang bekerja pada struktur saat pengujian lebih kecil, sehingga defleksi yang dihasilkan juga lebih rendah.

4.2 Intruksi Kerja Alat (IKA)

Instruksi kerja alat disusun sebagai pedoman pengoperasian alat bantu pemegang serta pengangkat roda *unit backhoe loader* 416F2 agar proses *remove install* roda dapat dilakukan dengan aman, efektif, dan sesuai prosedur kerja. Penggunaan alat ini bertujuan untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja, mempermudah penanganan roda, serta meningkatkan efisiensi pekerjaan perawatan. Gambar 4.10 menunjukkan desain alat bantu *remove-install* roda *unit backhoe loader* 416F2



Gambar 4.10 Desain alat bantu *remove-install*

4.2.1 Prosedur Pengoperasian

1. Pastikan alat dan seluruh komponennya dalam kondisi baik
2. Posisikan alat sejajar dengan roda yang akan dilepas atau dipasang.
3. Atur posisi roda pada *roller* (1), kemudian putar *hand wheel* (2) searah jarum jam hingga roda terjepit dengan stabil.
4. Putar ulir pengangkat (3) searah jarum jam secara bertahap dengan *pipe wrench* hingga roda terangkat sesuai ketinggian yang dibutuhkan.
5. Lakukan proses pelepasan atau pemasangan roda.
6. Setelah pekerjaan selesai, turunkan roda secara perlahan dengan cara memutar ulir pengangkat (3) berlawanan jarum jam menggunakan kunci *pipe wrench*.
7. Putar *hand wheel* (2) berlawanan arah jarum jam untuk menurunkan roda, kemudian tarik keluar alat.

4.2.2 Keselamatan Kerja

1. Gunakan alat pelindung diri (APD) selama pengoperasian seperti:
 - a. *Safety helmet*
 - b. *Safety shoes*
 - c. *Safety gloves*
2. Pastikan roda terjepit dengan baik sebelum dilakukan pengangkatan.
3. Hanya digunakan pada roda *unit backhoe loader 416F2*
4. Hentikan penggunaan apabila ditemukan kerusakan pada komponen alat.

4.2.3 Perawatan Alat

1. Bersihkan alat setelah digunakan
2. Lakukan pelumasan pada ulir dan *bearing* setelah alat digunakan.
3. Periksa secara visual pada titik sambungan alat.
4. Simpan alat ditempat yang bersih dan kering

4.2.4 Hasil Instruksi Kerja Alat

Gambar 4.11 menunjukkan dokumentasi pada saat pengujian alat bantu *remove install* roda *unit backhoe loader 416F2*.



Gambar 4.11 Pengujian alat

Berdasarkan instruksi kerja yang telah disusun, alat bantu pemegang serta pengangkat roda *Backhoe Loader* 416F2 dapat dioperasikan secara sistematis mulai dari tahap persiapan, penjepitan roda, pengangkatan, hingga penurunan roda. Prosedur tersebut menunjukkan bahwa mekanisme ulir trapesium dan *roller* mampu mendukung proses pelepasan maupun pemasangan roda secara stabil dan terkendali. Selain mempermudah pengoperasian, instruksi kerja juga berfungsi sebagai pedoman untuk meningkatkan keselamatan kerja melalui pemeriksaan kondisi alat, penggunaan sesuai kapasitas, serta pelaksanaan perawatan berkala, sehingga alat dapat beroperasi secara aman, efektif, dan memiliki keandalan yang baik selama digunakan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan dan pengujian terhadap alat bantu pemegang serta pengangkat roda *unit backhoe loader* 416F2 maka dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

1. Desain alat bantu pemegang serta pengangkat roda *unit Backhoe Loader* 416F2 berhasil dirancang menggunakan mekanisme ulir trapesium Tr 25×5. Hasil simulasi menunjukkan nilai defleksi 2 mm ($\leq 2,8$ mm) dan tegangan kerja 122,8 MPa (< 227 MPa), sehingga desain dinyatakan aman digunakan.
2. Dokumen instruksi kerja alat (IKA) telah berhasil disusun sebagai pedoman penggunaan alat bantu pemegang serta pengangkat roda *unit backhoe loader* 416F2. Instruksi kerja memuat prosedur pengoperasian, keselamatan kerja, dan perawatan alat secara sistematis sehingga memudahkan pengguna dalam mengoperasikan alat dengan benar, aman, dan efektif selama proses pelepasan maupun pemasangan roda.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil perencanaan dan pengujian terhadap alat bantu pemegang serta pengangkat roda *unit backhoe loader* 416F2 maka terdapat beberapa saran:

1. Alat bantu pemegang serta pengangkat roda disarankan untuk dikembangkan dengan menambahkan sistem

pengaman, seperti *track belt* atau tali pengikat, pada mekanisme penopang roda agar roda tetap stabil selama proses pelepasan dan pemasangan, sehingga dapat meminimalkan risiko roda roboh serta meningkatkan keselamatan dan keandalan alat.

2. Instruksi kerja alat (IKA) disarankan dikembangkan dengan menambahkan ilustrasi atau gambar pada setiap tahapan pengoperasian agar lebih mudah dipahami dan meminimalkan kesalahan penggunaan alat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. et al 2023, “Cat ® 416F2 BACKHOE LOADER The,” vol. 32, no. 3, pp. 167–186, 2021.
- [2] “Design and Development of Wheel Tire Lifter for Heavy Motor Vehicle,” *Interantional J. Sci. Res. Eng. Manag.*, vol. 08, no. 06, pp. 1–5, 2024, doi: 10.55041/ijrsrem35828.
- [3] T. Akhir, J. T. Mesin, and P. N. Bali, “Rancang bangun alat bantu pelepas roda pada truk,” 2025.
- [4] T. Arungpadang *et al.*, “The Studies of Social Science,” vol. 07, no. 01, pp. 78–83, 2025.
- [5] R. Rozali Aziez *et al.*, “PERANCANGAN JIB CRANE DENGAN KAPASITAS ANGKAT 500 Kg UNTUK ALAT BANTU SUMUR DEEP WELL DI PT. X,” pp. 1381–1391, 2023, [Online]. Available: <http://prosiding.pnj.ac.id>
- [6] N. B. Atharva Chaudhari, V. Tadas, S. Atole, S. Ghune, and A. Kirte, “Screw Jack Mechanism for Reducing Effort,” *Int. J. Innov. Sci. Res. Technol.*, vol. 9, no. 4, pp. 2958–2968, 2024, doi: 10.38124/ijisrt/ijisrt24apr1756.
- [7] F. Ayu, F. Sugiono, A. A. Janitra, W. I. Nugroho, and S. Priyoatmojo, “Analisis Alat Bantu Angkat (Crane) Berbentuk ‘ n ’ Menggunakan Motorik Elektrik Hoist Reel Kapasitas 800 Kg Atikah Ayu Janitra dkk / Jurnal Rekayasa Mesin,” *Anal. Alat Bantu Angkat (Crane) Berbentuk “ n ” Menggunakan Mot. Elektr. Hoist Reel Kapasitas 800 Kg Atikah Ayu Janitra dkk / J. Rekayasa*

- Mesin*, vol. 18, no. 2, pp. 319–328, 2023.
- [8] N. Aziz *et al.*, “Pemasang Roda Pada Kendaraan Tempur Panser ANOA The Design Of Roller On Wheels Removal And Installer Aids On ANOA Panser Combat Vehicle,” pp. 1–11.
 - [9] J. M. Mawa, A. Warokka, and F. Bawano, “Alat Bantu Angkat Sistim Pneumatik untuk Lepas- Pasang Roda Kendaraan Pneumatic System Lifting Aids To Remove – Install Vehicle Wheels,” vol. 1, no. 2, pp. 97–104, 2021.
 - [10] M. C. De Simone, S. Veneziano, and D. Guida, “Design of a Non-Back-Drivable Screw Jack Mechanism for the Hitch Lifting Arms of Electric-Powered Tractors,” *Actuators*, vol. 11, no. 12, pp. 1–13, 2022, doi: 10.3390/act11120358.
 - [11] Z. Asus, M. A. AB RAHMAN, and Zul-hilmi Bin Che Daud, “Portable and Compact Tire-Clamping Mechanism for Medium Sized Tire,” *J. Transp. Syst. Eng.*, vol. 1, pp. 36–40, 2021, doi: 10.11113/jtse.v8.142.
 - [12] “No Title”, [Online]. Available: https://aatprod.com/hrf_faq/what-is-the-pitch-diameter/
 - [13] “Power cylinder linipower jack”.
 - [14] M. Tauvqiirrahman *et al.*, “Journal Bearing Dengan Pelumas Non-Newtonian Dengan Perangkat,” *J. Tek. Mesin S-I*, vol. 10, no. 1, pp. 43–48, 2022.
 - [15] “No Title”.
 - [16] J. Xin, Z. Wang, X. Hao, X. Qi, Y. Wang, and B. Wen, “Dynamic Characteristics Analysis of Cylindrical Roller Bearing with Dimensional Deviations in Cage Pocket,”

- Appl. Sci.*, vol. 14, no. 20, 2024, doi: 10.3390/app14209433.
- [17] “No Title”, [Online]. Available: <https://www.richmondau.com/product/conveyor-rollers-crr014-2/>
- [18] L. Pongsapan, “PENGARUH PEMBEBANAN OVERLOAD BUCKET TERHADAP KEKUATAN MATERIAL KOMPONEN ARM PADA EXCAVATOR VOLVO EC700B,” pp. 63–73, 2016.
- [19] "Analisis Rangka Batang Menggantung Dengan Menggunakan Metode Keseimbangan Titik Buhul Dan Metode Ritter, ""Analisis Rangka Batang Menggantung Dengan Menggunakan Metode Keseimbangan Titik Buhul Dan Metode Ritter", [Online]. Available: E. O. Z. T. M. A. R. Johan Oberlyn Simanjuntak, %22Analisis Rangka Batang Menggantung Dengan Menggunakan Metode Keseimbangan Titik Buhul Dan Metode Ritter (Potongan) (Studi Literatur),%22 Jurnal Teknik Sipil, vol. 2,%0App. 25 - 38, 2023.
- [20] B. Yuwono, “Perhitungan Kekuatan Struktur Rangka Pada Storage Tank 250 BBL Dengan Beban 16 . 1 Ton di PT . Mudalaya Energi Indonesia,” pp. 1630–1639, 2023.
- [21] S. 03-1729:, “Sni 03-1729-2002,” *Tata Cara Perenc. Strukt. Baja Untuk Bangunan Gedung*, p. 215, 2002.
- [22] H. Hermansyah, J. T. Mesin, P. N. Balikpapan, K. Timur, and O. Stand, “PERANCANGAN DAN SIMULASI STRUKTUR RANGKA OVERHAUL STAND UNTUK PENGGUNAAN ASSEMBLY DAN DIASSEMBLY

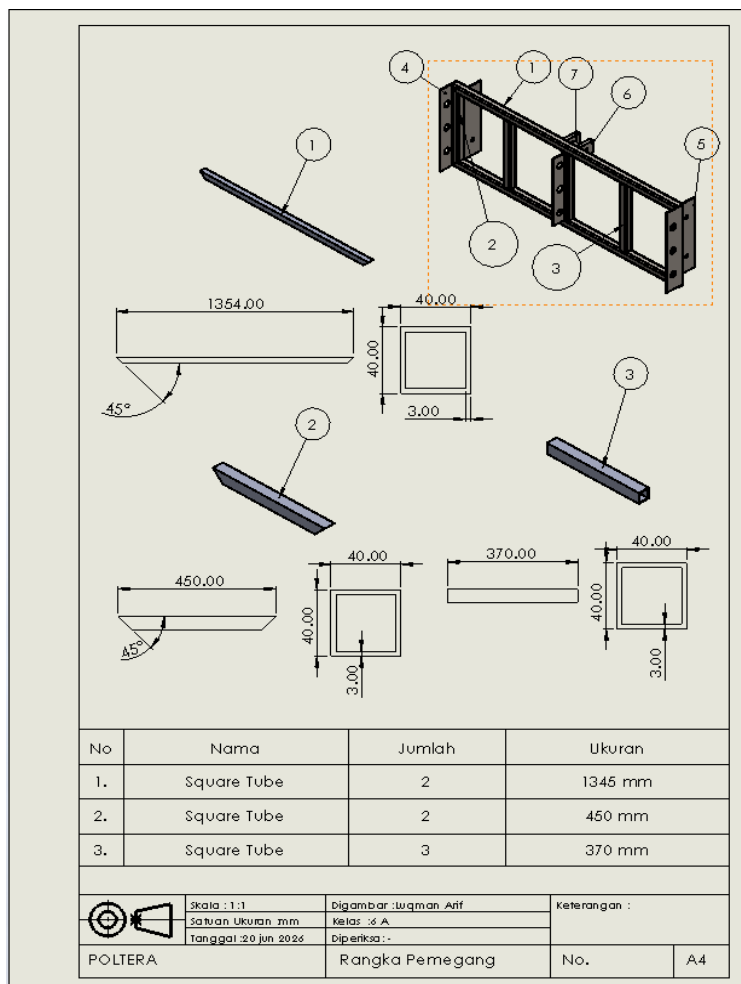
HYDRAULIC CYLINDER,” vol. 10, no. 1, 2021.

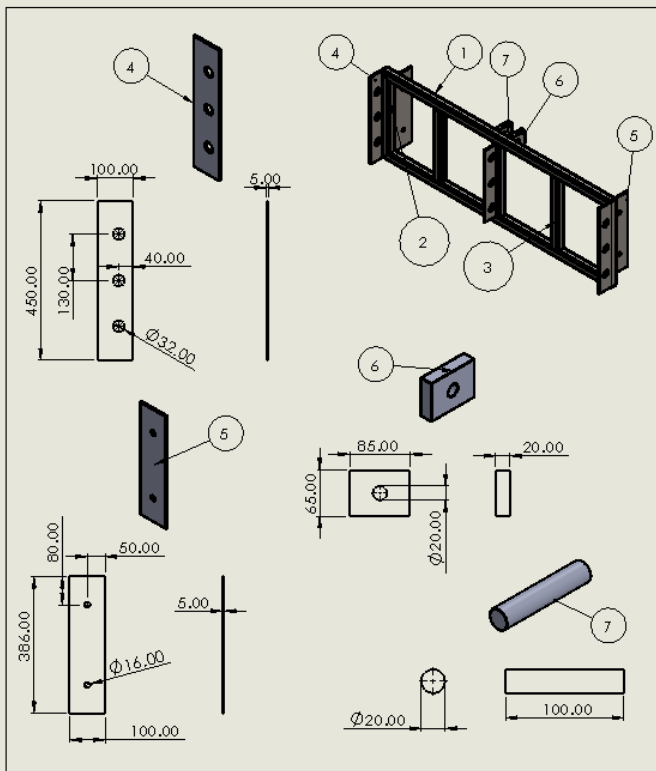
[23] U. T. Umar, “Instruksi kerja alat (ika),” 2024.

[24] “Shigley, J. E., Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2020). Shigley’s Mechanical Engineering Design (11th ed.). McGraw-Hill.”.

LAMPIRAN

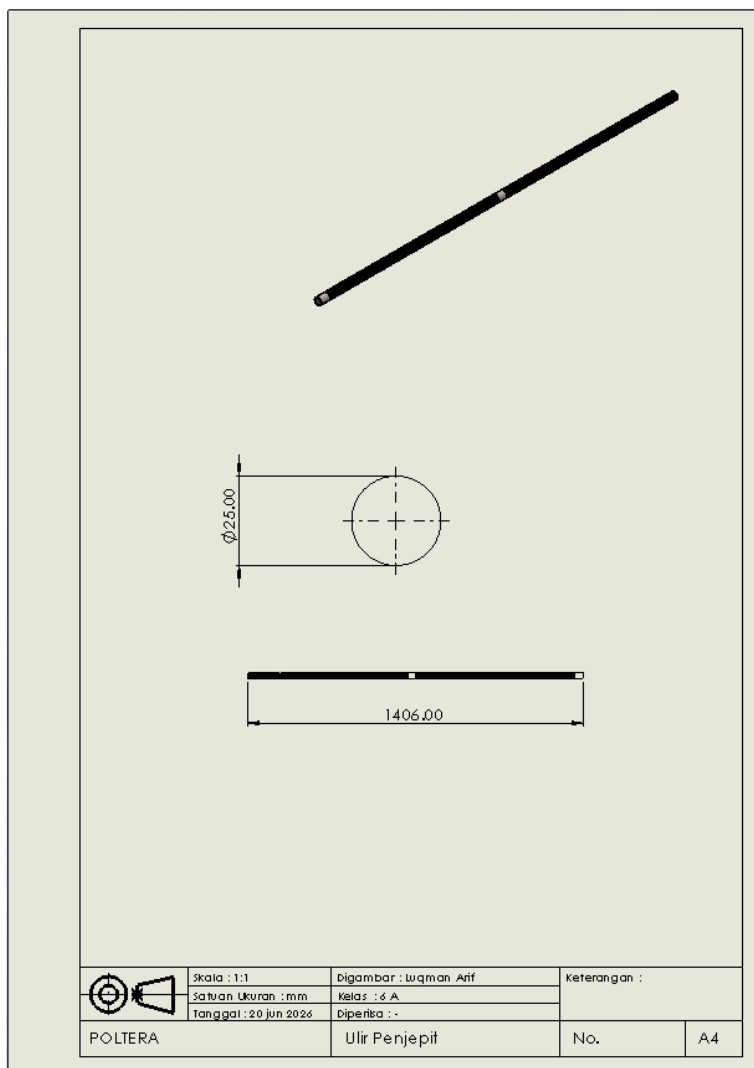
Lampiran 1 *Detail Engineering Design*

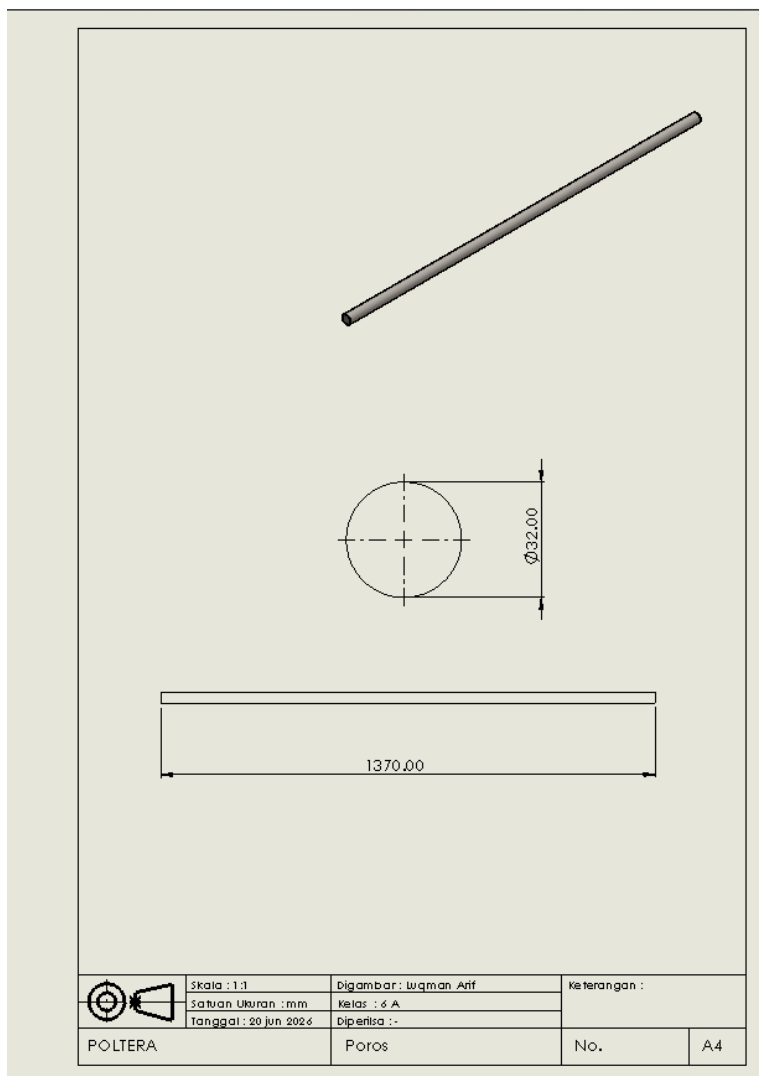


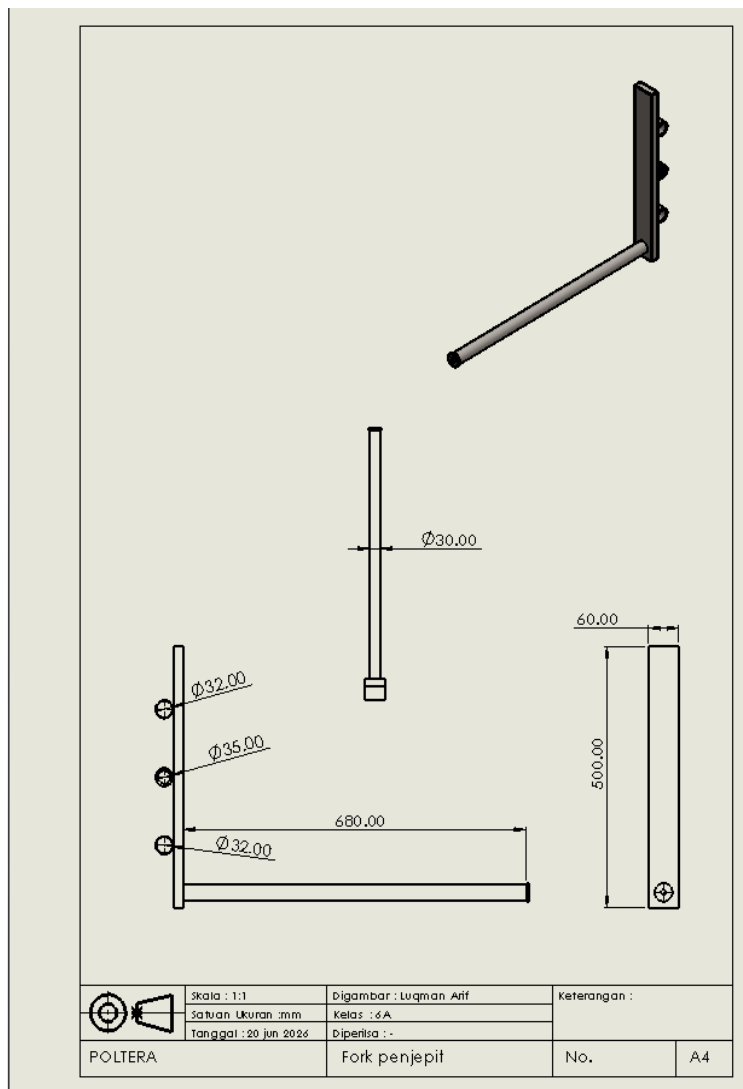


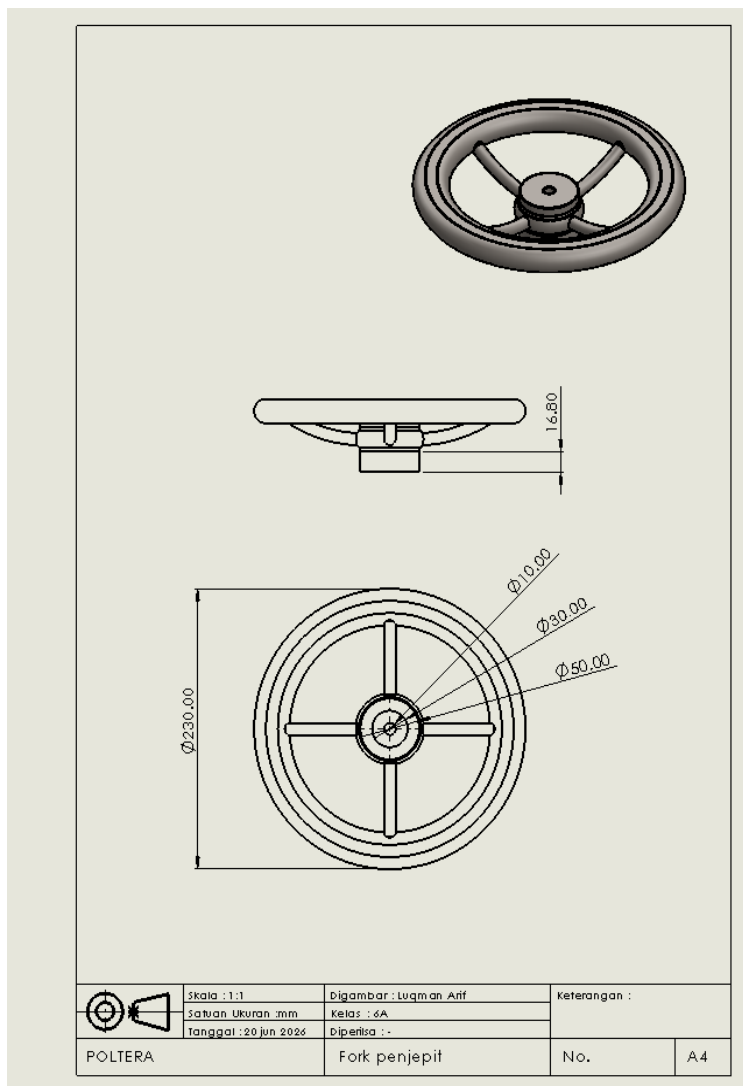
No.	Nama	Jumlah	Ukuran
4.	Plate	3	450 x 100 mm
5.	Plate	2	386 x 100 mm
6.	Plate	2	65 x 85 mm
7.	AS poros	1	100 x 20 mm

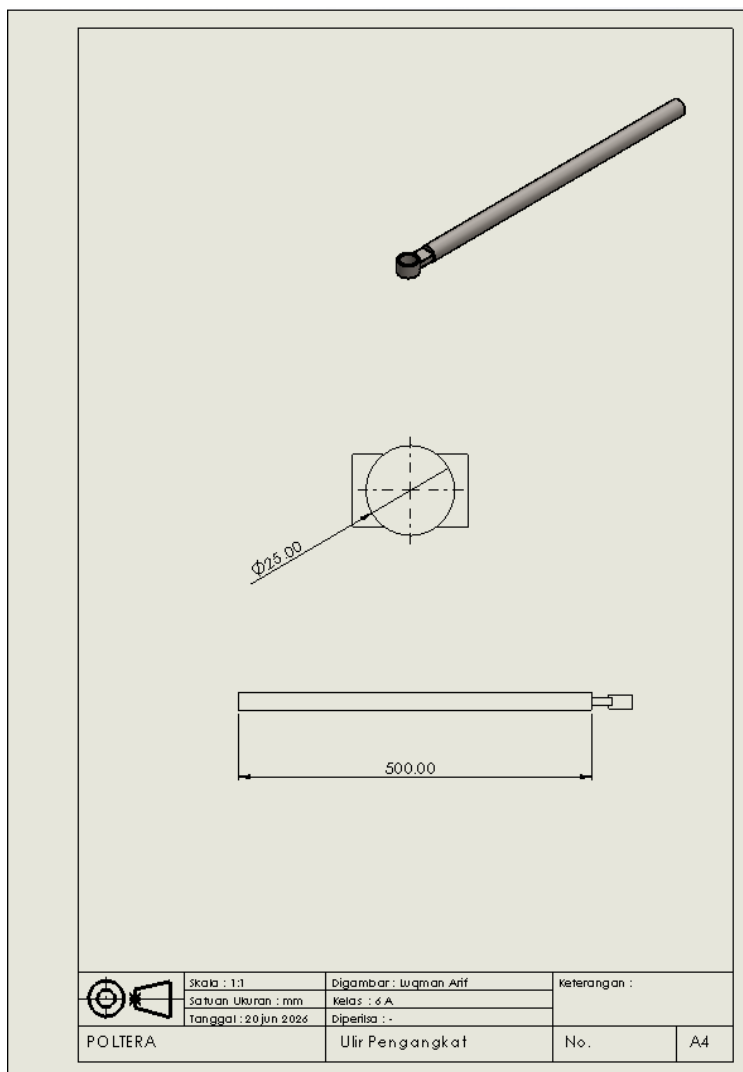
	Skala : 1:1	Digambar: Luqman Arif	Keterangan :	
	Satuan Ukuran : mm	Kelas : 6 A		
	Tanggal 20 Jun 2024	Diperiksa : -		
POLTERA		Rangka Pemegang	No.	A4

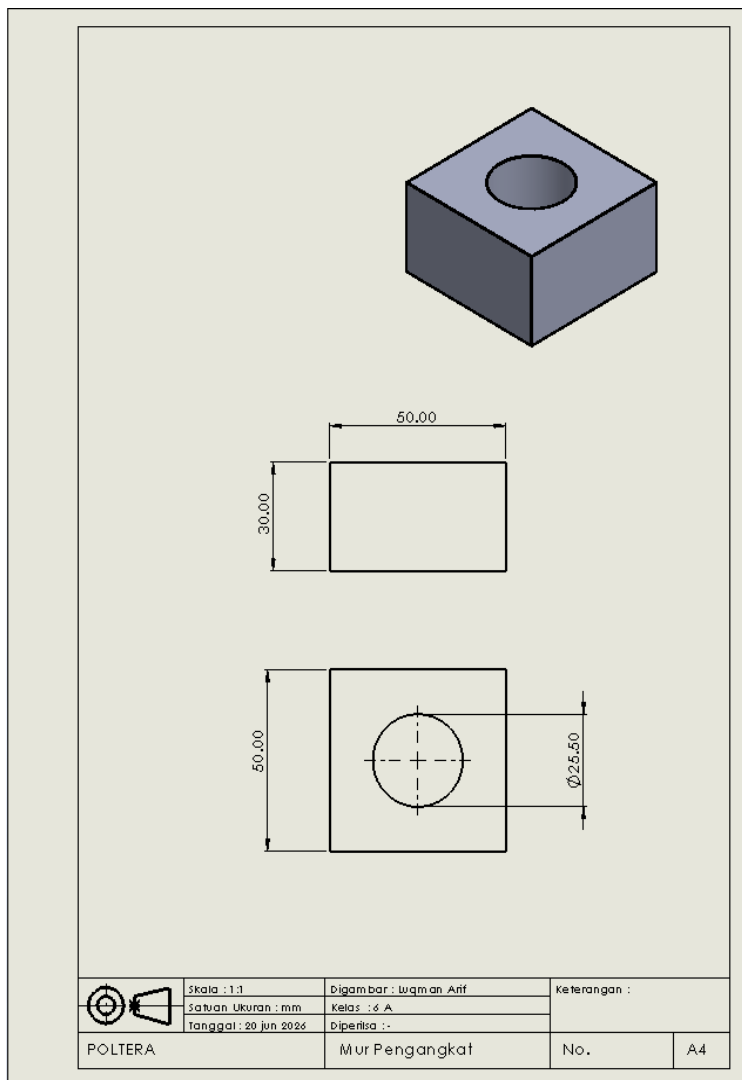






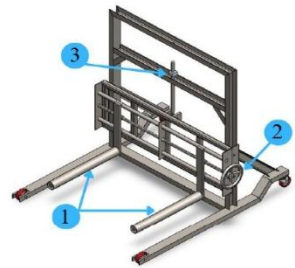






Lampiran 2 Instruksi Kerja Alat

	INTRUKSI KERJA PENGGUNAAN ALAT BANTU REMOVE INSTALL RODA BACKHOE LOADER 416F2		
	Kode/No:	Tanggal Berlaku:	Revisi:
INTRUKSI KERJA PENGGUNAAN ALAT BANTU REMOVE INSTALL RODA BACKHOE LOADER 416F2			
A. Prosedur Pengoperasian 1. Pastikan alat dan seluruh komponennya dalam kondisi baik 2. Posisikan alat sejajar dengan roda yang akan dilepas atau dipasang. 3. Atur posisi roda pada <i>roller</i> (1), kemudian putar <i>hand wheel</i> (2) searah jarum jam hingga roda terjepit dengan stabil. 4. Putar ulir pengangkat (3) searah jarum jam secara bertahap dengan <i>pipe wrench</i> hingga roda terangkat sesuai ketinggian yang dibutuhkan. 5. Lakukan proses pelepasan atau pemasangan roda. 6. Setelah pekerjaan selesai, turunkan roda secara perlahan dengan 7. cara memutar ulir pengangkat (3) berlawanan arah jarum jam menggunakan kunci <i>pipe wrench</i>. 8. Putar <i>hand wheel</i> (2) berlawanan arah jarum jam untuk menurunkan roda, kemudian tarik keluar alat. B. Keselamatan Kerja 1. Gunakan APD (<i>Safety helmet, Safety shoes, Safety gloves</i>) 2. Pastikan roda terjepit dengan baik sebelum dilakukan pengangkatan. 3. Hanya digunakan pada roda <i>unit backhoe loader 416F2</i>. 4. Hentikan penggunaan apabila ditemukan kerusakan pada komponen alat C. Perawatan Alat 1. Bersihkan alat setelah digunakan 2. Lakukan pelumasan pada ulir dan bearing setelah Alat digunakan. 3. Periksa secara visual pada titik sambungan alat. 4. Simpan alat di tempat yang bersih dan kering.			



Lampiran 3 Job Safety Analysis

JOB SAFETY ANALYSIS (JSA)

Alat Bantu Remove-Install Roda Unit Backhoe Loader 416F2

Alat pelindung diri yang diperlukan untuk melaksanakan pekerjaan :

- ☒ Safety Helmet ☒ Safety Vest
☒ Safety Shoes ☒ Safety Gloves

No.	Urutan Langkah Pekerjaan	Potensi Bahaya	Dampak	Pengendalian
1.	Persiapan alat dan area kerja	Area kerja tidak rata, alat rusak, benda berserakan	Alat terguling, pekerja terpeleset	Pastikan area kerja rata, bersih, dan lakukan inspeksi kondisi alat sebelum digunakan
2.	Memposisikan alat sejajar dengan roda	Jari terjepit saat menggeser alat	Cedera tangan	Pegang alat pada bagian yang aman dan hindari menempatkan tangan di titik jepit
3.	Menempatkan roda pada roller	Roda bergeser atau roboh	Tertimpa roda, cedera kaki	Posisikan roda secara perlahan di atas roller dan pastikan stabil sebelum dijepit
4.	Menjepit roda menggunakan hand wheel	Tangan terjepit atau roda tidak terjepit sempurna	Cedera tangan, roda terlepas	Putar hand wheel secara bertahap hingga roda terjepit kuat. Pastikan posisi roda berada di tengah roller
5.	Mengangkat roda menggunakan ulir	Beban jatuh akibat pengoperasian yang tidak benar	Cedera serius dan kerusakan komponen	Putar ulir secara perlahan menggunakan pipe wrench. Jangan melebihi kapasitas alat (175 kg)
6.	Pelepasan atau pemasangan roda	Pergeseran roda saat proses pemasangan	Tangan terjepit, roda jatuh	Pastikan roda tetap stabil selama proses remove-install dan hindari posisi tubuh di bawah roda
7.	Menurunkan roda	Roda turun terlalu cepat	Cedera kaki dan tangan	Putar ulir secara perlahan hingga roda menyentuh lantai dengan aman
8.	Melepaskan penjepit dan menarik alat	Roda bergeser setelah penjepit dilepas.	Roda roboh	Lepaskan penjepit setelah roda benar-benar berada pada posisi aman, kemudian tarik alat secara perlahan
9.	Setelah pekerjaan selesai	Ulir kotor, bearing kering, alat disimpan sembarangan	Kerusakan alat, umur pakai berkurang	Bersihkan alat, lumasi ulir dan bearing, simpan di tempat yang kering

BIODATA PENULIS



Luqman Arif dilahirkan di Lamongan, 29 Maret 2005. Anak dari Bapak Sulaiman dan Ibu Mufidah. Penulis merupakan anak terakhir dari 3 bersaudara, penulis mulai menuntut ilmu di Mim 14 Pambon pada tahun (2011-2017), melanjutkan ke SMP Muhammadiyah 16 Pambon pada tahun (2017-2020), dan melanjutkan ke SMK Negeri 1 Brondong pada tahun (2020-2023). Pada tahun 2023 penulis melanjutkan ke jenjang perguruan tinggi di Politeknik Negeri Madura Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri, Program Studi D3 Teknik Mesin Alat Berat selama 3 tahun (2023-2026). Selama di Politeknik Negeri Madura.