



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**EVALUASI PERUBAHAN NILAI KEKERASAN MATERIAL
AISI 4140 MELALUI UJI KEKERASAN AKIBAT *HEAT
TREATMENT* PADA *BRACKET* PENGANGKUT *GEARBOX***

LAPORAN TUGAS AKHIR

Oleh:

Sultan Gifari
2302311169

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**EVALUASI PERUBAHAN NILAI KEKERASAN MATERIAL
AISI 4140 MELALUI UJI KEKERASAN AKIBAT *HEAT
TREATMENT* PADA *BRACKET* PENGANGKUT *GEARBOX***

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan ini disusun sebagai syarat salah satu untuk menyelesaikan Pendidikan
Diploma III Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

Sultan Gifari

2302311169

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**HALAMAN PERSETUJUAN
LAPORAN TUGAS AKHIR**

**EVALUASI PERUBAHAN NILAI KEKERASAN MATERIAL AISI 4140
MELALUI UJI KEKERASAN AKIBAT *HEAT TREATMENT* PADA
BRACKET PENGANGKUT *GEARBOX***

Oleh:

Sultan Gifari

NIM 2302311169

Program Studi Diploma – III Teknik Mesin

Laporan Tugas Akhir disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Prof. Iwan Susanto, M.T., Ph.D.

NIP. 197905042006041002

Pembimbing 2

Dr. Vika Rizkia, S.T., M.T.

NIP. 198608302009122001

Kepala Program Studi
Diploma – III Teknik Mesin

Nabila Yudisha, S.T., M.T.

NIP. 19931130202312045



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**EVALUASI PERUBAHAN NILAI KEKERASAN MATERIAL AISI 4140
MELALUI UJI KEKERASAN AKIBAT *HEAT TREATMENT* PADA
BRACKET PENGANGKUT *GEARBOX***

Oleh:

Sultan Gifari

NIM 2302311169

Program Studi: DIPLOMA – III Teknik Mesin

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang Tugas Akhir di hadapan penguji pada tanggal 15 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Diploma III pada Program Studi D – III Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin.

DEWAN PENGUJI

NO	NAMA	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1	Dr. Vika Rizkia, S.T., M.T. NIP. 198608302009122001	Ketua		21/7-2026
2	Vina Nanda Garjati, S.T., M.T. NIP. 199206232020122014	Anggota		15/7/26
3	Idrus Assagaf, S.S.T., M.T. NIP. 196811042000121001	Anggota		20/7-2026

Depok, 15 Juli 2026

Disahkan Oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Fuad Zaimuri S.T., M.Si,
NIP. 197602252000121002



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama: Sultan Gifari

NIM: 2302311169

Program Studi: D – III Teknik Mesin

Menyatakan bahwa yang dituliskan pada Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya sendiri bukan jiplakan atau plagiasi dari karya orang lain/lembaga lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan dan temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Tugas Akhir telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar – benarnya.

Depok, 15 Juli 2026



Sultan Gifari

NIM. 2302311169



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

EVALUASI PERUBAHAN NILAI KEKERASAN MATERIAL AISI 4140 MELALUI UJI KEKERASAN AKIBAT *HEAT TREATMENT* PADA *BRACKET* PENGANGKUT *GEARBOX*

Sultan Gifari¹⁾, Iwan Susanto^{1)*}, Vika Rizkia¹⁾

¹⁾Program Studi Diploma – III Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Kampus UI, Depok 16424

*Email: iwan.susanto@mesin.pnj.ac.id

ABSTRAK

Bracket pengangkut *gearbox* merupakan komponen bantu pada proses *lifting* dan *handling* saat kegiatan *Overhaul gearbox*. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh indikasi keretakan *bracket* setelah digunakan selama kurang lebih tiga tahun. Penelitian bertujuan mengevaluasi perubahan nilai kekerasan material AISI 4140 sebelum dan sesudah *Heat treatment* serta membandingkan media *Quenching* oli dan air garam. Proses dilakukan pada temperatur 850°C dengan *Holding time* 45 menit, dilanjutkan *Quenching* dan *Tempering* pada 500°C selama 1 jam. Pengujian menggunakan metode Brinell dengan indenter berdiameter 5 mm. Nilai rata-rata kekerasan spesimen tanpa *Heat treatment* sebesar 137,48 HBN, spesimen oli sebesar 198,82 HBN, dan spesimen air garam sebesar 347,29 HBN. Dibandingkan kondisi awal, peningkatan kekerasan pada spesimen oli sebesar 44,62% dan pada spesimen air garam sebesar 152,61%. Air garam menghasilkan nilai kekerasan tertinggi pada parameter penelitian ini. Hasil tersebut digunakan sebagai evaluasi awal terhadap respons kekerasan AISI 4140 dan tidak digunakan sebagai dasar tunggal untuk menentukan penyebab retak atau kelayakan keseluruhan *bracket*.

Kata kunci: AISI 4140, *Heat treatment*, *Quenching*, Brinell, kekerasan



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

EVALUASI PERUBAHAN NILAI KEKERASAN MATERIAL AISI 4140 MELALUI UJI KEKERASAN AKIBAT *HEAT TREATMENT* PADA *BRACKET* PENGANGKUT *GEARBOX*

Sultan Gifari¹⁾, Iwan Susanto^{1)*}, Vika Rizkia¹⁾

¹⁾Program Studi Diploma – III Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Kampus UI, Depok 16424

*Email: iwan.susanto@mesin.pnj.ac.id

ABSTRACT

The gearbox lifting bracket is an auxiliary component used during gearbox lifting and handling in Overhaul activities. This study was initiated by an indication of cracking after the bracket had been used for approximately three years. It evaluates changes in the hardness of AISI 4140 steel before and after Heat treatment and compares oil and saltwater Quenching media. The specimens were heated to 850°C, held for 45 minutes, quenched, and tempered at 500°C for 1 hour. Brinell Hardness Testing was performed using a 5 mm diameter indenter. The average hardness values were 137.48 HBN for the untreated specimen, 198.82 HBN for the oil-quenched specimen, and 347.29 HBN for the saltwater-quenched specimen. Compared with the initial condition, hardness increased by 44.62% with oil and 152.61% with saltwater. Saltwater produced the highest hardness under the parameters applied in this study. The results provide an initial evaluation of the hardness response of AISI 4140 and are not used as the sole basis for determining the cause of cracking or the overall suitability of the bracket.

Keywords: AISI 4140, Heat treatment, Quenching, Brinell, hardness



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan ridha-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Evaluasi Perubahan Nilai Kekerasan Material AISI 4140 Melalui Uji Kekerasan Akibat *Heat treatment* pada *Bracket* Pengangkut *Gearbox*”. Penyusunan Tugas Akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Program Diploma III Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis memperoleh banyak bantuan, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala nikmat, rahmat, dan karunia-Nya yang senantiasa diberikan kepada penulis selama pelaksanaan praktik kerja lapangan hingga penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moral maupun material, serta doa yang tiada henti kepada penulis.
3. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
4. Ibu Nabila Yudisha, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
5. Bapak Prof. Iwan Susanto, M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan selama pelaksanaan serta penyusunan Tugas Akhir.
6. Ibu Dr. Vika Rizkia, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan selama proses penyelesaian Tugas Akhir.

Depok, 15 Juli 2026

Sultan Gifari



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Gearbox.....	7
2.2 <i>Bracket</i> Pengangkut <i>Gearbox</i>	7
2.2.1 Cara kerja <i>bracket</i> pengangkut <i>gearbox</i>	8
2.2.2 Pembebanan pada <i>Bracket</i> Pengangkut <i>Gearbox</i>	9
2.2.3 Kondisi Kerja dan Indikasi Kerusakan <i>Bracket</i> Pengangkut <i>Gearbox</i>	10
2.3 Material AISI 4140.....	11
2.3.1 Komposisi Kimia dan Kondisi Sifat Mekanik AISI 4140.....	11



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.3.2 Struktur Mikro Baja AISI 4140.....	12
2.3.3 Diagram <i>Continuous Cooling Transformation</i> AISI 4140.....	13
2.4 <i>Heat treatment</i> Baja	15
2.4.1 <i>Hardening</i>	16
2.4.2 <i>Holding time</i>	17
2.4.3 <i>Quenching</i>	18
2.4.4 <i>Tempering</i>	19
2.4.5 Mekanisme Transformasi Fasa pada <i>Hardening</i> dan <i>Tempering</i>	20
2.4.6 Faktor Pengendali dan Risiko Proses <i>Heat treatment</i>	21
2.5 Uji Kekerasan Brinell.....	22
2.6 Spesimen Uji Kekerasan	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	24
3.1 Diagram Alir Penelitian	25
3.2 Penjelasan Langkah Kerja.....	26
3.2.1 Studi Literatur	26
3.2.2 Penyiapan Spesimen	26
3.2.3 <i>Heat treatment</i>	27
3.2.4 Uji Kekerasan Brinell.....	29
3.2.5 Data Hasil Uji Kekerasan Brinell.....	31
3.2.6 Pengolahan Data	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil Pengujian Kekerasan <i>Brinell</i>	33
4.1.1 Hasil Akhir Spesimen Setelah Uji Kekerasan	34
4.1.2 Data Uji Kekerasan Spesimen Tanpa <i>Heat treatment</i>	34



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.1.3 Data Uji Kekerasan Spesimen <i>Heat treatment</i> dengan Media <i>Quenching</i> Air Garam	34
4.1.4 Data Uji Kekerasan Spesimen <i>Heat treatment</i> dengan Media <i>Quenching</i> Oli	34
4.2 Perhitungan Nilai Kekerasan Brinell dan Nilai Rata-Rata.....	35
4.2.1 Perhitungan HBN Spesimen Tanpa <i>Heat treatment</i>	35
4.2.2 Perhitungan HBN <i>Heat treatment</i> dengan Media Air Garam	36
4.2.3 Perhitungan HBN <i>Heat treatment</i> dengan Media Oli	37
4.2.4 Ringkasan Nilai Rata-Rata Kekerasan	38
4.3 Perbandingan Nilai Kekerasan	38
4.4 Pengaruh Media <i>Quenching</i> terhadap Nilai Kekerasan	39
4.5 Peran <i>Tempering</i> dalam Rangkaian <i>Heat treatment</i>	40
4.6 Hubungan Hasil Kekerasan dengan Aplikasi <i>Bracket</i>	41
BAB V PENUTUP.....	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44
LAMPIRAN.....	46

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gearbox	7
Gambar 2.2 Bracket pengangkut gearbox	8
Gambar 2.3 Cara kerja bracket pengangkut Gearbox	9
Gambar 2.4 Alur pembebanan pada bracket pengangkut gearbox.....	10
Gambar 2.5 Material AISI 4140.....	11
Gambar 2.6 Diagram CCT AISI 4140.....	14
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	21
Gambar 3.2 Persiapan spesimen	22
Gambar 3.3 Tungku furnace.....	23
Gambar 3.4 <i>Hardening</i>	24
Gambar 3.5 Media <i>Quenching</i> oli dan air garam.....	24
Gambar 3.6 <i>Tempering</i>	25
Gambar 3.7 Mesin uji kekerasan Brinell.....	26
Gambar 3.8 Mikroskop indenter	26
Gambar 3.9 Spesimen setelah terkena indenter	27
Gambar 4.1 Hasil akhir spesimen	30
Gambar 4.2 Grafik perbandingan nilai rata-rata kekerasan AISI 4140.....	35



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi kimia umum baja AISI 4140	12
Tabel 2.2 Contoh sifat mekanik AISI 4140 kondisi <i>hardened and tempered</i>	12
Tabel 4.3 Data uji kekerasan spesimen tanpa <i>Heat treatment</i>	30
Tabel 4.4 Data uji kekerasan media <i>Quenching</i> air garam.....	31
Tabel 4.5 Data uji kekerasan media <i>Quenching</i> oli.....	31
Tabel 4.6 Nilai HBN spesimen tanpa <i>Heat treatment</i>	32
Tabel 4.7 Nilai HBN media <i>Quenching</i> air garam.....	33
Tabel 4.8 Nilai HBN media <i>Quenching</i> oli.....	34
Tabel 4.9 Nilai rata-rata kekerasan HBN	34

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Form peminjaman lab	43
--------------------------------------	----



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri transportasi dan alat berat menuntut tingkat keandalan peralatan yang tinggi untuk mendukung kelancaran operasional perusahaan. Salah satu faktor yang memengaruhi keandalan tersebut adalah pelaksanaan kegiatan *Maintenance* yang terencana dan berkelanjutan. *Maintenance* bertujuan menjaga kondisi peralatan agar tetap berfungsi sesuai kebutuhan operasional, mengurangi risiko kerusakan mendadak, serta meminimalkan *downtime* yang dapat mengganggu produktivitas perusahaan [1]. Oleh karena itu, seluruh komponen dan peralatan pendukung *Maintenance* harus memiliki kondisi yang baik dan mampu bekerja secara aman selama digunakan.

Salah satu kegiatan *Maintenance* yang dilakukan pada armada bus Scania adalah *Overhaul gearbox*. *Gearbox* merupakan komponen sistem transmisi yang berfungsi menyalurkan dan mengatur putaran serta torsi dari mesin menuju sistem penggerak kendaraan [2]. Karena memiliki dimensi dan massa yang cukup besar, proses pelepasan maupun pemasangan *gearbox* memerlukan alat bantu khusus untuk menjamin keselamatan kerja dan mempermudah proses penanganan komponen. Pada kegiatan *Overhaul gearbox* digunakan *bracket* pengangkut *gearbox* sebagai alat bantu *lifting* dan *handling*. *Bracket* tersebut berfungsi sebagai titik pengangkatan dan penopang *gearbox* selama proses pelepasan, pemindahan, pemasangan, maupun penyetelan posisi *gearbox*. Kondisi tersebut menyebabkan *bracket* harus memiliki kekuatan mekanik yang memadai agar mampu menahan beban kerja yang diterima selama proses *Maintenance* berlangsung [3].

Berdasarkan data *Maintenance* di PT XYZ, *bracket* pengangkut *gearbox* mengalami keretakan setelah digunakan selama kurang lebih tiga tahun. Keretakan tersebut menyebabkan *bracket* tidak dapat digunakan kembali karena berpotensi menimbulkan risiko keselamatan saat proses *lifting*. Selain itu, kondisi ini berdampak pada keterlambatan pelaksanaan *Overhaul gearbox* dan berpotensi meningkatkan *downtime* kendaraan yang sedang menjalani perawatan. Terjadinya keretakan pada *bracket* menunjukkan bahwa komponen telah mengalami penurunan kemampuan dalam menahan pembebanan selama masa penggunaannya.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Oleh karena itu, diperlukan evaluasi terhadap material penyusun *bracket* untuk mengetahui karakteristik material yang digunakan.

Urgensi pelaksanaan *Heat treatment* pada material bracket berkaitan dengan fungsi komponen tersebut sebagai titik pengangkatan dan penopang gearbox selama proses *lifting* dan *handling*. Dalam penggunaannya, bracket menerima beban dari massa gearbox serta dapat mengalami beban tambahan akibat pergerakan dan penyetelan posisi selama proses pengangkatan. Kondisi bracket yang mengalami keretakan setelah digunakan selama kurang lebih tiga tahun menunjukkan perlunya evaluasi terhadap karakteristik material yang digunakan. Namun, keretakan tersebut tidak dapat langsung disimpulkan terjadi akibat rendahnya nilai kekerasan karena penelitian ini tidak melakukan analisis kegagalan secara menyeluruh.

Material yang digunakan pada *bracket* pengangkut gearbox adalah baja paduan AISI 4140. Baja AISI 4140 merupakan baja paduan kromium dan molibdenum yang banyak digunakan pada komponen teknik karena memiliki kombinasi kekuatan, ketangguhan, dan ketahanan aus yang baik. Material ini umum diaplikasikan pada komponen yang menerima pembebanan tinggi seperti poros, roda gigi, *crankshaft*, dan berbagai komponen struktural lainnya. Selain memiliki sifat mekanik yang baik, AISI 4140 juga memiliki kemampuan perlakuan panas yang baik sehingga karakteristik mekaniknya dapat dimodifikasi sesuai kebutuhan aplikasi [4].

Baja AISI 4140 dipilih karena memiliki kemampuan pengerasan atau *hardenability* yang baik sehingga sifat mekaniknya dapat ditingkatkan melalui proses perlakuan panas. Basori et al menunjukkan bahwa proses *Quenching* pada baja AISI 4140 dapat mengubah struktur mikro material dan meningkatkan nilai kekerasannya [4]. Penelitian Saputra et al juga menunjukkan bahwa jenis media pendingin yang digunakan setelah proses *Hardening* menghasilkan nilai kekerasan yang berbeda [7]. Sementara itu, Badaruddin et al menjelaskan bahwa kombinasi proses *Quenching* dan *Tempering* dapat digunakan untuk mengatur sifat mekanik AISI 4140 agar tidak hanya memiliki kekerasan tinggi, tetapi juga kondisi material yang lebih stabil setelah pendinginan cepat [8].

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pada kondisi awal, sifat mekanik AISI 4140 belum tentu telah disesuaikan secara optimal dengan kebutuhan penggunaan bracket. Oleh karena itu, proses *Heat treatment* penting untuk dikaji karena mampu mengubah struktur mikro dan nilai kekerasan material. Proses *Hardening* dan *Quenching* dapat meningkatkan pembentukan struktur yang lebih keras, sedangkan proses *Tempering* digunakan untuk menstabilkan struktur hasil *Quenching* dan mengurangi tingkat kerapuhan material. Dengan demikian, perlakuan panas pada penelitian ini dilakukan sebagai upaya untuk mengevaluasi peningkatan ketahanan material terhadap deformasi plastis lokal berdasarkan perubahan nilai kekerasannya.

Salah satu sifat mekanik yang dapat digunakan untuk mengevaluasi perubahan karakteristik material adalah nilai kekerasan. Nilai kekerasan menunjukkan kemampuan material dalam menahan deformasi plastis lokal pada permukaannya [5]. Oleh karena itu, pengujian kekerasan Brinell digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui perubahan nilai kekerasan baja AISI 4140 sebelum dan sesudah proses *Heat treatment* [6]. Evaluasi ini digunakan sebagai dasar awal untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas terhadap karakteristik material, tetapi tidak digunakan untuk menentukan performa komponen secara menyeluruh.

Media pendingin merupakan salah satu parameter yang memengaruhi hasil proses *Quenching*. Oli dan air garam memiliki kemampuan menyerap panas serta laju pendinginan yang berbeda. Perbedaan tersebut dapat menghasilkan perubahan struktur mikro dan nilai kekerasan yang berbeda pada material AISI 4140 [7]. Oleh karena itu, kedua media tersebut digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui media *Quenching* yang menghasilkan nilai kekerasan lebih tinggi setelah proses *Heat treatment*.

Selain itu, nilai kekerasan memiliki korelasi empiris dengan kekuatan material pada baja karbon dan baja paduan, sehingga dapat digunakan sebagai indikator tidak langsung dalam mengevaluasi peningkatan kemampuan material terhadap beban kerja [5]. Namun demikian, nilai kekerasan hanya digunakan sebagai indikator awal perubahan sifat mekanik material dan tidak digunakan untuk menyimpulkan performa komponen secara menyeluruh.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan penelitian terdahulu dan kondisi penggunaan bracket tersebut, diperlukan pengujian untuk mengetahui respons material AISI 4140 terhadap proses *Heat treatment*. Penelitian ini membandingkan nilai kekerasan material sebelum dan sesudah perlakuan panas dengan menggunakan media *Quenching* oli dan air garam. Perbandingan tersebut diperlukan karena kedua media memiliki laju pendinginan yang berbeda sehingga dapat menghasilkan perubahan struktur mikro dan nilai kekerasan yang berbeda. Hasil pengujian digunakan sebagai evaluasi awal terhadap pemilihan media *Quenching* untuk material AISI 4140 pada aplikasi bracket pengangkut gearbox.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tugas akhir, rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan nilai kekerasan material AISI 4140 sebelum dan sesudah proses *Heat treatment*?
2. Bagaimana pengaruh media *Quenching* oli dan air garam terhadap perubahan nilai kekerasan material AISI 4140?
3. Media *Quenching* manakah yang menghasilkan nilai kekerasan lebih tinggi pada material AISI 4140?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membandingkan nilai kekerasan material AISI 4140 sebelum dan sesudah proses *Heat treatment*.
2. Menganalisis pengaruh media *Quenching* oli dan air garam terhadap nilai kekerasan material AISI 4140.
3. Menentukan media *Quenching* yang menghasilkan nilai kekerasan lebih tinggi pada material AISI 4140.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan Penulis dalam penyusunan tugas akhir, yaitu :

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. Memberikan informasi mengenai pengaruh proses *Heat treatment* terhadap perubahan nilai kekerasan material AISI 4140.
2. Memberikan perbandingan nilai kekerasan material AISI 4140 sebelum dan sesudah proses *Heat treatment* dengan variasi media *Quenching* oli dan air garam.
3. Menjadi referensi awal dalam pemilihan media *Quenching* pada proses *Heat treatment* material AISI 4140 untuk aplikasi *bracket* pengangkut *gearbox* berdasarkan nilai kekerasan material.
4. Menambah wawasan mengenai penerapan uji kekerasan Brinell sebagai metode evaluasi perubahan sifat mekanik material akibat proses perlakuan panas.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian uji keras Brinell ini, terdapat beberapa batasan masalah yang perlu ditetapkan agar penelitian tetap fokus dan terarah. Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja AISI 4140 yang diaplikasikan pada *bracket* pengangkut *gearbox*.
2. Perlakuan panas yang dilakukan meliputi pemanasan pada temperatur 850°C , *Holding time* selama 45 menit, *Quenching* menggunakan media oli dan air garam, serta *Tempering* pada temperatur 500°C selama 1 jam.
3. Pengujian yang dilakukan adalah uji kekerasan Brinell.
4. Parameter utama yang dianalisis adalah nilai kekerasan material AISI 4140 sebelum dan sesudah proses *Heat treatment*.
5. Penelitian ini hanya membandingkan perubahan nilai kekerasan berdasarkan variasi media *Quenching* oli dan air garam.

1.6 Sistematika Penulisan

Penyusunan laporan tugas akhir ini terdiri dari 5 Bab, dan masing – masing bab terdiri dari sub – bab. Sistematika penulisan Laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan gambaran umum mengenai landasan pemikiran dalam penulisan tugas akhir meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan tugas akhir.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan studi pustaka/literatur, sebagai acuan dalam melakukan pembahasan penelitian terhadap permasalahan yang berkaitan dengan pembahasan masalah pada penelitian ini.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan tentang metodologi yang digunakan penulis dalam melakukan Analisis, yaitu diagram alir penulisan serta metode penelitian untuk memecahkan akar masalah.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan tentang pengumpulan data yang ada untuk penyelesaian masalah penelitian serta perbaikan dan membahas hasil analisis yang dilakukan.

5. BAB V PENUTUP

Kesimpulan harus memberikan jawaban terhadap masalah dan tujuan yang telah ditetapkan dalam perancangan. Saran yang diberikan berupa rekomendasi perbaikan terhadap suatu kondisi berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan Brinell pada material AISI 4140, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Rangkaian *Heat treatment* meningkatkan nilai kekerasan material AISI 4140 dibandingkan kondisi awal. Nilai rata-rata spesimen tanpa perlakuan sebesar 137,48 HBN, spesimen *Quenching* oli dan *Tempering* sebesar 198,82 HBN, serta spesimen *Quenching* air garam dan *Tempering* sebesar 347,29 HBN.
2. Spesimen oli mengalami peningkatan kekerasan sebesar 44,62%, sedangkan spesimen air garam meningkat sebesar 152,61% dibandingkan kondisi awal. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa media yang digunakan berkaitan dengan hasil akhir rangkaian perlakuan panas. Hubungan laju pendinginan dan struktur mikro dijelaskan secara teoritis karena penelitian tidak melakukan pengamatan metalografi.
3. Air garam menghasilkan nilai kekerasan tertinggi pada parameter penelitian ini. Hasil tersebut tidak otomatis menunjukkan bahwa air garam merupakan media paling sesuai untuk *bracket*. Penetapan kelayakan komponen memerlukan pengujian ketangguhan, kekuatan, kelelahan, tegangan, struktur mikro, kualitas fabrikasi, dan uji beban.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal yang dapat disarankan untuk pengembangan selanjutnya, yaitu:

1. Penelitian selanjutnya perlu menambah jumlah spesimen dan titik pengujian serta menggunakan beban uji yang dikendalikan sesuai ketentuan metode Brinell agar data lebih representatif.
2. Pengamatan struktur mikro dan identifikasi fasa perlu dilakukan untuk memverifikasi hubungan antara laju pendinginan, martensit, *tempered martensite*, dan nilai kekerasan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Evaluasi aplikasi *bracket* perlu dilengkapi dengan perhitungan beban, analisis tegangan, simulasi, pemeriksaan konsentrasi tegangan, dan uji beban pada komponen aktual.
4. Pengujian tarik, *impact*, dan *fatigue* perlu dilakukan agar peningkatan kekerasan dapat dinilai bersama ketangguhan serta ketahanan terhadap beban berulang.
5. Pengujian kekerasan perlu dilakukan setelah *Quenching* sebelum *Tempering* dan setelah *Tempering* agar pengaruh masing-masing tahap dapat dianalisis secara terpisah.
6. Jenis oli, konsentrasi air garam, temperatur media, volume, agitasi, waktu pemindahan, dan laju pendinginan perlu diukur dan dikendalikan pada penelitian lanjutan.
7. Verifikasi komposisi kimia, sertifikat material, riwayat fabrikasi, dan analisis penyebab retak perlu dilakukan sebelum hasil perlakuan panas diterapkan sebagai rekomendasi pada *bracket* aktual.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. K. Mobley, *Maintenance Fundamentals*, 2nd ed. Oxford, U.K.: Butterworth-Heinemann, 2004.
- [2] M. Mulia, "Analysis of the effect of operational load fluctuations on wear rate in heavy vehicle *gearbox* systems," *Computational: Journal of Computer Science and Information Systems*, 2023.
- [3] L. K. Mangalla and Samhuddin, "Analisis kekuatan konstruksi pada alat angkat kapasitas 500 kg menggunakan software Comsol Multiphysics," *Piston-JT*, vol. 6, no. 1, pp. 1–9, 2021.
- [4] I. Basori, I. Masitah, F. B. Susetyo, and D. Nanto, "The effect of *Quenching* process on the microstructure and *hardness* of AISI 4140 steel," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2866, no. 1, Art. no. 012020, 2024.
- [5] ASTM International, *ASTM E140: Standard Hardness Conversion Tables for Metals*. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International.
- [6] ASTM International, *ASTM E10: Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials*. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International.
- [7] A. Saputra, Purwantono, Rifelino, and B. Syahri, "Pengaruh media pendingin terhadap kekerasan baja AISI 4140 setelah perlakuan panas *Hardening*," *Jurnal Vokasi Mekanika*, vol. 4, no. 3, pp. 62–66, 2022.
- [8] M. Badaruddin et al., "Effect of single and double *Quenching-Tempering Heat treatment* on mechanical properties of AISI 4140 steel," *Journal of Physics: Conference Series*, 2023.
- [9] S. Sirama et al., "Konstruksi alat bantu angkat (*crane*) komponen mesin," *Innovative: Journal of Social Science Research*, 2024.
- [10] S. Mudda, A. Hegde, S. Sharma, B. M. Gurumurthy, M. Shettar, and M. C. Gowrishankar, "Effect of various *Heat treatment* methods and optimization of their parameters on mechanical properties of AISI 4140 steel," *Scientific Reports*, 2025.
- [11] ZwickRoell, "*Brinell Hardness Testing: ISO 6506, ASTM E10*," ZwickRoell Materials Testing.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [12] K. Halmešová et al., “Extended *Continuous Cooling Transformation* (CCT) Diagrams Determined for Additively Manufactured and Conventional Steels,” *Materials*, vol. 15, no. 9, art. 3076, 2022, doi: 10.3390/ma15093076.
- [13] Atlas Steels, “Atlas 4140: Through-*Hardening* Low Alloy Steel Bar,” Technical Data Sheet, revised Apr. 2006.
- [14] M. de J. Barrena-Rodríguez, F. A. Acosta-González, and M. M. Téllez-Rosas, “A review of the boiling curve with reference to steel *Quenching*,” *Metals*, vol. 11, no. 6, Art. no. 974, 2021, doi: 10.3390/met11060974.
- [15] J. Passanha, S. Sharma, A. Hegde, B. Lakshmi, G. Shankar, and G. Murthy, “Experimental and statistical analysis of vegetable oil-brine egg yolk emulsion quench on the properties of AISI 4140 steel,” *Cogent Engineering*, vol. 9, no. 1, Art. no. 2146626, 2022, doi: 10.1080/23311916.2022.2146626.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

FORM PEMINJAMAN ALAT-ALAT LAB LABORATORIUM TEKNIK MESIN DILUAR PRAKTIKUM RUTIN POLITEKNIK NEGERI JAKARTA			
Yang bertanda tangan di bawah ini saya :			
Nama	:	Sultan Gifari	
Kelas / Peminjam	:	MPRO-6D	
Keperluan	:	Uji keras	
Nama Alat / Mesin	:	Uji Keras brinell dan heat treatment	
Tanggal Peminjaman	:	25-06-2026	Tanda Tangan
Tanggal Pengembalian	:	25-06-2026	Tanda Tangan
Jaminan Peminjaman	:	Sim	
Nama	:		
Teknisi / PLP Lab Teknik Mesin (NIP.19	Kepala, Lab Teknik Mesin (NIP.19	Depok, . 20 Peminjam. Pengguna Alat/Mahasiswa ()	
Contoh Keperluan : Tugas Akhir, Penelitian, Pribadi, DLL			
Catatan Peminjaman dan pengembalian : Baik, Rusak, DLL			
Pinjam			
Kembali			

Lampiran 1 Form peminjaman lab