

**ANALISA SIFAT MEKANIK MATERIAL S45C PADA PENA  
*BUCKET TEETH EXCAVATOR SERI MA 500***

**Tugas Akhir**

Disusun sebagai salah satu syarat untuk  
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Ilham Azhar

221411016



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MANUFAKTUR  
JURUSAN TEKNIK MANUFAKTUR  
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

**2025**

**LEMBAR PENGESAHAN**

Tugas Akhir yang berjudul:  
**ANALISA SIFAT MEKANIK MATERIAL S45C PADA PENA *BUCKET*  
*TEETH EXCAVATOR* SERI MA 500**

Oleh:  
Ilham Azhar  
221411016

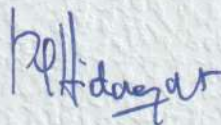
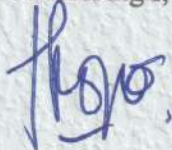
Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program  
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)  
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, Tanggal, tahun

Disetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,



**Antonius Adi Soetopo, SST, MT.**

**Reza Yadi Hidayat, ST, MT.**

**NIP. 196506102003121001**

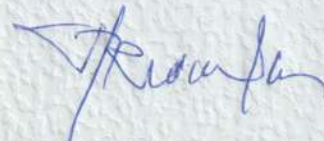
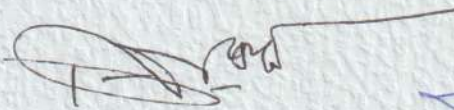
**NIP. 196309061992011001**

Disahkan,

Penguji I,

Penguji II,

Penguji III,



**Dr. Heri Setiawan S.T., MT**

**Moch. Sadiyo. S.ST., M.T**

**Iwan Harianton BSME., M.Eng**

**NIP.196707011992031001**

**NIP. 197301032003121001**

**NIP. 196405071992011001**

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ilham Azhar  
NIM : 221411016  
Jurusan : Teknik Manufaktur  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur  
Jenjang Studi : Diploma 4  
Jenis Karya : Tugas Akhir  
Judul Karya : ANALISA SIFAT MEKANIK MATERIAL S45C PADA PENA *BUCKET TEETH EXCAVATOR* SERI MA 500

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung  
Pada tanggal : 17 – 07 – 2025

Yang Menyatakan,

(Ilham Azhar)

NIM 221411016

## PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ilham Azhar  
NIM : 221411016  
Jurusan : Teknik Manufaktur  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur  
Jenjang Studi : Diploma 4  
Jenis Karya : Tugas Akhir  
Judul Karya : ANALISA SIFAT MEKANIK MATERIAL S45C  
PADA PENA *BUCKET TEETH EXCAVATOR*  
SERI MA 500

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung

Pada tanggal : 17 – 07 – 2025

Yang Menyatakan,

(Ilham Azhar)

NIM 221411016

## **MOTO PRIBADI**

Aku percaya bahwa hidup bukan soal seberapa cepat kita sampai, tapi seberapa kuat kita ditempa dalam perjalanan. Seperti baja yang menjadi kokoh setelah melewati panas dan tekanan, aku pun siap menghadapi tantangan sebagai proses untuk tumbuh, bukan untuk runtuh. Setiap kegagalan adalah guru, setiap rintangan adalah peluang untuk melangkah lebih bijak dan lebih tangguh. Aku memilih untuk tidak berjalan di zona nyaman, karena aku tahu hanya dengan usaha luar biasa, hasil luar biasa bisa tercapai. Ilmu adalah bekalku, disiplin adalah jalanku, dan tekad adalah mesinku. Aku tidak ditakdirkan untuk biasa-biasa saja aku dilahirkan untuk merancang masa depan, membangun sesuatu yang berarti, dan meninggalkan jejak, bukan sekadar hadir.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya tercinta, kakak dan adik saya, teman-teman saya dan semua pihak yang telah membantu saya menyelesaikan tugas akhir ini. Jazakallahu Khairan.

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepadaNya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlindung kepadaNya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalanNya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembah yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagiNya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hambaNya dan RasulNya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “**ANALISA SIFAT MEKANIK MATERIAL S45C PADA PENA BUCKET TEETH EXCAVATOR SERI MA 500**”. Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Darma Firmansyah Undayat, S.ST., M.T.
2. Ketua Jurusan Teknik Manufaktur, Bapak Dr. Herman Budi Harja, S.T., M.T., IPM.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Bapak Dr. Heri Setiawan, S.T., M.T.
4. Pembimbing Satu Tugas Akhir Bapak Antonius Adi Soetopo, SST, MT. yang telah membimbing penelitian dan penulis dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir.
5. Pembimbing Dua Bapak Reza Yadi Hidayat, ST,MT. yang telah membimbing penelitian dan penulisan dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir.

6. Para Penguji sidang tugas akhir Bapak Dr. Heri Setiawan, ST., MT Bapak Iwan Harianton BSME., M.Eng, dan Bapak Moch. Sadiyo. S.ST., M.T
7. Panitia tugas akhir jurusan Teknik Manufaktur.
8. Instruktur Politeknik Manufaktur, yang telah membantu dalam permesinan dan proses perlakuan panas material. Serta saran dan intruksi kepada penulis hingga dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir.
9. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Ibu Elis dan Bapak Ganda yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Untuk kakak Resty Diniati K.N dan Adik Penulis Fahrizal Anfasa Azhar yang telah memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Untuk sahabat dari kecil penulis Mustafa Baqir yang telah memberikan dukungan dalam berbentuk alat penunjang keberhasilan tugas akhir ini.
12. Untuk sahabat penulis Moch. Fajr Dakwan M yang telah membantu memberikan masukan terhadap isi penulisan dan masukan untuk penulisan ini.
13. Untuk sahabat-sahabat penulis Billy Heriawan, Ahmad Fauzi, Ady Rustandi, Rangga Sulaiman.T, Ahmad Ramdan, Satrio Wibowo, Hijrian Khalil Rahman, Anggie Widya Pratama dan rekan-rekan seperjuangan program studi Teknologi Rekayasa Manufaktur atas dukungan maupun semangat yang diberikan.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, Juli 2025

Penulis

## ABSTRAK

Penggunaan alat berat seperti excavator dalam industri konstruksi dan pertambangan memerlukan komponen dengan kekuatan mekanik yang unggul untuk menahan beban berat dan kondisi kerja yang ekstrem. Salah satu komponen kritis adalah pena (pin) pada *bucket teeth*, yang berfungsi sebagai penghubung dan pendukung stabilitas alat berat selama operasi. Material ST37 yang sebelumnya digunakan menunjukkan kelemahan berupa deformasi plastis setelah melalui proses *carburizing* yang menyebabkan ketidakmampuan material ini untuk menahan beban dinamis. Sebagai solusi, material S45C dipilih sebagai pengganti karena memiliki sifat mekanik yang lebih baik, seperti kekuatan tarik tinggi dan ketahanan terhadap deformasi plastis, serta kemampuan pengerasan yang lebih unggul. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat mekanik material S45C pada pena *BUCKET TEETH EXCAVATOR* seri MA 500 setelah melalui proses *hardening* dan yang tidak melalui proses perlakuan panas. Analisis mencakup pengujian kekuatan tarik, kekerasan permukaan, ketahanan terhadap energi kejut, uji bending, dan pengamatan mikrostruktur. Penelitian dilakukan dalam kondisi laboratorium dengan parameter yang menyerupai aplikasi nyata pada alat berat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses perlakuan panas yaitu *hardening* secara signifikan meningkatkan kekerasan permukaan material S45C tanpa mengorbankan ketangguhan inti, sehingga memberikan ketahanan lebih baik terhadap deformasi plastis. Berdasarkan hasil pengujian, material S45C terbukti lebih sesuai untuk aplikasi pena *bucket teeth* dibandingkan material ST37. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi operasional komponen alat berat, sekaligus menjadi referensi dalam pengembangan material di masa mendatang.

**Kata Kunci:** S45C, *hardening*, sifat mekanik, pena *bucket teeth*, excavator

## **ABSTRACT**

*The use of heavy equipment such as excavators in the construction and mining industries requires components with superior mechanical strength to withstand heavy loads and extreme working conditions. One critical component is the pin on the bucket teeth, which serves as a connector and supports the stability of heavy equipment during operation. The previously used ST37 material exhibited weaknesses in the form of plastic deformation after undergoing the carburizing process, rendering it unable to withstand dynamic loads. As a solution, S45C material was selected as a replacement due to its superior mechanical properties, such as high tensile strength, resistance to plastic deformation, and superior hardening capability. This study aims to analyze the mechanical properties of S45C material in the bucket teeth pins of the MA 500 series excavator after undergoing the hardening process. The analysis includes tensile strength testing, surface hardness, resistance to impact energy, bending tests, and microstructure observation. The research was conducted under laboratory conditions with parameters resembling real-world applications in heavy machinery. The results of the study indicate that the hardening process significantly increases the surface hardness of S45C material without compromising core toughness, thereby providing better resistance to plastic deformation. Based on the test results, S45C material was proven to be more suitable for bucket teeth applications than ST37 material. This study is expected to provide technical recommendations for improving the quality and operational efficiency of heavy equipment components, as well as serving as a reference for future material development.*

**Keywords:** *S45C, hardening, mechanical properties, bucket teeth, excavator*

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)</b> .....	<b>iii</b>
<b>MOTO PRIBADI</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>I-1</b>
I.1    Latar Belakang .....	I-1
I.2    Rumusan Masalah .....	I-4
I.3    Batasan Masalah.....	I-4
I.4    Tujuan dan Manfaat .....	I-5
I.5    Sistematika Penulisan .....	I-6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>II-1</b>
II.1    Tinjauan Teori.....	II-1
II.1.1    Pena <i>Bucket teeth</i> pada Excavator.....	II-1
II.1.2    Baja ST37 dan S45C .....	II-3
II.1.3    Perlakuan Panas .....	II-5
II.1.4    Mikrostruktur Material.....	II-9
II.1.5    Sifat Mekanik Material .....	II-10
II.2    Tinjauan Alat.....	II-19
II.2.1    Mesin Bubut Schaublin 150 N.....	II-19
II.2.2    Mesin Uji Tarik.....	II-21
II.2.3    Mesin Uji Kekerasan.....	II-22
II.2.4    Mesin Uji Impak .....	II-24
II.2.5    Mesin Uji Bending .....	II-25
II.2.6    Mesin Tungku Heat Treatment .....	II-26
II.2.7    Mikroskop Metalografi .....	II-27
II.2.8    Mesin Pemoles Metalografi .....	II-28

II.2.9	Spektrometer .....	II-29
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH .....</b>	<b>III-1</b>
III.1	Metodelogi Penelitian .....	III-1
III.2	Diagram Alir Penelitian .....	III-1
III.3	Tempat dan Waktu Penelitian .....	III-5
III.4	Instrumen Penelitian.....	III-6
III.4.1	Mesin Bubut Schaublin 150 N.....	III-6
III.4.2	Mesin Milling Schaublin 53 N.....	III-7
III.4.3	Tungku Pemanas (furnance) .....	III-8
III.4.4	Ultimate Tensile Machine/ Universal Testing Machine .....	III-10
III.4.5	Mesin Uji Impact.....	III-11
III.4.6	Hardnest Tester .....	III-11
III.4.7	Mikroskop Metalografi .....	III-12
III.4.8	Mesin pemoles metalografi.....	III-13
III.4.9	Spektrometer .....	III-14
III.5	Prosedur Pengujian .....	III-14
III.5.1	Spesimen .....	III-14
III.5.2	Perlakuan Panas (heat treatment) pada Spesimen.....	III-17
III.5.3	Analisa Data .....	III-18
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>IV-1</b>
IV.1	Hasil Uji Komposisi.....	IV-1
IV.2	Hasil Uji Kekerasan .....	IV-2
IV.3	Hasil Uji Impak.....	IV-6
IV.4	Hasil Uji Bending.....	IV-12
IV.5	Hasil Uji Tarik.....	IV-21
IV.6	Hasil Mikrostruktur.....	IV-28
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP.....</b>	<b>V-1</b>
V.1	Kesimpulan .....	V-1
V.2	Saran.....	V-2
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>xv</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>xix</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel III.1 Tabel Penjelasan diagram alir. ....	III-3
Tabel III.2 Spesifikasi Mesin Milling Schaublin 53N[33].....	III-8
Tabel III.3 Spesifikasi Tungku Pemanas .....	III-9
Tabel III.4 Rancangan Parameter Perlakuan Panas untuk Spesimen Uji.....	III-17
Tabel III.5 Parameter Prosedur Perlakuan Panas .....	III-17
Tabel IV. 1 Tabel Komposisi Material S45C.....	IV-1
Tabel IV.2 Komposisi Kimia Baja S45C Berdasarkan Standar ASTM A29[34]. .....	IV-1
Tabel IV.3 Tabel Hasil Uji Kekerasan.....	IV-2
Tabel IV.4 Pengelompokan Data Kekerasan Berdasarkan Perlakuan Panas.....	IV-4
Tabel IV.5 Hasil pengujian kekerasan menggunakan metode <i>brinel</i> . ....	IV-4
Tabel IV. 6 Tabel Hasil Sudut Setelah Tumbukan .....	IV-11
Tabel IV.7 Hasil Energi Kejut .....	IV-11
Tabel IV.8 Spesifikasi Spesimen Uji Bending dan Perlakuan Panas.....	IV-13
Tabel IV.9 Hasil Pengujian Bending dan Karakteristik Dimensi Spesimen ST37 dan S45C. ....	IV-19
Tabel IV.10 Hasil konversi gaya maksimum dan yield bending spesimen ke diameter 38 mm.....	IV-21

## DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Ilustrasi komponen <i>bucket excavator</i> [1].	I-1
Gambar I.2 Pena yang mengalami deformasi plastis material ST37.	I-3
Gambar II.1 Gaya yang bekerja pada ena <i>excavator</i> [5].	II-1
Gambar II.2 Diagram fasa besi karbon[10].	II-6
Gambar II.3 Diagram <i>Continuous Cooling Transformation</i> (CCT) untuk baja AISI 1045[14].	II-8
Gambar II.4 skema pengaruh temperatur austenisasi pada struktur mikro baja .	II-9
Gambar II.5 Diagram Uji Kekerasan <i>Vickers</i> [11].	II-12
Gambar II.6 Diagram Uji Kekerasan <i>Rockwell</i> [11].	II-13
Gambar II. 7 Ilustrasi Prinsip Uji Tarik[11]	II-15
Gambar II. 8 Kurva Tegangan-Regangan pada Uji Tarik[11]	II-16
Gambar II.9 Perbedaan Posisi Spesimen Saat Pengujian Impak[11].	II-17
Gambar II.10 Ilustrasi Uji Impact[11]	II-17
Gambar II.11 Pengujian Bending	II-19
Gambar II. 12 Mesin Bubut Schaublin 150N[21].	II-20
Gambar II.13 Mesin Uji Tarik TA HT-8501[24].	II-21
Gambar II.14 Hardness tester di laboratorium Politeknik Manufaktur Bandung.	II-23
Gambar II.15 <i>Hardenst tester analog</i> di laboratorium Politeknik Manufaktur Bandung.	II-24
Gambar II. 16 Mesin Uji Impak[28].	II-25
Gambar II.17 Tungku Pemanas <i>Heat Treatment</i> di laboratorium Politeknik Manufaktur Bandung.	II-27
Gambar II.18 Mikroskop metalografi[32].	II-28
Gambar II.19 Mesin pemoles di laboratorium Politeknik Manufaktur Bandung.	II-29
Gambar II. 20 Spektrometer di laboratorium Politeknik Manufaktur Bandung. .	II-30
Gambar III. 1 Diagram alir penelitian.	III-2
Gambar III.2 Laboratorium Teknik Manufaktur.	III-6
Gambar III.3 Mesin Bubut Schaublin 150N di laboratorium Politeknik Manufaktur Bandung.	III-7
Gambar III. 4 Mesin Milling Schaublin 53N di laboratorium Politeknik Manufaktur Bandung.	III-7
Gambar III.5 Tungku Pemanas di laboratorium Politeknik Manufaktur Bandung.	III-8
Gambar III. 6 Tungku <i>tempering</i> di Laboratorium Politeknik Manufaktur Bandung.	III-9
Gambar III. 7 <i>Universal Testing Machine</i> di laboratorium Politeknik Bandung.	III-10
Gambar III. 8 Impact Tester di laboratorium Politeknik Manufaktur Bandung. .	III-11
Gambar III. 9 <i>Hardness tester rockwell</i> di laboratorium Politeknik Manufaktur Bandung.	III-11
Gambar III.10 <i>Hardenst tester analog</i> di laboratorium Politeknik Manufaktur Bandung.	III-12

Gambar III.11 Mikroskop metalografi di Politeknik Manufaktur Bandung. ...	III-13
Gambar III. 12 Mesin pemoles di laboratorium Politeknik Manufaktur Bandung. .....	III-13
Gambar III.13 Mesin spektrometer emisi optik di laboratorium Politeknik Manufaktur Bandung. ....	III-14
Gambar III. 14 Spesimen Uji Bending Material ST37 .....	III-15
Gambar III.15 Spesimen Uji Bending Material S45C Spesimen Uji bending..	III-16
Gambar III.16 Spesimen Uji Tarik.....	III-16
Gambar III.17 Spesimen uji impak. ....	III-17
Gambar IV. 1 Grafik Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Kekerasan Material IV- 5	
Gambar IV.2 Spesimen Uji Impak.....	IV-7
Gambar IV.3 Hasil Patahan Uji Impak .....	IV-8
Gambar IV.4 Spesifikasi Mesin Uji Impak.....	IV-9
Gambar IV.5 Posisi awal sudut.....	IV-10
Gambar IV.6 Sudut setelah tumbukan .....	IV-10
Gambar IV.7 Grafik Hasil Energi Kejut .....	IV-12
Gambar IV.8 Hubungan Beban terhadap Perpanjangan pada Spesimen Uji Bending Material ST37 <i>Carburizing</i> .....	IV-13
Gambar IV.9 Spesimen Uji Bending Material ST37 Mengalami Deformasi Plastis. .....	IV-14
Gambar IV.10 Hubungan Beban terhadap Perpanjangan pada Spesimen Uji Bending Material S45C Tanpa Perlakuan Panas.....	IV-14
Gambar IV.11 Spesimen Uji Bending Material S45C Tanpa Perlakuan Panas...IV- 15	
Gambar IV. 12 Hubungan Beban terhadap Perpanjangan pada Spesimen 1 Uji Bending Material S45C dengan Perlakuan Panas. ....	IV-16
Gambar IV. 13 Spesimen 1 Uji Bending Material S45C dengan Perlakuan Panas. .....	IV-16
Gambar IV.14 Hasil Uji Bending Spesimen 1.....	IV-17
Gambar IV. 15 Hubungan Beban terhadap Perpanjangan pada Spesimen 2 Uji Bending Material S45C dengan Perlakuan Panas. ....	IV-18
Gambar IV.16 Hasil Uji Bending Spesimen 2.....	IV-19
Gambar IV. 17 Grafik Stress-Strain Material S45C pada Spesimen Tanpa Perlakuan Panas. ....	IV-22
Gambar IV. 18 Hasil Spesimen 1 Uji Tarik Tanpa Perlakuan Panas.....	IV-23
Gambar IV.19 Grafik Stress-Strain Material S45C pada Spesimen 1 Dengan Perlakuan Panas. ....	IV-23
Gambar IV.20 Patahan Hasil Uji Tarik Spesimen 2. ....	IV-24
Gambar IV.21 Grafik Stress-Strain Material S45C pada Spesimen 2 Dengan Perlakuan Panas. ....	IV-25
Gambar IV.22 Patahan Hasil Uji Tarik Spesimen 3. ....	IV-26
Gambar IV.23 Kurva perbandingan Hasil Uji Tarik.....	IV-27
Gambar IV.24 Hasil Mikrostruktur Material S45C Tanpa Melalui Perlakuan Panas pada Spesimen Uji Impak. ....	IV-28
Gambar IV.25 Hasil Mikrostruktur Material S45C Setelah Tempering pada Spesimen Uji Impak.....	IV-29

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Data Uji Komposisi
- Lampiran 2** Data Hasil Kekerasan
- Lampiran 3** Data Hasil Uji Bending
- Lampiran 4** Data Hasil Uji Tarik

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol	Keterangan
S45C	Baja karbon sedang dengan kandungan C $\pm$ 0,45%
ST37	Baja karbon rendah dengan kandungan C $\pm$ 0,17%
$\sigma$	Tegangan tarik (MPa)
$\epsilon$	Regangan (strain) – tanpa satuan
F	Gaya tarik (N)
A <sub>0</sub>	Luas penampang awal spesimen (mm <sup>2</sup> )
$\Delta L$	Pertambahan panjang spesimen (mm)
L <sub>0</sub>	Panjang awal spesimen (mm)
HR	Nilai kekerasan <i>Rockwell</i>
HV	Nilai kekerasan <i>Vickers</i>
J	Joule – satuan energi pada uji impak
HRC	Skala kekerasan <i>Rockwell C</i>
UTM	<i>Universal Testing Machine</i> (mesin uji tarik)
TT	<i>Tempering Temperature</i> (suhu tempering)
HT	<i>Heat Treatment</i> (perlakuan panas)
T	Temperatur (°C)
t	Waktu perlakuan panas (jam)
L	Panjang spesimen uji bending (mm)
d	Diameter/ketebalan spesimen (mm)
B	Lebar spesimen uji bending (mm)
P	Beban maksimum pada uji bending (kgf atau N)
C	<i>Carburizing</i> (proses penambahan karbon permukaan)
H	<i>Hardening</i> (proses pengerasan)
T	<i>Tempering</i> (proses mengurangi kerapuhan setelah hardening)
SEM	<i>Scanning Electron Microscope</i> (mikroskop elektron untuk observasi mikrostruktur)

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Ketahanan dan efisiensi alat berat merupakan bagian yang sangat penting di dalam industri konstruksi dan pertambangan untuk menjalankan sistem operasionalnya. Salah satu alat berat yang paling banyak digunakan yaitu *excavator* memiliki mekanisme kompleks dan komponen yang harus mampu menahan beban berat, gaya gesek, serta kondisi lingkungan yang ekstrem. Pena (pin) pada *BUCKET TEETH EXCAVATOR* merupakan komponen penting sebagai penghubung antara *bucket excavator* dengan *teeth* pengeruk. Selain itu, peran pena sebagai stabilitas alat berat selama pengoperasian, sehingga kualitas dan ketahanannya menjadi faktor utama dalam menentukan umur pakai dan performa *excavator* secara keseluruhan. Berikut Gambar I.1 merupakan ilustrasi yang menunjukkan bagian-bagian dari *bucket excavator* beserta komponennya.



Gambar I.1 Ilustrasi komponen *bucket excavator* [1].

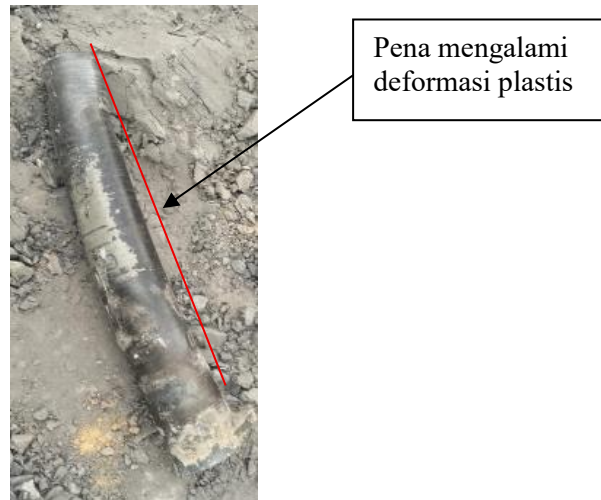
Dalam pengaplikasiannya, pena *bucket teeth* mengalami beban dinamis yang tinggi akibat kontak langsung dengan material keras seperti tanah berbatu, pasir, dan agregat kasar lainnya. Oleh karena itu, material yang digunakan untuk pena *bucket*

*teeth* harus memiliki sifat mekanik yang unggul, terutama dalam hal kekuatan tarik, kekerasan, ketangguhan, dan ketahanan terhadap deformasi plastis.

Pena *bucket teeth* dari pabrikan umumnya memiliki kualitas tinggi yaitu AISI 4340. Seiring waktu pena pada *bucket teeth* mengalami kerusakan akibat faktor umur pemakaian. Beban dinamis yang tinggi, gesekan antara material pengerukan seperti batuan dan tanah, menyebabkan komponen mengalami kerusakan. Sehingga harus diganti secara berkala agar kinerja alat berat tetap optimal.

Penggantian pena original yang sesuai dari pabrikan menghadapi kendala biaya dan ketersediaan. Komponen ini umumnya diimpor langsung dari luar negeri dan memerlukan waktu pemesanan yang cukup lama, serta harga yang relative tinggi. Oleh karena itu, pembuatan alternatif secara lokal muncul dengan memanfaatkan material yang mudah diperoleh yaitu baja ST37.

Material ST37 dipilih digunakan untuk pembuatan pena *bucket teeth* dengan perlakuan panas berupa proses *carburizing*. Karena material ini mempunyai harga ekonomis dan memiliki kemampuan *machinability* yang baik. Pena dari material ST37 diberi perlakuan panas berupa *carburizing* yang bertujuan untuk meningkatkan kekerasan permukaan guna tahanan luluh selama pengoperasian. Namun, meskipun terjadi peningkatan kekerasan permukaan. Pengujian lapangan menunjukkan bahwa material ST37 yang telah melalui proses *carburizing* masih mengalami keterbatasan dalam menahan beban dinamis yang tinggi. Material ini cenderung mengalami deformasi plastis yaitu perubahan bentuk permanen yang terjadi ketika beban kerja melampaui batas kekuatan tariknya. Hal ini mengindikasikan bahwa material ST37 memiliki kelemahan dalam kekuatan inti dan ketahanan deformasi, sehingga kurang optimal untuk aplikasi dengan beban berat dan kondisi kerja ekstrem [2]. Pena yang mengalami deformasi plastis tidak memenuhi fungsi sebagai pengunci dengan baik. Hal ini akan mempengaruhi efisiensi kinerja saat pengoperasian *excavator*. Berikut Gambar I.2 merupakan ilustrasi pena yang mengalami deformasi plastis akibat beban dinamis pada material ST37 yang telah melalui proses perlakuan panas *carburizing*.



Gambar I.2 Pena yang mengalami deformasi plastis material ST37.

Sebagai solusi atas permasalahan tersebut, material S45C dipilih sebagai alternatif pengganti ST37 untuk pembuatan pena *bucket teeth*. S45C merupakan baja karbon sedang yang memiliki kandungan karbon lebih tinggi dibandingkan ST37, sehingga menghasilkan sifat mekanik yang lebih unggul. Material ini memiliki kekuatan tarik yang lebih besar, ketahanan terhadap deformasi plastis yang lebih baik, serta kemampuan pengerasan yang lebih optimal melalui proses perlakuan panas. Proses *hardening* pada S45C tidak hanya meningkatkan kekerasan permukaan, tetapi juga mempertahankan tahanan luluh material, sehingga mampu menahan beban dinamis yang tinggi tanpa mengalami deformasi plastis yang signifikan [3].

Penelitian ini difokuskan pada analisis sifat mekanik material S45C setelah melalui proses *hardening* dan material S45C yang tidak melalui proses perlakuan panas, dengan penerapan pada pena *BUCKET TEETH EXCAVATOR* seri MA 500. Analisis yang dilakukan mencakup beberapa aspek penting, antara lain:

- a) Kekuatan tarik untuk mengetahui kemampuan material dalam menahan beban tarik sebelum mengalami kerusakan.
- b) Kekerasan permukaan untuk mengevaluasi daya tahan material terhadap keausan akibat kontak dengan material abrasif.
- c) Ketahanan terhadap energi kejut untuk memahami material dapat menyerap energi sebelum mengalami deformasi plastis.
- d) Struktur mikro untuk melihat perubahan struktur butiran akibat proses *hardening* dan memahami pengaruhnya terhadap sifat mekanik.

- e) Uji bending untuk menguji fleksibilitas dan ketahanan material terhadap pembebanan yang menyebabkan lenturan.

Melalui serangkaian pengujian laboratorium, penelitian ini diharapkan dapat memberikan data yang mencakup mengenai kinerja material S45C untuk pena *BUCKET TEETH EXCAVATOR* seri MA 500. Hasil penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk mengatasi keterbatasan material ST37 yang sebelumnya digunakan, tetapi juga memberikan rekomendasi teknis yang dapat meningkatkan kualitas dan daya tahan komponen alat berat secara keseluruhan. Dengan meningkatnya kualitas pena *bucket teeth*, efisiensi operasional excavator dapat ditingkatkan, sehingga memberikan manfaat ekonomi yang lebih besar bagi industri konstruksi dan pertambangan.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang memunculkan gagasan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a) Mengapa material ST37 yang telah melalui proses *carburizing* tidak mampu menahan beban dinamis pada pena *BUCKET TEETH EXCAVATOR* seri MA 500?
- b) Bagaimana sifat mekanik material S45C, seperti kekuatan tarik, kekerasan permukaan, ketahanan terhadap deformasi plastis, dan ketahanan terhadap energi kejut, setelah melalui proses perlakuan panas yaitu *hardening* dan material S45C yang tidak melalui proses perlakuan panas?
- c) Bagaimana pengaruh proses perlakuan panas yaitu *hardening* terhadap mikrostruktur material S45C tersebut mempengaruhi sifat mekanik material?
- d) Bagaimana perbandingan kinerja material S45C setelah *hardening* dengan material ST37 yang sebelumnya digunakan?

## **I.3 Batasan Masalah**

Berdasarkan rumusan permasalahan yang sudah diuraikan, agar dapat dibahas lebih spesifik dan terarah maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut.

- a) Penelitian difokuskan pada material S45C dengan perlakuan panas *hardening* sebagai material pembuatan pena *BUCKET TEETH EXCAVATOR* seri MA 500.

- b) Analisis yang dilakukan meliputi pengujian sifat mekanik, seperti kekuatan tarik, kekerasan permukaan, ketahanan terhadap energi kejut, ketahanan menerima beban hingga mengalami deformasi plastis, dan mikrostruktur material.
- c) Pengujian dilakukan dalam kondisi laboratorium dengan parameter beban dan lingkungan yang disesuaikan dengan aplikasi pada *excavator* seri MA 500.
- d) Studi ini tidak mencakup analisis terhadap proses fabrikasi keseluruhan dari pena *bucket teeth* atau pengaruhnya terhadap komponen lain pada *excavator*.

#### **I.4 Tujuan dan Manfaat**

Dari masalah yang telah dipaparkan diatas, penelitian ini bertujuan untuk.

- a) Menganalisis penyebab kegagalan material ST37 yang telah melalui proses *carburizing* dalam menahan beban dinamis pada aplikasi pena *bucket teeth*.
- b) Mengidentifikasi sifat mekanik material S45C, seperti kekuatan tarik, kekerasan permukaan, ketahanan terhadap deformasi plastis, dan ketahanan energi kejut, setelah melalui proses perlakuan panas *hardening* dan material yang tidak melalui proses perlakuan panas.
- c) Mempelajari perubahan mikrostruktur material S45C akibat proses perlakuan panas *hardening* dan material yang tidak melalui proses perlakuan panas terhadap pengaruhnya performa mekanik material.
- d) Memberikan rekomendasi teknis untuk meningkatkan performa pena *BUCKET TEETH EXCAVATOR* seri MA 500 berdasarkan hasil penelitian material S45C.

Adapun manfaat yang diharapkan dengan adanya penelitian ini.

- a) Memberikan solusi teknis terhadap permasalahan deformasi plastis pada pena *BUCKET TEETH EXCAVATOR* seri MA 500.
- b) Menyediakan data sifat mekanik dan mikrostruktur material S45C sebagai referensi dalam aplikasi komponen alat berat.
- c) Mendukung pengembangan material dan proses manufaktur yang lebih efisien dan sesuai dengan kebutuhan industri.

- d) Meningkatkan kualitas dan daya tahan pena *BUCKET TEETH EXCAVATOR*, yang pada akhirnya berkontribusi pada efisiensi operasional dan penurunan biaya perawatan alat berat.

### **I.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika proposal Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisikan data hasil-hasil dari pengujian yang kemudian akan dianalisis.

BAB V PENUTUP, berisikan kesimpulan yang didasarkan pada analisis data serta memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.