

**ANALISA KARAKTERISTIK REMELTING PISTON DENGAN  
PENAMBAHAN PADUAN TEMBAGA (Cu) TERHADAP UJI  
KEKERASAN, KEAUSAN DAN STRUKTUR MIKRO  
DENGAN METODE *SAND CASTING***

**SKRIPSI**



**Oleh:**

**NAMA : Mukhammad Ainur Rozaq**

**NIM : 1911137**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2023**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

SKRIPSI

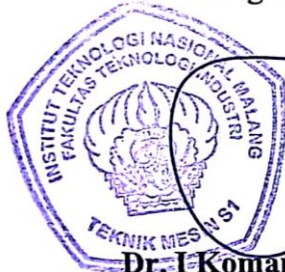
**ANALISA KARAKTERISTIK REMELTING PISTON  
DENGAN PENAMBAHAN PADUAN TEMBAGA (Cu)  
TERHADAP UJI KEKERASAN, KEAUSAN DAN STRUKTUR  
MIKRO DENGAN METODE SAND CASTING**

Disusun Oleh:

Nama : Mukhammad Ainur Rozaq  
Nim : 1911137  
Program Studi : Teknik Mesin S-1

Mengetahui

Ketua Progam Studi Teknik Mesin S-1



**Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.**  
NIP.Y. 1030400405

Diperiksa/Disetujui

Dosen Pembimbing

**Ir. I Wayan Sujana, MT.**  
NIP. 195812311989031012



PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

**PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK**

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Mukhammad Ainur Rozaq  
NIM : 1911137  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul : ANALISA KARAKTERISTIK REMELTING PISTON  
DENGAN PENAMBAHAN PADUAN TEMBAGA (Cu)  
TERHADAP UJI KEKERASAN, KEAUSAN  
DAN STRUKTUR MIKRO DENGAN METODE  
*SAND CASTING*

Dipertahankan di hadapan Tim Ujian Skripsi Jenjang Program Sirata Satu (S-1)

Pada Hari : Senin  
Tanggal : 14 Agustus 2023  
Dengan Nilai : 80,50 (A)

**PANITIA MAJELIS PENGUJI SKRIPSI**

**KETUA**

Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.  
NIP.Y. 1030400405

**SEKERTARIS**

Febi Rahmadlanto, ST., MT.  
NIP.P. 1031500490

**ANGGOTA PENGUJI**

**PENGUJI I**

Dr. Eko Yohanes S, ST., MT.  
NIP.P. 1031400477

**PENGUJI II**

Gerald Adityo Pohan, ST., MENG  
NIP.P.1031500492

## ABSTRAK

Mukhammad Ainur Rozaq (1911137)

Program Studi Teknik Mesin S1 Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Malang

Jl. Raya Karanglo KM 2, Tasikmadu, Kec. Lowokwaru, Kota Malang. 65143

Telp : (0341) 417636

Email : [ainurrozak19@gmail.com](mailto:ainurrozak19@gmail.com)

Penggunaan logam pada aluminium menempati urutan kedua setelah baja atau besi, dan yang tertinggi di urutan pertama adalah logam non ferro. Pengecoran logam selama ini dikenal prosesnya dengan peleburan logam dengan cara dicairkan hingga temperatur titik cair logam kemudian dituang kedalam cetakan. Pada dasarnya proses remelting merupakan proses peleburan dan penuangan kembali material yang sebelumnya sudah mengalami proses peleburan. Oleh karena itu, Penelitian ini diharapkan remelting hasil coran limbah piston bekas dengan penambahan paduan cor Al-Cu dapat mengembalikan struktur mikro pada piston dengan penambahan paduan tembaga untuk meningkatkan sifat mekanik yang lebih baik sehingga dapat diketahui seberapa efektif proses tersebut dalam meningkatkan kekuatan dan ketahanan aus. Karakteristik yang diamati adalah pengujian keausan, struktur mikro dan kekerasan. Pengambilan data pengujian ini dilakukan setelah proses pengecoran limbah piston menjadi spesimen uji untuk dapat dilakukan pengambilan data pengujian kekerasan, keausan, struktur mikro. Uji kekerasan memiliki nilai kekerasan yang berbeda untuk setiap material dengan variasi paduan tembaga Cu yang berbeda dan beban yang digunakan adalah 60 kgf. Pada raw material menghasilkan nilai kekerasan rata-rata sebesar 45 HRB. Kemudian pada variasi 2 Cu nilai kekerasan yang dihasilkan rata-rata sebesar 50,3 HRB. Selanjutnya pada variasi 4 Cu nilai kekerasan yang dihasilkan rata-rata sebesar 56,6 HRB. Sedangkan pada variasi 6 Cu menghasilkan nilai kekerasan rata-rata 64,3 HRB. Nilai kekerasan material pada varian paduan Cu 2, 4 dan 6 pada hasil remelting piston dapat mempengaruhi sifat mekanis suatu material. Pengujian keausan memiliki tingkat keausan yang berbeda-beda pada setiap materialnya dengan variasi paduan tembaga Cu yang berbeda dan beban yang digunakan adalah 50 N dengan waktu selama 1 jam. Pengujian struktur mikro, paduan tembaga dapat memperbaiki sifat dan karakteristik dan juga terbentuknya fase-fase intermetalik seperti Al<sub>2</sub>Cu yang dapat meningkatkan sifat mekanik dari aluminium sehingga menyebabkan kekerasan dan ketahanan aus meningkat seiring dengan penambahan persentase tembaga.

**Kata Kunci : Remelting, Piston, Tembaga**

## ABSTRACT

Mukhammad Ainur Rozaq (1911137)

Program Studi Teknik Mesin S1 Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Malang

Jl. Raya Karanglo KM 2, Tasikmadu, Kec. Lowokwaru, Kota Malang. 65143

Telp : (0341) 417636

Email : [ainurrozak19@gmail.com](mailto:ainurrozak19@gmail.com)

The use of metals in aluminum ranks second after steel or iron, with non-ferrous metals ranking highest. Metal casting is a process known for melting metals by liquefying them until they reach the metal's melting point temperature, and then pouring them into molds. Basically, the remelting process involves melting and re-pouring materials that have previously undergone the melting process. Therefore, this research aims to remelt waste piston castings with the addition of Al-Cu alloy to restore the microstructure of the piston, and the addition of copper alloy to enhance mechanical properties for improved strength and wear resistance. The characteristics observed include wear testing, microstructure, and hardness. Data collection for these tests is conducted after the waste piston casting process to obtain hardness, wear resistance, and microstructure data. Hardness testing yields different hardness values for each material with varying Cu copper alloy compositions, using a load of 60 kgf. The raw material yields an average hardness value of 45 HRB. In variation 2 with Cu, the average hardness value is 50.3 HRB. Furthermore, in variation 4 with Cu, the average hardness value is 56.6 HRB, while in variation 6 with Cu, the average hardness value is 64.3 HRB. The hardness values of the Cu 2, 4, and 6 alloy variants in the remelted piston results can influence the mechanical properties of a material. Wear testing shows varying wear rates for each material with different Cu copper alloy compositions, using a load of 50 N over a period of 1 hour. Microstructure testing indicates that copper alloys can improve properties and characteristics and lead to the formation of intermetallic phases such as Al<sub>2</sub>Cu, which can enhance the mechanical properties of aluminum, resulting in increased hardness and wear resistance with the addition of copper percentage.

**Keywords: Remelting, Piston, Copper**

## KATA PENGANTAR

Dengan rendah hati dan penuh syukur, penulis merangkai kata pengantar ini sebagai ungkapan penghargaan dan rasa terima kasih yang mendalam atas berkat dan bimbingan-Nya. Skripsi ini hadir berkat limpahan rahmat Tuhan Yang Maha Esa, sehingga dapat terselesaikan dengan sebaik-baiknya. Sejurus dengan itu, kata pengantar ini pula sebagai wujud apresiasi penulis atas dukungan, dorongan, serta bantuan berbagai pihak dalam perjalanan penulisan skripsi ini.

Skripsi ini merupakan hasil perjuangan untuk menyelesaikan studi S-1 Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang. Proses ini, bagaikan perjalanan panjang yang tidak akan berarti tanpa sinergi dari orang-orang terdekat. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

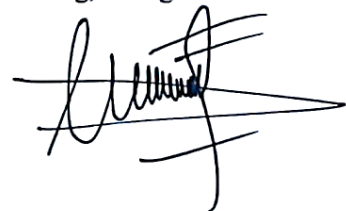
1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan dan kemudahan bagi penyusun sehingga dapat mengerjakan laporan skripsi.
2. Rektor ITN Malang, Bapak Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D, yang telah memberikan kesempatan untuk menimba ilmu di institusi yang luhur ini.
3. Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN, Bapak Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT., atas arahan dan inspirasi yang membimbing perjalanan akademik penulis.
4. Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1 ITN Malang, Bapak Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT., atas dedikasinya dalam membentuk generasi penerus ilmu pengetahuan.
5. Dosen Pembimbing Penyusun Skripsi, Bapak Ir. I Wayan Sujana, MT., yang telah memberikan bimbingan, dukungan, serta wawasan berharga untuk penyusunan skripsi ini.
6. Ketua Bidang Metalurgi dan Material, Bapak Gerald Adityo Pohan, ST., M.Eng., atas waktunya yang berharga dalam memberikan masukan penting bagi perkembangan penelitian ini.

7. Kepala Laboratorium Metalurgi dan Material, Bapak Tito Arif Sutrisno, S.Pd., M.T., atas fasilitas dan dukungannya dalam proses eksperimen skripsi ini.
8. Seluruh Dosen Teknik Mesin S-1 yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan semangat belajar yang tiada henti.
9. Orang Tua beserta keluarga besar, yang tiada hentinya memberikan doa, cinta, dan dukungan tanpa syarat.
10. Rekan sekelompok dan teman-teman Teknik Mesin S-1, yang bersama-sama mengarungi lika-liku kehidupan perkuliahan dengan penuh keceriaan dan inspirasi.

Penulis sadar sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik, saran, dan masukan dari para pembaca sangat diharapkan untuk menyempurnakan karya ini di masa mendatang. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan inspirasi bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Akhir kata, penulis menghaturkan doa semoga segala jerih payah dan usaha yang telah diberikan mendapat ridho dan keberkahan dari-Nya.

Malang, 14 Agustus 2023



Mukhammad Ainur Rozaq

1911137

## PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mukhammad Ainur Rozaq

NIM : 1911137

Program Studi : Teknik Mesin S-1

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang saya buat berjudul “Analisa Karakteristik Remelting Piston Dengan Penambahan Paduan Tembaga (Cu) Terhadap Uji Kekerasan, Keausan dan Struktur Mikro Dengan Metode *Sand Casting*” Skripsi ini adalah hasil dari karya penulis sendiri, tanpa ada duplikasi, kutipan, atau pengambilan sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain, kecuali telah ditunjukkan secara jelas dari sumber aslinya.

Malang, 14 Agustus 2023



Mukhammad Ainur Rozaq

1911137



## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI .....	i
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GRAFIK.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Penelusuran Penelitian Terdahulu .....	4
2.1.1 Penelitian dari (Djiwo dan Purkuncoro 2014).....	4
2.1.2 Penelitian dari (Anderson dkk, 2018) .....	4
2.1.3 Penelitian dari (Alfiana dkk, 2019) .....	4
2.1.4 Penelitian dari (Elbar dan Tampubolon 2020) .....	5
2.1.5 Penelitian dari (Nugroho dkk, 2021).....	5
2.2 Pengertian Aluminium .....	6
2.2.1 Klasifikasi aluminium .....	7
2.3 Klasifikasi Tembaga.....	11
2.4 Karakteristik Piston .....	12

2.5 Pengecoran logam .....	13
2.5.1 Metode Pengecoran .....	14
2.5.2 Jenis-jenis cetakan .....	14
2.6 Sand Casting .....	14
2.6.1 Keuntungan Cetakan Pasir .....	15
2.6.2 Kekurangan Cetakan Pasir .....	16
2.7 Proses Peleburan Logam .....	16
2.8 Temperatur Tuang .....	17
2.9 Proses Penuangan .....	18
2.10 Proses Pembongkaran dan Pemeriksaan Coran .....	18
2.11 Sifat Mekanis.....	19
2.12 Kekerasan Rockwell.....	19
2.12.1 Metode dan Tujuan Pengujian Kekerasan.....	20
2.13 Pengujian Keausan .....	22
2.13.1 Metode dan Tujuan Pengujian Keausan .....	23
2.14 Pengujian Struktur mikro .....	24
2.14.1 Metode dan Tujuan Pengujian Struktur Mikro .....	25
<b>BAB III RANCANGAN PENELITIAN .....</b>	<b>26</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	26
3.2 Alat dan bahan yang digunakan .....	27
3.2.1 Alat Yang Digunakan.....	27
3.2.2 Bahan yang digunakan .....	32
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian .....	37
3.4 Prosedur Penelitian.....	37
3.5 Sampel Penelitian .....	37
3.5.1 Variabel Bebas .....	38
3.5.2 Variabel Terkontrol .....	38
3.5.3 Variabel Terikat.....	39
3.5.4 Tempat Penelitian.....	39
3.6 Proses Penelitian .....	39
3.6.1 Proses Pembuatan Cetakan.....	39
3.6.3 Proses Peleburan Logam .....	38

3.6.4 Proses penuangan Logam Cair .....	40
3.6.5 Proses Pembongkaran dan Pendinginan.....	41
3.7 Pengambilan Data .....	41
3.7.1 Proses Pengujian kekerasan .....	41
3.7.2 Proses Pengujian Keausan.....	42
3.7.3 Proses Pengujian Struktur Mikro .....	43
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>45</b>
4.1 Data Hasil Penelitian .....	45
4.1.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell.....	45
4.1.2 Data Hasil Pengujian Keausan .....	46
4.1.3 Data Hasil Struktur Mikro .....	46
4.2 Pembahasan .....	48
4.2.1 Pembahasan Hasil Uji Kekerasan .....	48
4.2.2 Pembahasan Hasil Uji Keausan.....	50
4.2.3 Pembahasan Hasil Uji Struktur Mikro .....	51
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>55</b>
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran.....	55
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>56</b>
<b>LAMPIRAN I .....</b>	<b>58</b>
<b>LAMPIRAN II.....</b>	<b>59</b>
<b>LAMPIRAN III.....</b>	<b>63</b>
<b>LAMPIRAN IV .....</b>	<b>68</b>
<b>LAMPIRAN V .....</b>	<b>74</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Alumunium .....	6
Gambar 2. 2 Tembaga.....	11
Gambar 2. 3 Sand casting .....	15
Gambar 2. 4 Dapur kowi.....	17
Gambar 2. 5 Pengujian kekerasan.....	20
Gambar 2. 6 Pengujian Rockwell .....	22
Gambar 2. 7 Skematis Sistem Pengujian Keausan Pin-On-Disk.....	24
Gambar 3. 1 Sekop mini .....	27
Gambar 3. 2 Flask .....	27
Gambar 3. 3 Ayakan pasir.....	28
Gambar 3. 4 Penumbuk.....	28
Gambar 3. 5 Feeder dan riser .....	29
Gambar 3. 6 Ladle.....	29
Gambar 3. 7 Thermokoppel .....	30
Gambar 3. 8 Tanur crucible .....	30
Gambar 3. 9 Sarung Tangan .....	31
Gambar 3. 10 Mesin Bubut.....	32
Gambar 3. 11 Piston bekas.....	32
Gambar 3. 12 Sebuk Tembaga.....	33
Gambar 3. 13 Pasir silika .....	33
Gambar 3. 14 Bubuk karbon .....	34
Gambar 3. 15 Bubuk parting.....	34
Gambar 3. 16 Betonite .....	35
Gambar 3. 17 Air .....	35
Gambar 3. 18 Solar .....	36
Gambar 3. 19 Bubuk degasser .....	36
Gambar 3. 20 Simulasi pembuatan cetakan .....	40
Gambar 3. 21 Alat uji kekerasan Rockwell .....	42
Gambar 3. 22 Alat Uji Keausan Pin On Disk .....	43
Gambar 3. 23 Alat Uji Struktur Mikro.....	44
Gambar 4. 1 Struktur Mikro Paduan Cu 0% .....	46

Gambar 4. 2 Struktur Mikro Paduan Cu 2% .....	47
Gambar 4. 3 Struktur Mikro Paduan Cu 4% .....	47
Gambar 4. 4 Struktur Mikro Paduan Cu 6% .....	47
Gambar 4. 5 Struktur Mikro 0% .....	51
Gambar 4. 6 Struktur Mikro 2% .....	52
Gambar 4. 7 Struktur Mikro 4% .....	52
Gambar 4. 8 Struktur Mikro 6% .....	53

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat-sifat fisik aluminium .....	7
Tabel 2. 2 Sifat-sifat mekanik aluminium.....	7
Tabel 2. 3 Klasifikasi paduan aluminium tempaan.....	8
Tabel 2. 4 Komposisi material piston .....	13
Tabel 2. 5 Standar Indentor Penekanan Rockwell .....	21
Tabel 2. 6 Skala Pemakaian Indentor.....	21

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Rata-rata Nilai Kekerasan Rockwell .....	48
Grafik 4. 2 Nilai Berat Yang Hilang Pengujian keausan .....	50