

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

Mukhammad Ainur Rozaq<sup>1</sup>, I Wayan Sujana<sup>2</sup>

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)

## ABSTRAK

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

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

## PENDAHULUAN

Saat ini, di Indonesia penggunaan material logam telah meningkat pesat sejalan dengan kemajuan teknologi. Logam aluminium menduduki peringkat kedua dalam penggunaannya setelah baja atau besi, sementara logam non ferro menempati peringkat teratas. Aluminium diolah menjadi paduan untuk memproduksi piston, blok mesin, kepala silinder, dan katup (Raharjo 2010).



**Gambar 1** Limbah Piston Bekas

Dampak dari banyaknya penerapan material logam dalam kehidupan sehari-hari pada akhirnya menghasilkan limbah dan sampah yang tidak dimanfaatkan secara optimal. Penanganan limbah diatur oleh Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia melalui peraturan berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 13 Tahun 2012, Pasal 1 Ayat 1. Peraturan tersebut mencakup praktik 3R, yaitu Kegiatan yang melibatkan reduksi, penggunaan kembali, dan daur ulang, atau pembatasan sampah, serta penggunaan kembali dan daur ulang sampah (Dantes dan Gunawan 2017).

Pengecoran logam selama ini dikenal prosesnya dengan peleburan logam dengan cara dicairkan hingga temperatur titik cair logam kemudian dituang kedalam cetakan. Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk mendapatkan material dengan sifat fisik dan mekanik yang diinginkan adalah metode remelting. Metode ini mengubah karakteristik material dasar dengan cara meleburkannya dan menuangnya kembali. Proses remelting ini sebenarnya melibatkan tahap peleburan kembali material yang sudah sebelumnya mengalami proses peleburan. Selain itu, remelting juga merupakan bagian integral dari siklus hidup aluminium. (Surojo, Triyono, dan Wahyudi 2009).

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. Peleburan limbah piston ini divariasikan dengan penambahan paduan tembaga sebesar (2%, 4%, 6%). Karakteristik yang diamati yang diamati adalah pengujian keausan, struktur mikro dan kekerasan. Di samping itu, penggunaan aluminium sebagai materi untuk produksi piston mengalami pertumbuhan yang signifikan seiring meningkatnya produksi kendaraan. Kondisi ini berpotensi memfasilitasi perkembangan material piston yang lebih tahan lama dan efisien.

## METODE PENELITIAN

### *Studi Literatur*

Studi ini dilakukan dengan cara meneliti dan mempelajari referensi di jurnal atau buku dan mengarahkan kerja lapangan ke dalam bahan dan proses yang digunakan untuk menemukan inovasi yang dapat dikembangkan untuk penelitian dan pengembangan masyarakat..

### *Proses pembuatan spesimen*

Proses pembuatan spesimen yang akan digunakan sebagai bahan untuk pengujian kekerasan, keausan dan struktur mikro dengan paduan tembaga (Cu) 2%, 4% dan 6% yang meliputi proses pembuatan cetakan pasir dan peleburan

Adapun tahapan dalam pembuatan spesimen sebagai berikut :

Proses pembuatan cetakan pasir :

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

- a. Pertama adalah proses pengayakan pasir silika dan betonit kemudian dicampur dan ditambah air sebanyak yang dibutuhkan yang kemudian diaduk sampai merata.
- b. Menyiapkan cup dan drag di lantai yang datar dan mengolesi pola dengan serbuk karbon agar mudah dilepas.
- c. Membalik cup dan meletakkan pola ditengah-tengah rangka cetakan lalu ditimbun dengan pasir yang sudah diaduk dan dipadatkan.
- d. Membalik cup dan kemudian mengambil pola secara perlahan.
- e. Memasang pola dan mengolesi pasir dengan bubuk parting secara merata agar tidak menempel.
- f. Memasang drag dan membuat saluran tuang dan udara kemudian isi dengan pasir dan padatkan dengan penumbuk.
- g. Setelah selesai lepaskan batang untuk saluran tuang dan pisahkan antara cup dan drag untuk mengambil pola kemudian satukan lagi dan biarkan selama 1 jam.

Proses peleburan dan pembuatan spesimen uji :

1. Pertama dengan menyiapkan limbah piston yang telah dibersihkan.
2. Mengisi bahan bakar pada tangka dapur kowi crucible.
3. Menyalakan dapur kowi dan kemudian mengatur setelah blower hingga api sesuai dengan kebutuhan.
4. Setelah ± 2 jam proses peleburan hingga material logam mencair diberi serbuk degasser untuk menghilangkan gas dan coverall untuk menarik terak kepermukaan yang kemudian dilakukan pengambilan terak yang ada dipermukaan.
5. Melakukan penuangan paduan tembaga ke dalam dapur peleburan material logam. Variasi penuangan Paduan tembaga adalah 2%, 4% dan 6% dan aduk sampai merata dan biarkan sampai temperature 1.085°C.
6. Memastikan temperature logam cair stabil di dalam tungku dengan memakai sarung tangan anti panas dan melakukan pengecekan temperature menggunakan thermokopel.
7. Selanjutnya pengambilan logam cair menggunakan ladle dan menuangkan ke dalam cetakan yang telah dibuat. Penuangan dilakukan pada temperature 750°C.
8. Setelah dibiarkan selama beberapa jam dan dilakukan pembongkaran dan dilakukan pembentukan spesimen untuk uji kekerasan, keausan dan struktur mikro.

*Pengambilan Data*

Proses pengambilan data dengan variabel pulley yang dilakukan secara bergantian.

Tabel hasil data pengujian dibawah ini menunjukkan tahapan pengujian yang diambil datanya selama proses pengujian hasil cacahan dengan proses uji impak dengan beberapa indikator variabel yang berbeda-beda terhadap perlakuannya.

Indeks Variabel					
No	Variable Bebas	Variabel Terikat	Variable Terkontrol		
	Paduan Cu 2%, 4% dan 6%	Limbah piston bekas	Pengujian Kekerasan	Pengujian Keausan	Struktur Mikro
1.	Raw Material	2,5 kg	60 kgf	50 N	Mikroskop perbesaran 200 kali
2.	Paduan Cu 2%	2,5 kg	60 kgf	50 N	Mikroskop perbesaran 200 kali
3.	Paduan Cu 4%	2,5 kg	60 kgf	50 N	Mikroskop perbesaran 200 kali
4.	Paduan Cu 6%	2,5 kg	60 kgf	50 N	Mikroskop perbesaran 200 kali

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

*Hasil Uji Kekerasan*

Uji kekerasan pada benda uji hasil peleburan piston, untuk membandingkan kekerasan benda uji dengan variasi paduan tembaga (Cu) 2%, 4% dan 6%. dengan metode sand casting dengan beban pada yang digunakan 60kgf.

**Tabel 1 Uji Kekerasan**

No	Variasi Persentase	Titik Pengujian	Nilai Kekerasan (HRB)	Rata-rata Nilai Kekerasan (HRB)
1	Raw Material	1	40	45
		2	55	
		3	40	
2	Aluminium 2% Cu	1	50	50,3
		2	47	
		3	54	
3	Aluminium 4% Cu	1	56	56,6
		2	55	
		3	59	
4	Aluminium 6% Cu	1	65	64,3
		2	66	
		3	62	

*Hasil Uji Keausan*

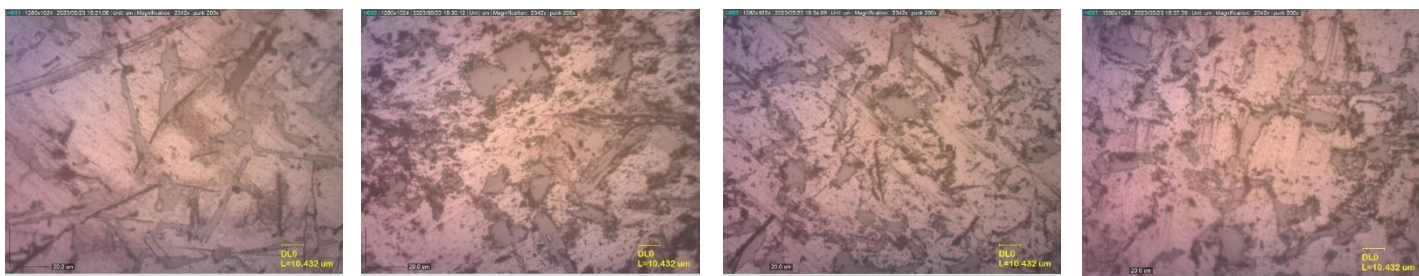
Uji keausan Pin On Disk pada hasil remelting piston dengan variasi paduan tembaga (Cu) 2%, 4% dan 6% menggunakan beban 50N dan durasi 1 jam

**Tabel 2 Uji Keausan**

No	Bahan Spesimen	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Berat yang Hilang (Gram)
1	Raw Material	59,49	56,95	2,59
2	Alumunium 2% Cu	60,45	58,13	2,32
3	Alumunium 4% Cu	64,62	62,71	1,91
4	Alumunium 6% Cu	69,81	69,65	0,16

*Hasil Uji Struktur Mikro*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui struktur mikro spesimen hasil peleburan paduan tembaga (Cu). Berikut adalah gambar pemeriksaan struktur mikro menggunakan mikroskop optik Nikon 59520 dengan perbesaran 200x pada sampel uji.



Raw Material

2% Cu

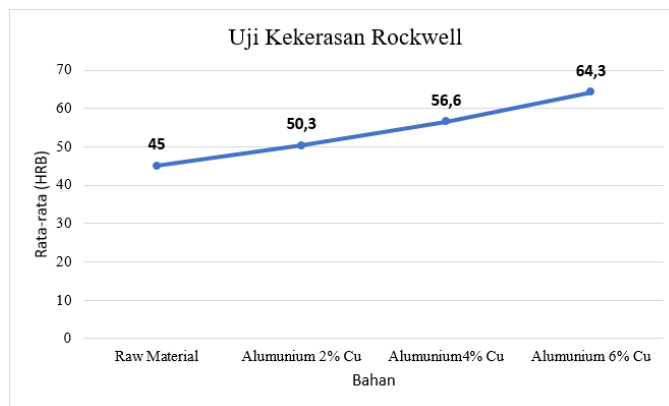
4% Cu

6%

**Gambar 1 Uji Struktur Mikro**

Pembahasan Hasil Pengujian

Uji Kekerasan

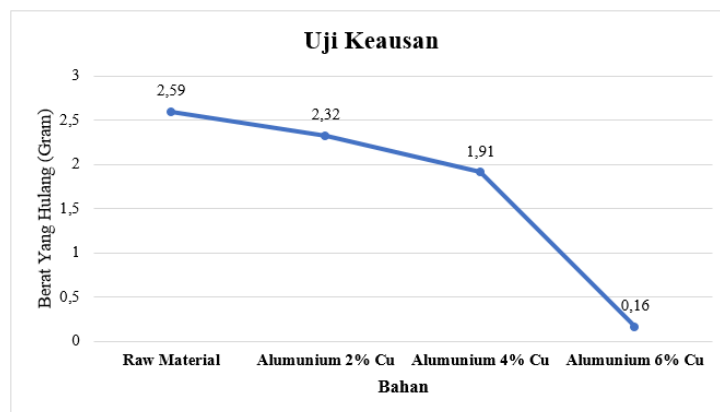


Gambar 2 Grafik Uji Kekerasan

Pada hasil pengujian raw material (0%) yang telah dilakukan sebanyak 3 titik dan menghasilkan nilai kekerasan rata-rata sebesar 45 HRB. Kemudian pada variasi 2% Cu yang dilakukan sebanyak 3 titik nilai kekerasan yang dihasilkan rata-rata sebesar 50,3 HRB. Selanjutnya pada variasi 4% Cu yang telah dilakukan sebanyak 3 titik nilai kekerasan yang dihasilkan rata-rata sebesar 56,6 HRB. Sedangkan pada variasi 6% Cu yang dilakukan sebanyak 3 titik menghasilkan nilai kekerasan rata-rata 64,3 HRB.

Dari grafik diatas terlihat nilai kekerasan material pada varian paduan Cu 2%, 4% dan 6% pada hasil remelting piston dapat mempengaruhi sifat mekanis suatu material. Paduan Cu 6% menghasilkan nilai rata-rata kekerasan yang paling baik hal ini dikarenakan penambahan paduan Cu terhadap Al mempengaruhi struktur dan sifat kristal Al yang dapat meningkatkan kekerasan pada Al. Penambahan Cu akan meningkatkan kekerasan pada material karena sifat dari Cu yang memiliki kekerasan yang lebih tinggi daripada aluminium. Paduan Cu akan mengganggu struktur kristal dari Aluminium akan menciptakan tegangan internal yang menyebabkan kekerasan meningkat dengan peningkatan persentase paduan tembaga (Cu).

Uji Keausan



Gambar 3 Grafik Uji Keausan

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa semakin tinggi persentase paduan tembaga (Cu) yang digunakan maka penurunan berat akibat uji keausan semakin kecil hal ini dikarenakan ketahanan pada paduan Cu paling banyak memiliki ketahanan aus yang baik. Pada variasi raw material (0% Cu), massa tereduksi adalah 2,59 g. Kemudian, pada perubahan 2% paduan Cu, massa yang hilang berkurang menjadi 2,32 g. Pada varian paduan Cu 4%, massa terus berkurang menjadi 1,91 g. Terakhir, pada varian paduan Cu 6%, kehilangan massa sangat rendah, hanya 0,16 g. Hal ini menunjukkan bahwa paduan Cu 6% merupakan material dengan ketahanan aus paling baik yang dimana semakin tinggi persentase tembaga (Cu) dalam paduan maka semakin tinggi pula sifat mekanik material tersebut.

Paduan tembaga memiliki sifat yang dapat meningkatkan kekuatan dan ketahanan aus material. Dalam hal ini, penambahan paduan tembaga pada material akan mengurangi jumlah keausan yang terjadi selama pengujian. Hal ini dapat dijelaskan dengan mengasumsikan bahwa paduan tembaga memberikan kekuatan dan ketangguhan yang lebih besar pada material, sehingga membuat material tersebut lebih tahan aus.

*Uji struktur Mikro*

Dari pengujian struktur mikro dapat dilihat pada gambar di atas pada komposisi yang lebih banyak pada material, yang di mana aluminium primer menjadi fasa utama yang menyebar dengan dominasi warna putih. Selanjutnya aluminium silikon yang berbentuk garis panjang dan beberapa tidak beraturan dengan dominasi warna silver. Tembaga menyebar pada setiap bagian dan titik dengan bentuk seperti gumpalan dan dominasi warna coklat gelap. Sedangkan porositas masing-masing spesimen ada pada beberapa bagian dengan bentuk rongga dan ruang kosong pada beberapa bagian material. Pada raw material didapat hanya adanya aluminium primer sebagai fasa utama dan aluminium silikon berbentuk seperti garis panjang pada beberapa bagian dengan beberapa porositas yang ada. Sedangkan pada paduan 2% Cu terdapat aluminium primer sebagai fasa utama dan aluminium silikon yang berbentuk tak beraturan dengan jarak berjauhan, tembaga muncul dengan bentuk gumpalan berwarna gelap pada sekitar aluminium silikon dan porositas yang ada pada beberapa bagian. Pada paduan 4% Cu terdapat aluminium primer sebagai fasa utama dan aluminium silikon dengan bentuk tak beraturan yang lebih rapat dan lebih berdekatan sedangkan tembaga muncul pada bagian menggumpal dengan warna gelap kecoklatan muncul dan bercampur dengan aluminium silikon. Pada paduan 6% Cu terlihat aluminium primer sebagai fasa utama dan aluminium silikon yang terbentuk tak beraturan dan lebih besar berdekatan pada bagian tertentu sementara tembaga dengan bentuk gumpalan yang bercampur dengan silikon yang membuat struktur lebih rapat sedangkan porositas muncul pada ujung dari percampuran aluminium silikon dan tembaga. Pada pengujian struktur mikro ini dapat diketahui bahwa percampuran 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.

**KESIMPULAN**

Berdasarkan data yang telah dilakukan penelitian oleh penulis maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada hasil remelting piston, variasi paduan (Cu) dengan kandungan 6% menghasilkan peningkatan nilai kekerasan material yang lebih signifikan dibandingkan dengan paduan dengan kandungan (Cu) 0%, 2%, dan 4%.
2. Pada varian paduan (Cu) 6%, menunjukkan kehilangan massa yang rendah, hanya sebesar 0,16 g, dibandingkan dengan paduan (Cu) 0%, 2%, dan 4%.
3. Dari hasil pengujian struktur mikro hasil remelting piston dengan paduan tembaga (Cu) 6% dapat dilihat terbentuknya struktur mikro lebih merata dari beberapa bagian. Selain itu, terdapat campuran aluminium silikon yang lebih signifikan dalam perbesaran mikroskop optik 200 kali lebih besar dibandingkan dengan paduan tembaga (Cu) 0%, 2%, dan 4%.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] alfiana, f., Mujiarto, S., & Widodo, S. (2018). PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN TEMBAGA TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO PADA REMELTING PISTON. Universitas Tidar, 1-12.
- [2] Anderson, W., Rudianto, h., & Haryadi, D. (2018). PENGARUH KOMPOSISI CU TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO DARI PENGEORAN AL-SI. JURNAL ILMIAH TEKNOLOGI DAN REKAYASA, 146-154.
- [3] Djiwo, S., & Purkuncoro, A. E. (2014). ANALISIS KEKERASAN Al-Cu DENGAN VARIASI PROSENTASE PADUAN Cu PADA PROSES PENGEORAN DENGAN PENAMBAHAN SERBUK DEGGASER. Flywheel, 1.
- [4] Elbar, W., & Tampubolon, K. (2020). Pengaruh Campuran Silikon Pada Aluminium Terhadap Kekerasan dan Tingkat Keausannya. L OF MECHANICAL ENGINEERING, MANUFACTURES, MATERIALS AND ENERGY, 2.
- [5] HAKIM, M. L., ZEIN, N., & REY, P. D. (2020). PENGARUH KEKUATAN BAHAN PADA CARRIER ROLLER MENGGUNAKAN PENGUJIAN KEKERASAN DAN KEAUSAN OGOSHI. Baut dan Manufaktur, 39-45.
- [6] Harun, Siagian, R., Panjaitan, I. G., Rafi, M., Siahaan, J., Dani, A. R., & Junaidi. (2019). KARAKTERISTIK HASIL UJI ANALISIS VARIABEL PROSES PRODUK PENGEORAN MENGGUNAKAN CETAKAN SAND CASTING. TEKNIK DERGI, 1-8.
- [7] Nugroho, E., Budiyanto, E., & Firdaus, A. D. (2021). Pengaruh penambahan Silikon Pada Remelting Motor Bekas Menggunakan Tungku Induksi Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan. Program Studi Teknik Mesin UM Metro, 304-309.
- [8] Respati Bondan, S. M., Purwanto, H., & Mauluddin, M. S. (2010). PENGARUH TEKANAN DAN TEMPERATUR CETAKAN TERHADAP STRUKTUR DAN KEKERASAN HASIL PENGEORAN PADA MATERIAL ALUMINIUM DAUR ULANG. UNIMUS, 284-289.
- [9] Roziqin, K., Purwanto, H., & Syafa'at, I. (2012). PENGARUH MODEL SISTEM SALURAN PADA PROSES PENGEORAN ALUMINIUM DAUR ULANG TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN DENGAN PULLI DIAMETER 76mm DENGAN CETAKAN PASIR. Momentum, 33-39.
- [10] Saefuloh, I., Pramono, I., Jamaludin, W., Rosyadi, I., & Haryadi. (2018). Studi Karakterisasi Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Material Piston Aluminium-Silikon Alloy. Jurnal Teknik Mesin Untirta, 56-62.
- [11] Surojo, E., Triyono, T., & Wahyudi, K. (2009). PENGARUH REMELTING TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN PADUAN COR Al-Si. MEKANIKA, 1-4.
- [12] Wardoyo, & Sumpena. (2018). PENGARUH VARIASI TEMPERATUR QUENCHING PADA ALUMINIUM PADUAN AlMgSi-Fe12% TERHADAP KEAUSAN. ENGINE, 33-39.
- [13] Wijaya, M. T., Zubaidi, & Wijoyo. (2017). PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TUANG TERHADAP KETANGGUHAN IMPAK DAN STRUKTUR MIKRO PADA PENGEORAN ALUMINIUM. SIMETRIS, 219-224.