

Analisa porositas aluminium *alloy* terhadap variasi temperatur pada proses *squeeze casting semi solid*

Asroni¹, Tri Cahyo Wahyudi^{2*}, Adek Tri Setiawan³

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

³Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

*Corresponding author: tricahyowahyudi3@gmail.com

Abstract

Direct squeeze casting is a process in which molten metal is cooled by applying pressure directly which aims to prevent gas porosity and shrinkage in a material. This process has the advantage of minimizing the occurrence of gas porosity and shrinkage, so there is no material disposal. The purpose of this study to determine the results of good porosity in aluminum Alloy materials with squeeze casting process. The research method is experimental by designing and making test samples of laboratory scale casting squeeze casting. The test was conducted with a variation of 300°C, 400°C, and 500°C pressure of 176 MPa, long pressing 75 seconds, holding time 9 minutes, the specimen was then tested to determine how the influence of mold temperature variations on the results of porosity and density. From the results of the study it can be concluded that the porosity defects of the casting are influenced by the given temperature variation and constant pressing. Many air cavities are trapped in the object product, the more porosity defects that will affect the resistance of the specimen, because the more the object product is solid or reduced porosity defects, the resistance of the specimen will increase. The smallest or good porosity value is shown by specimens with a temperature variation of 500°C which is 17.96%.

Keywords: Aluminium alloy; squeeze casting; porosity.

Abstrak

*Direct squeeze casting merupakan proses dimana logam cair didinginkan dengan memberikan tekanan secara langsung yang bertujuan untuk mencegah terjadinya porositas gas serta penyusutan pada sebuah material. Proses ini mempunyai keuntungan yaitu memperkecil terjadinya porositas gas dan penyusutan, sehingga tidak terjadi pembuangan material. Adapun tujuan dari penelitian ini Untuk mengetahui hasil porositas yang baik pada material aluminium Alloy dengan proses *squeeze casting*. Metode penelitian yang dilakukan yaitu ekperimental dengan merancang dan membuat sampel uji pengecoran *squeeze casting* skala laboratorium. Pengujian dilakukan dengan variasi 300°C, 400°C, dan 500°C tekanan 176 MPa, lama penekanan 75 detik, *holding time* 9 menit, spesimen lalu diuji untuk mengetahui seberapa pengaruh variasi temperatur cetakan terhadap hasil porositas dan densitas. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa cacat porositas hasil pengecoran dipengaruhi variasi temperatur yang diberikan serta penekanan yang konstan. Banyak nya rongga udara yang terperangkap pada produk benda maka semakin banyak nya cacat porositas yang akan mempengaruhi ketahanan pada spesimen, dikarenakan semakin produk benda itu padat atau berkurangnya cacat porositas maka ketahanan spesiment pun akan meningkat. Nilai porositas yang terkecil atau bagus ditunjukkan oleh spesimen dengan variasi temperatur 500°C yaitu sebesar 17,96%.*

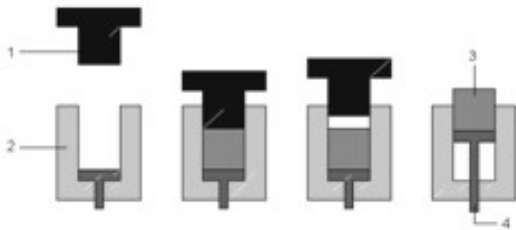
Kata kunci: Aluminium paduan; squeeze casting; porositas.

Pendahuluan

Proses *squeeze casting* atau yang biasa dikenal dengan liquid metal forging yaitu proses dimana logam cair dituang dan diberikan tekanan sampai proses pemadatan selesai dengan menggunakan tekanan hidrolik, teknik ini mampu meningkatkan sifat fisis dan mekanis terutama pada material paduan dasar aluminium dan magnesium [1]. Perlakuan tekanan yang diberikan akan kontak langsung terhadap logam cair dengan dinding cetakan serta menyebabkan perpindahan panas yang akan mempengaruhi kepadatan struktur mikro logam tersebut.

Direct squeeze casting (DSC)

DSC termasuk jenis dari proses *squeeze casting* yang dimana logam cair didinginkan dengan memberikan tekanan secara langsung, hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya porositas gas serta penyusutan pada sebuah material. [2]



Gambar 1. Mekanisme *direct squeeze casting* (1)

Proses ini mempunyai keuntungan yaitu memperkecil terjadinya porositas gas dan penyusutan, menghilangkan *gating system*, sehingga tidak terjadi pembuangan material. Sifat mekanik hasil pengecoran menggunakan komposisi yang sama dapat menghasilkan coran yang baik bahkan lebih baik bila dibandingkan dengan produk coran teknik yang lain melalui perilaku *isotropik*, untuk itu faktor pengecoran dianggap satu kesatuan.

Semi solid casting

Semi solid yaitu kondisi dimana logam pada proses pengecoran ditekan didalam cetakan pada kondisi hampir membeku [3]. Pada proses *Semi solid casting* paduan aluminium memiliki banyak

manfaat dalam dunia otomotif dan komponen *aerospace*. Teknologi otomotif dan *aerospace* ini memakai paduan aluminium atas dasar ringan tapi kuat dan bernilai ekonomis. Dengan metode *semi solid* diharapkan mampu meningkatkan sifat fisis dan mekanisnya [4].

Porositas

Porositas salah satu bagian dari cacat pada produk cor yang menurunkan kualitas hasil coran. Salah satu penyebab void atau pori-pori pada coran paduan aluminium adalah hidrogen [5]. Pori-pori yang dihasilkan oleh hidrogen dalam cetakan paduan Al-Si dapat mempengaruhi kekuatan dan integritas pengecoran. Alasan termasuk kontrol yang tidak sempurna dari penyerapan gas oleh paduan, yang dikeluarkan dari logam karena interaksi gas-logam selama peleburan dan pengecoran [6].

Densitas dan porositas pada suatu material saling berhubungan. Besar kecilnya porositas pada bahan akan mempengaruhi nilai densitas bahan tersebut. Densitas sendiri berarti kepadatan, sehingga suatu bahan banyak berongga dan memiliki kerapatan yang rendah maka densitas material akan semakin kecil. Jika rapatan suatu benda besar maka rongga bahan semakin sedikit [7].

Saat ini, paduan aluminium dikembangkan untuk mendapatkan bahan dengan kekuatan tinggi, ringan, masa pakai yang lama, biaya produksi yang rendah, toleransi kesalahan yang tinggi dan ketahanan korosi yang baik. Diantaranya, diuji kekuatannya dengan menggabungkan material aluminium alloy, dan tentunya diperoleh sifat mekanik yang baik. Pada penelitian ini, alat *squeeze casting* dimodifikasi sedemikian rupa dengan penambahan elemen pemanasan (*coil heater*) pada cetakan sehingga proses pengecoran dilakukan didalam cetakan tersebut. dengan memberikan variasi temperatur.

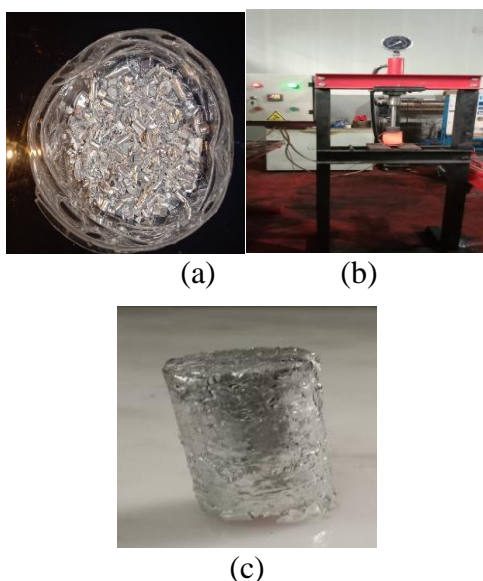
Penelitian ini bertujuan untuk: mengetahui pengaruh variasi temperatur material pada saat penekanan terhadap nilai

porositas pada proses *semi solid casting* bahan paduan aluminium.

Metode Penelitian

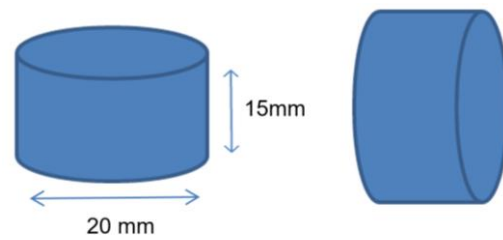
Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dimana bahan digunakan aluminium *alloy* skrap yang diproses *squeeze casting*, dengan temperatur cetakan 300°C, 400°C, 500°C, tekanan 176 MPa, lama penekanan 75 detik, *holding time* 9 menit, Pada penelitian ini proses *squeeze casting* dilakukan hanya sampai material dalam keadaan ataupun kondisi *semi solid*,

Berikut ini adalah alur penjelasan proses *squeeze casting*: menyiapkan bahan hasil skrap berbentuk *chips*; menyalakan stop kontak yang berhingga dengan arus listrik untuk memanaskan cetakan atau *dies*, memasang *ejector* pada lobang cetakan di bagian bawah lalu dikencangkan menggunakan baut; mengatur temperatur cetakan sesuai yang diperlukan yakni 300°C, 400°C, dan 500°C, jika sudah sesuai, spesimen dimasukkan ke dalam cetakan; mengatur *holding time*; ketika semua proses sudah dilakukan kemudian ditekan, setelah itu dibuka baut *ejector* nya untuk menarik *ejector*, kemudian material dikeluarkan dengan cara ditekan pada cetakan nya; proses dilakukan berulang ulang tersebut sampai sesuai keutuhan.



Gambar 2. (a) *Chips* aluminium. (b) Alat *squeeze casting*. (c) hasil proses *squeeze casting*

Pembuatan spesimen uji porositas



Gambar 3. Spesimen Porositas.

Langkah pengujian porositas

Langkah-langkah dalam pengujian porositas sebagai berikut: memotong ujung material dari sisa pengujian kekerasan; mengukur panjang dengan presisi, diameter lingkaran 20 mm dan tinggi 15 mm; mengukur massa kering dari material; memasukan material uji kedalam wadah yang berisi air selam 10 menit, mengukur massa basah material.

Pada pengujian porositas setiap benda uji ditimbang dua kali yaitu di udara dan di dalam air. Hasil penimbangan benda uji digunakan untuk menghitung densitas dari masing-masing benda uji menggunakan perhitungan sebagai berikut [12].

$$\rho_m = \frac{m_s}{(m_s - m_g)} \times \rho_{H_2O}$$

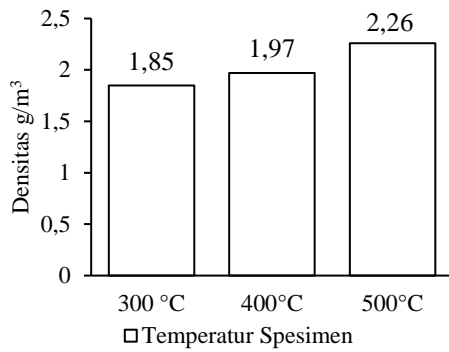
Setelah densitas dari setiap benda uji diketahui, porositas spesimen dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut [12].

$$P = \frac{D_{teoritis}(\rho_{th}) - D_{aktual}(\rho_m)}{D_{teoritis}(\rho_{th})} \times 100\%$$

Hasil dan Pembahasan

Hasil densitas

Berikut merupakan hasil dari pengambilan data uji densitas untuk perhitungan mencari nilai porositas spesimen.



Gambar 4. Hasil pengujian nilai densitas.

Dari hasil pengambilan data pada gambar 4, dapat dijelaskan bahwa nilai densitas pada temperatur 500 °C yaitu sebesar 2,26 gram/cm³ dan densitas pada temperatur 300 °C yaitu sebesar 1,85 gram/cm³. Sedangkan untuk dan 400oC sebesar 1,97 gram/cm³, perbedaan ketidakhomogenan ini disebabkan oleh faktor pengecoran yang kurang baik dan banyaknya jumlah porositas pada setiap daerah paduan cor yang berbeda-beda, dan bisa juga semakin besar ukuran pori-pori yang terbentuk dan akibatnya tidak meratanya pori-pori yang terbentuk mengakibatkan adanya daerah yang tidak membentuk pori-pori sehingga mempengaruhi densitasnya.

Hasil uji porositas

Berikut merupakan hasil dari pengambilan data uji nilai porositas spesimen.

Tabel 1. Data hasil penelitian

Kode Spesimen	A ₁	A ₂	A ₃	Porositas rata-rata (%)
W udara (gr)	11,96	12,23	13,03	
W air (gr)	5,16	6,00	5,985	
Volume Spesimen (cm ³)	5	5	5	
P _m (gr/cm ³)	1,75	1,96	1,84	
P _{th} (gr/cm ³)	2,88	2,88	2,88	
Porositas (%)	39,23	31,94	36,10	35,75

Kode Spesimen	B ₁	B ₂	B ₃	Porositas rata-rata (%)
W udara (gr)	12,90	13,10	12,04	
W air (gr)	6,37	6,27	6,16	
Volume Spesimen (cm ³)	5	5	5	
P _m (gr/cm ³)	1,97	1,91	2,04	
P _{th} (gr/cm ³)	2,88	2,88	2,88	
Porositas (%)	31,59	33,68	29,16	31,47

Kode Spesimen	C ₁	C ₂	C ₃	Porositas rata-rata (%)
W udara (gr)	11,25	13,05	12,13	
W air (gr)	6,40	6,92	7,03	
Volume Spesimen (cm ³)	5	5	5	
P _m (gr/cm ³)	2,31	2,12	2,37	
P _{th} (gr/cm ³)	2,88	2,88	2,88	
Porositas (%)	19,79	26,38	17,70	17,95

Perhitungan pengolahan data dari pengujian porositas diatas yaitu:

Pada temperatur 300°C

$$P = \frac{D_{teoritis}(\rho_{th}) - D_{aktual}(\rho_m)}{D_{teoritis}(\rho_{th})} \times 100\%$$

Mencari nilai $D_{aktual}(\rho_m)$

$$\begin{aligned} \rho_m &= \frac{W_{udara}}{(W_{udara} - W_{air})} \times \rho_{air} \\ &= \frac{11,96 \text{ gr}}{11,96 \text{ gr} - 5,16 \text{ gr}} \times 1 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 1,75 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Mencari nilai $D_{teoritis}(\rho_{th})$

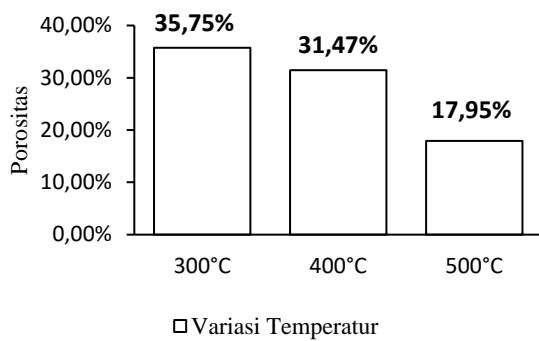
$$\begin{aligned} (\rho_{th}) &= \frac{100}{(\% Al/\rho_{Al}) + (\% Cu/\rho_{Cu})} \\ &= \frac{100}{(92,9\%/2,71 \text{ gr/cm}^3) + (3\%/8,96 \text{ gr/cm}^3)} \\ &= 2,88 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Porositas (P) %

$$= \frac{2,88 \text{ gr/Cm}^3 - 1,75 \text{ gr/Cm}^3}{2,88 \text{ gr/Cm}^3} \times 100\%$$

$$= 39,23 \%$$

Berikut ini grafik hasil dari nilai rata – rata porositas.



Gambar 5. Hasil uji porositas

Pembahasan

Peningkatan nilai porositas dapat diketahui melalui perubahan Temperatur, apabila Temperatur yang diberikan semakin tinggi dan diberi tekanan terhadapnya maka akan menurunkan nilai dari porositas spesiment itu sendiri, sebaliknya apabila temperatur yg diberikan terhadap spesiment semakin kecil dan tekanan yang diberikan sama maka akan membuat nilai porositas semakin besar.

Nilai cacat porositas menunjukkan adanya perubahan nilai porositas setelah diberikan perlakuan. Dapat dilihat adanya pengaruh temperatur terhadap nilai porositas, nilai porositas terbaik dengan temperatur 500°C yaitu sebesar 17,95% dan nilai porositas terburuk adalah pada variasi temperatur 300°C yaitu sebesar 35,75%.

Nilai porositas yang bervariasi dan cukup tinggi dikarenakan pori-pori yang terbentuk membesar, faktor waktu penekanan yang berbeda-beda sehingga adanya udara yang terperangkap, dan perbedaan kandungan kotoran (*slag*) yang berbeda-beda juga pada pengaruh temperatur dan *holding time* [9].

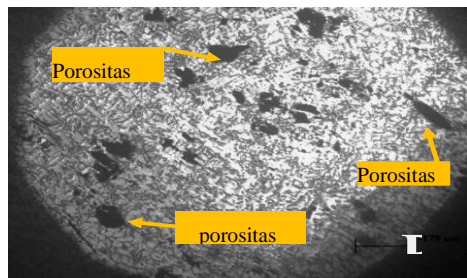
Selain itu, pada proses pengecoran logam memungkinkan munculnya gas- gas yang bereaksi menjadi komposisi kimia atau

menjadi rongga-rongga udara [10]. Gas tersebut muncul karena adanya udara yang terjebak selama proses penuangan ataupun proses memasukan spesimen, kontak antara logam dengan cetakan, atau dari lapisan yang terbentuk selama proses pembekuan sebagai hasil dari reaksi kimia atau perubahan mampu larut terhadap suhu. Dengan semakin besarnya temperatur dan tekanan yang diberikan akan dapat mengurangi pori-pori atau cacat porositas [11-15]. Dengan demikian semakin banyaknya rongga rongga udara yang terperangkap pada produk benda maka semakin banyak nya cacat porositas yang akan mempengaruhi ketahanan pada spesimen, dikarenakan semakin produk benda itu padat atau berkurangnya cacat porositas maka ketahanan spesimen pun akan meningkat.

Menurut penelitian sebelumnya persentase porositas dari spesimen yang di hasilkan pada bahan aluminium dengan nilai di bawah 12% di abaikan, di atas 12% dan kurang dari 32% dikatakan bahwa porositas baik, di atas 32% dan kurang dari 52% dikatakan bahwa porositas buruk, dan apabila persentase porositas di atas dari 52% dikatakan bahwa porositas tersebut sangat buruk [9].

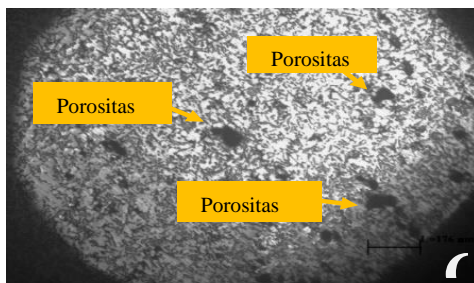
Data - data yang diperoleh pada penelitian ini terhadap nilai porositas menunjukkan adanya perubahan nilai porositas setelah diberikan perlakuan.

Nilai porositas dari bahan uji ialah pada variasi temperatur 300°C yaitu sebesar 35,75%, selanjutnya ada variasi temperatur 400 °C yaitu sebesar 31,47%, terakhir ada variasi remperatur 500°C yaitu sebesar 17,96%. nilai porositas terburuk pada variasi Temperatur 300°C yaitu sebesar 35,75% dan nilai porositas terbaik yaitu pada variasi temperatur 500°C yaitu sebesar 17,96%. Untuk lebih menguatkan data pengukuran, dilakukan foto porositas spesimen dengan perbesaran sebesar 100x dan hasil fotonya sebagai berikut:



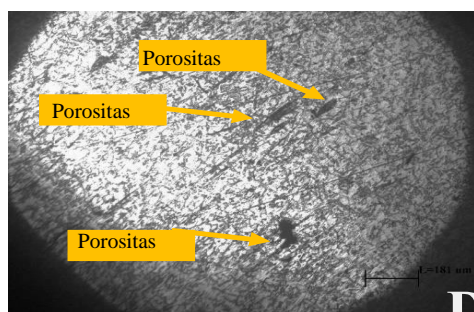
Gambar 6. Foto porositas spesimen variasi temperatur 300°C

Pada gambar 6 spesimen variasi temperatur 300°C menunjukkan susunan porositas yang cukup besar dan cukup banyak.



Gambar 7. Foto porositas spesimen variasi temperatur 400°C.

Pada gambar 7 spesimen variasi temperatur 400°C menunjukkan susunan porositas yang cukup besar dan relatif sedikit.



Gambar 9. Foto porositas spesimen variasi temperatur 500°C

Pada gambar 8 spesimen variasi temperatur 400°C menunjukkan susunan porositas yang relatif kecil dan relatif sedikit.

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa besar dan kecilnya persentase porositas sangat mempengaruhi serta berhubungan erat dengan sifat mekanik. Untuk bahan aluminium itu sendiri

berbanding lurus dengan nilai pengujian mekanik.

Kesimpulan

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan cacat porositas hasil pengecoran dipengaruhi variasi temperatur yang diberikan serta penekanan yang konstan. Dengan demikian semakin banyaknya rongga udara yang terperangkap pada produk benda maka semakin banyak nya cacat porositas yang akan mempengaruhi ketahanan pada spesimen, dikarenakan semakin produk benda itu padat atau berkurangnya cacat porositas maka ketahanan spesimen pun akan meningkat.

Referensi

- [1] Cahyo Wahyudi.T, Budiyanto.E. (2021). Variasi temperatur pada proses squeeze casting berbahan magnesium semi solid terhadap kekerasan. *ARMATUR* vol.2 n0.1 2021.
- [2] Eddy, Djatmiko, Dan Budianto., 2011. Analisis Sifat Mekanis Dan Struktur mikro Pada Produk Paduan Al78Si22 Metode Squeezing Casting. Universitas pancasila. Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Energi Nuklir IV, 2011.
- [3] Nukman, N., & Yanis, M. (2013). Effect of The Pressure of the Squeeze Process on the Hardness and Micro Structure of Recycled Aluminum Materials. *Journal of Mechanical Science and Engineering*, 1(1), 007-012.
- [4] Muhammad Iqbal.,dkk (2018). Studi sifat mekanik magnesium AZ31 hasil pengecoran tekan. *Jurnal energi dan manufaktur* vol.11 no.1. april 2018 (1-5),1-5
- [5] Firdaus., 2002, “Analisis Parameter Proses Pengecoran *Squeeze* Terhadap Cacat PorositaS Produk Flens Motor Sungai”, *Jurnal Teknik Mesin* Vol. 4, No. 1, pp. 6 – 12.

- [6] Chambali, M., Purwanto, H., dan Respati, S. M. B., 2013. Pengaruh Temperatur Bahan Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Pada Proses Semi Solid Casting Paduan Aluminium Daur Ulang. *Jurnal Momentum Universitas Wahid Hasyim Semarang*, 9 (3), h. 6-12.
- [7] Wibowo, Agung Dwi. Pengaruh Variasi Jenis Cetakan dan Penambahan Serbuk Dry Cell Bekas Terhadap Porositas Hasil Remelting Al9%Si Berbasis Piston Bekas. Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta, 2011.
- [8] Sonianto, M. (2022). Kekerasan, Struktur Mikro, Dan Cacat Porositas Pada Peleburan Aluminium Dengan Variasi Suhu 680 C Dan 715 C. *Jurnal Foundry*, 5(1), 1-7.
- [9] Fasya, F., & Iskandar, N. (2015). Melt Loss Dan Porositas Pada Aluminium Hasil Daur Ulang. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(1), 44-50
- [10] T.M, Yue. and G.A. Chadwick., 1996. *squeeze casting of light alloys and their composites*. Journal of Material Processing Technology, Vol. 58 No. 2 – 3.
- [11] Soejono Tjitro dan Firdaus., 2002. Pengecoran Squeeze. Fakultas Teknologi Industri. Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- [12] Nugroho, E., Budiyanto, E., Kurniawan, R., & Sumosusilo, J. (2020). Uji ketahanan fatik aluminium hasil remelting piston bekas menggunakan metode pengecoran centrifugal casting. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 8(2).
- [13] Budiyanto, E., Nugroho, E., & Zainudin, A. (2018). Uji ketahanan fatik aluminium scrap hasil remelting piston bekas menggunakan alat uji fatik tipe rotary bending. *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, 7(1).
- [14] Nugroho, E., Budiyanto, E., & Firdaus, A. D. (2021). Pengaruh penambahan Silikon pada remelting piston motor bekas menggunakan tungku induksi terhadap kekuatan tarik dan kekerasan. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 10(2).
- [15] Drihandono, S., & Budiyanto, E. (2017). Pengaruh Temperatur Tuang, Temperatur Cetakan, dan Tekanan Pada Pengecoran Bertekanan (High Pressure Die Casting/HPDC) Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Aluminium Paduan Silikon (Al-Si 7, 79%). *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(1).