



ANALISIS PENGARUH DIAMETER SPRUE TERHADAP CACAT POROSITAS DAN KEKUATAN TEKAN PADA CORAN ALUMINIUM HASIL CETAKAN PASIR

Faisal Manta^a dan Achmad Irfan Cahyadi^{b*}

^a Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri dan Proses, Institut Teknologi Kalimantan

^b Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri dan Proses, Institut Teknologi Kalimantan

E-mail koresponden: cahyadiachmad28@gmail.com

Abstract

Casting is a manufacturing technique used to produce products with complex shapes or materials with high hardness values, making them unsuitable for processing using other methods. Sand Casting is widely applied due to its simplicity and cost-effectiveness. The design of the mold cavity, gating system, and pouring temperature are key factors influencing the quality of Sand Casting. Therefore, an analysis of the gating system with variations in the dimensions of the inlet or sprue is needed to achieve casting results with maximum mechanical strength and minimal casting defects. In this study, an experimental approach was used with aluminum as the material, the mold cavity dimensions in the form of a cylinder, a direct gating system, and a pouring temperature of 700°C. For the gating system, inlet dimensions of 13, 18, 23, 28, and 33 mm were used. The compressive strength and porosity values were analyzed for each specimen, revealing that the 33 mm inlet diameter yielded optimal measurement values. At the 33 mm diameter, a minimal porosity value of 4.14% and a compressive strength value of 276.47 MPa were measured. An ANOVA analysis concluded that the variation in inlet diameter significantly affects the porosity value.

Keyword: Casting, sand casting, sprue diameter

Abstrak

Pengecoran merupakan teknik manufaktur yang digunakan untuk menghasilkan produk dengan bentuk kompleks atau bahan material dengan nilai kekerasan tinggi, sehingga tidak bisa di proses dengan metode lainnya. Metode pengecoran *Sand Casting* banyak diterapkan karena sederhana dan ekonomis. Desain rongga cetak, sistem saluran dan temperatur tuang merupakan faktor utama yang berpengaruh terhadap kualitas pengecoran metode *Sand Casting*. Maka analisa sistem saluran dengan variasi dimensi saluran masuk atau spure dibutuhkan untuk mendapatkan hasil pengecoran dengan kekuatan mekanik maksimal dan cacat pengecoran minimal. Pada penelitian menggunakan metode studi eksperimen dengan bahan aluminium, dimensi rongga cetak berupa silinder, sistem saluran langsung dan temperatur tuang 700°C. Pada sistem saluran dimensi saluran masuk yang digunakan adalah diameter 13, 18, 23, 28, dan 33 mm. Pada setiap spesimen di analisa nilai kekuatan tekan dan porositas, sehingga didapatkan bahwa diameter saluran masuk 33 mm memiliki nilai pengukuran yang optimum. Pada diameter 33 mm terukur nilai porositas terkencil yaitu 4,14% dan nilai kekuatan tekan mencapai 276,47 MPa. Analisa anova menyimpulkan bahwa variasi diameter saluran masuk berpengaruh signifikan terhadap nilai porositas.

Kata Kunci: Pengecoran, sand casting, diameter sprue

1. PENDAHULUAN

Pengecoran merupakan solusi saat metode produksi lainnya sulit diterapkan dikarenakan bentuk yang rumit atau nilai kekerasan bahan material tinggi, sehingga sulit untuk di lakukan proses pemotongan. Pengecoran logam merupakan suatu metode pengolahan logam dengan cara meleburkan dan menuangkannya ke dalam cetakan. Metode ini dapat digunakan untuk membuat objek atau elemen yang kompleks. Industri pengecoran telah mengembangkan berbagai metode seperti *sand casting*, *centrifugal casting*, *die casting* dan *investment casting*. Metode *sand casting* merupakan metode yang umum ditemukan karena sederhana dan biaya produksi murah. *Sand casting* adalah pengecoran dengan media cetak dan pola terbuat dari campuran pasir. Pengecoran logam mampu mencetak berbagai macam logam, antara lain besi, baja paduan tembaga (perunggu, kuningan, perunggu aluminium, dll), paduan ringan (paduan aluminium, paduan magnesium, dll), dan paduan lainnya [1].

Bahan aluminium banyak digunakan sebagai bahan dasar pembuatan bahan konstruksi dan peralatan rumah tangga karena sifat yang dimiliki. Aluminium telah dikembangkan menjadi bahan konstruksi untuk

beban ringan karena harga ekonomis dibandingkan baja, proses pembangunan menjadi cepat dan tidak membutuhkan pelapisan tambahan karena tahan terhadap kontaminasi udara. Pada peralatan rumah tangga aluminium dipilih karena tidak mengandung racun sehingga aman digunakan sebagai bahan pelapis, pembungkus dan peralatan makan. Pada Industri pengecoran aluminium digunakan karena memiliki titik lebur yang rendah, meskipun nilai kekuatan mekanik tidak lebih tinggi dari baja [2].

Pada berkembangnya, kebutuhan terhadap produk-produk bahan aluminium meningkat. Maka naiknya kebutuhan tersebut perlu diimbangi dengan peningkatan kualitas produk aluminium khususnya metode pengecoran *sand casting*. Pada industri pengecoran sering ditemukan kegagalan produk yaitu bentuk dan kekuatan mekanik dikarenakan cacat coran yang dimiliki produk tersebut. Kegagalan produk dipengaruhi oleh temperatur tuang dan sistem saluran seperti ukuran sprue pada cetakan pasir.

Mekanisme pada cetakan yang rancang dengan tujuan sebagai jalur aliran logam cair dari cawan tuang menuju rongga cerak disebut sistem saluran. Pada sistem saluran *sand casting* tersusun mulai dari rongga cetak yaitu dari saluran penambah (riser), saluran masuk, saluran turun (sprue) dan cawang tuang [3]. Cacat coran aluminium juga disebabkan oleh dimensi dan bentuk saluran turun [2], sehingga butuh perancangan dan perhitungan yang baik terhadap pemilihan sistem saluran tersebut. Maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui dampak dari perubahan dimensi saluran turun terhadap kekuatan mekanik dan cacat produk hasil pengecoran.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengecoran Logam

Proses yang melibatkan peleburan dan pembekuan logam dalam suatu rongga cetakan disebut proses pengecoran logam. Metode pengecoran digunakan terhadap material yang sulit diproduksi dengan metode lain karena sifat kekerasan bahan yang tinggi atau produk dengan bentuk rumit sehingga sulit dibentuk dengan pemotongan. Berdasarkan jenis cetakan pengecoran dibedakan menjadi 2 jenis yaitu pengecoran tradisional dan non-tradisional. Penggunaan cetakan sementara merupakan jenis pengecoran tradisional cetakan pasir. Pengecoran dengan cetakan permanen ditunjukkan untuk produksi massal dan kontinyu merupakan jenis pengecoran non-tradisional. Cetakan permanen umumnya terbuat dari logam atau komposit tahan panas sehingga tidak membutuhkan proses pembuatan cetakan ulang di setiap tahap awal proses pengecorannya dan berdampak terhadap waktu produksi yang lebih singkat. Permanen-mold dan centrifugal casting termasuk jenis pengecoran non-tradisional [4].

2.2 Aluminium

Aluminium adalah elemen yang sering ditemui di permukaan bumi dan cenderung terdapat dalam senyawa dengan unsur lain. Setelah baja, aluminium adalah logam yang paling sering digunakan. Aluminium merupakan logam kedua teringan setelah logam lithium dan berada di peringkat keenam dalam hal kekuatan. Sebagian besar kaleng minuman ringan terbuat dari paduan aluminium. Logam aluminium yang terdapat dalam kaleng minuman ringan terdiri dari sebagian besar aluminium, tetapi juga terdiri dari beberapa jenis logam lain. Logam lain tersebut antar lain, magnesium, mangan, baja, silikon, dan tembaga. Tutup kaleng minuman ringan terbuat dari paduan yang sedikit berbeda dari bagian dasar dan sisi dari kaleng tersebut. Paduan Al-Mn dalam penamaan standar AA adalah paduan Al 3003 (Tabel 1) dan Al 3004.

Tabel 1. Sifat fisik Al 3003 [13]

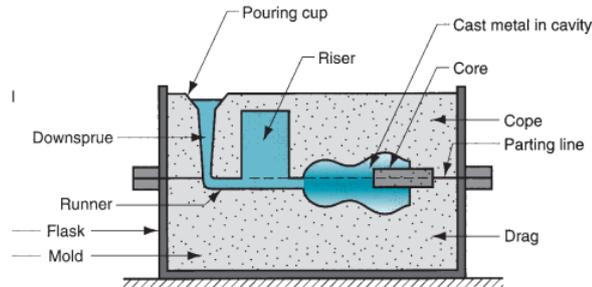
Sifat	Nilai
Massa Jenis	2.73 g/cm ³
Titik Leleh	644°C

2.3 Cetakan Pasir

Cetakan pasir merupakan salah satu cetakan yang digunakan dalam proses pengecoran yang menggunakan pasir sebagai media cetaknya. Material yang disediakan alam merupakan jenis pasir yang biasa digunakan dalam proses pengecoran, seperti pasir gunung, pasir laut, pasir sungai, dan pasir silika. Cetakan pasir ini banyak digunakan dalam industri karena mempunyai biaya produksi yang rendah dan dapat menghasilkan produk dengan kapasitas yang besar [4]. Pengecoran pasir merupakan teknik pengecoran yang menggunakan pasir sebagai bahan utama pembuatan cetakan. Cara ini sangat populer dan banyak digunakan di industri. Ini adalah proses menuangkan logam cair ke dalam rongga cetakan pasir untuk membuat cetakan dari logam. Oleh karena itu, bahan cetakan harus mampu menahan suhu yang lebih tinggi dari suhu logam yang dituang [5].

2.4 Sistem Saluran (*Gating System*)

Sistem saluran dapat dengan mudah didefinisikan sebagai komponen yang memungkinkan logam cair mengisi cetakan dengan benar. Sistem saluran yang efektif mengurangi cacat pada produk akhir, menghindari penyusutan, dan mengurangi biaya produksi secara keseluruhan. Komponen-komponen utama dalam sistem saluran meliputi saluran turun (*sprue*), saluran pengalir (*runner*), dan saluran masuk (*ingate*). Bagian yang terdapat pada sistem saluran meliputi cawan tuang, saluran turun, pengalir dan masuk. Berikut pada Gambar 1 merupakan istilah-istilah sistem saluran.



Gambar 1. Istilah-istilah pada sistem saluran

2.4.1 Cawan Tuang (*Pouring Cup*)

Cawan Tuang adalah komponen pertama yang dilalui logam cair pada saat pengecoran. Cawan tuang berbentuk cekungan yang dimana terdapat lubang dibawahnya yaitu saluran turun (*sprue*) di bawahnya. Cawan tuang harus didesain untuk mengurangi terjadinya aliran yang tidak stabil.

2.4.2 Saluran Turun (*Sprue*)

Saluran turun merupakan bagian yang terhubung dengan cawan tuang dan runner. Saluran turun dibuat lurus dengan berbagai macam bentuk seperti persegi, lingkaran dan setengah lingkaran.

2.4.3 Pengalir (*runner*)

Runner biasanya memiliki bentuk trapesium atau setengah lingkaran, karena bentuk tersebut mudah untuk dibuat. *Runner* juga memiliki luas permukaan yang kecil sehingga lebih efektif untuk pendinginan yang lambat. Logam cair yang mengalir dalam saluran masih dapat membawa kotoran yang mengapung, terutama pada awal proses pengecoran. Untuk mengatasi masalah ini, seringkali dibuat perpanjangan pemisah pada ujung saluran pengalir atau saluran turun, atau bahkan saluran pengalir dibuat dengan pemisah yang terletak di tengah-tengahnya. Tujuan dari perpanjangan atau pemisah ini adalah untuk memungkinkan kotoran atau kontaminan lainnya untuk terpisah dari logam cair sebelum mencapai cetakan. Hal ini membantu meminimalkan kemungkinan cacat pada hasil akhir pengecoran.

2.4.4 Saluran masuk (*in-gate*)

Saluran masuk sengaja dibuat lebih kecil dibandingkan dengan *runner* dan bentuknya diusahakan mengecil menuju rongga cetak, hal ini bertujuan untuk menyaring kotoran-kotoran yang dibawa oleh aliran. Bentuk saluran masuk bisa beragam seperti segitiga, setengah lingkaran, trapesium dan sebagainya.

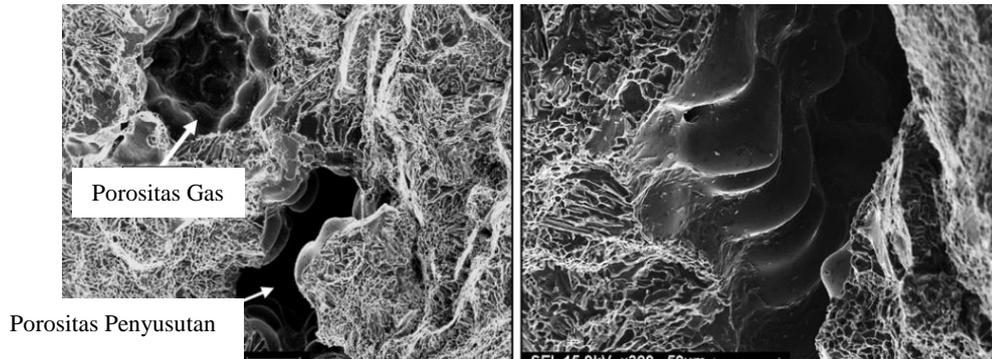
2.4.5 Saluran penambah (*riser*)

Saluran penambah atau riser merupakan saluran yang memberi logam cair cadangan logam pada saat proses penyusutan sehingga riser atau saluran penambah harus membeku lebih lambat daripada hasil pengecoran [6].

2.5 Porositas

Cacat pada pengecoran logam disebabkan oleh gas yang terlarut dalam logam cair dan yang terperangkap dalam proses pemadatan disebut porositas gas, dan cacat pengecoran akibat penyusutan disebut porositas penyusutan. Pada umumnya porositas yang terjadi pada proses pengecoran adalah salah satunya ataupun gabungan dari kedua jenis porositas tersebut. Porositas berdasarkan tempatnya dibagi menjadi dua yaitu porositas yang berada pada permukaan paling luar (*surface*) atau yang berada di balik permukaan (*subsurface*). Cacat porositas dapat menyebabkan menurunnya kualitas coran logam seperti sifat mekanik, sifat kimia, sifat termal

dan listrik, sifat fisik dan sifat mampu bentuk. Cacat porositas gas dan penyusutan jika dilihat melalui alat *Scanning Electron Microscope* seperti pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Cacat porositas dilihat dengan *Scanning Electron Microscope* [7]

Porositas mengacu pada kepadatan atau massa jenis material. Massa jenis adalah perbandingan massa terhadap volume suatu benda. Sebelum menentukan persentase porositas, tentukan terlebih dahulu massa jenis aktual dan teoritis. Porositas dihitung dengan mengukur kepadatan atau massa jenis dengan mengukur massa sampel di udara dan di dalam air. Kepadatan sampel atau massa jenis aktual ditentukan menggunakan rumus hukum Archimedes berdasarkan standar ASTM D3800:

$$\rho_{\text{aktual}} = \frac{\text{massa di udara}}{\text{massa di udara} - \text{massa di dalam air}} \times \rho_{\text{air}} \quad (1)$$

Dimana:

$$\rho_{\text{aktual}} = \text{Massa jenis aktual}$$

$$\rho_{\text{air}} = \text{Massa jenis air} = 0.999 \text{ gr/cm}^3$$

Kemudian persentase porositas bisa ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Persentase Porositas} = \left(1 - \frac{\text{massa jenis aktual}}{\text{massa jenis teoritis}}\right) \times 100\% \quad (2)$$

2.6 Uji Tekan

Kuat tekan adalah kemampuan suatu material atau struktur dalam menahan suatu beban yang menyebabkan perubahan dimensi. Pengujian tekan merupakan metode penting untuk menentukan kuat tekan suatu bahan. Tes ini menerapkan beban tekan pada suatu benda dan mengukur kuat tekan material. Selama uji kompresi, benda uji berukuran standar dikenai gaya tekan per satuan luas. Pengujian kompresi menentukan titik di mana suatu benda tidak lagi mampu menahan gaya tekan dan patah. Kuat tekan suatu bahan dinyatakan dalam satuan gaya per satuan luas. Ketika batas kuat tekan tercapai, material mengalami deformasi atau perubahan bentuk.

Standarisasi pengujian tekanan dibagi menjadi dua jenis bahan uji: proporsional dan non-proporsional. Untuk bahan uji bulat, harga L_e harus berada dalam kisaran antara $L_0 + d$ dan $L_0 + 2d$. Namun, untuk bahan uji segi empat, perbandingan antara tebal dan lebarnya harus 1:4, dengan pengecualian untuk bahan uji yang tipis. Standarisasi ASTM E9 merekomendasikan penggunaan benda uji bulat padat seperti yang tercantum dalam Tabel 2 berikut ini.

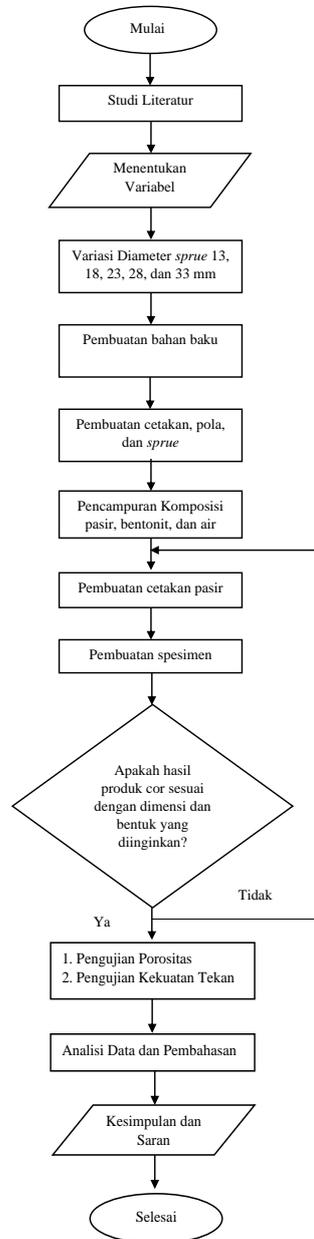
Tabel 2. Standarisasi ASTM E-9 [12]

Spesimen	Diameter		Panjang		Perkiraan/D Rasio
	in	mm	in	mm	
Pendek	1.12 ± 0.01	30.0±0.2	1.00 ± 0.05	25 ± 1	0.8
	0.50 ± 0.01	13.0±0.2	1.00 ± 0.05	25 ± 1	2
Medium	0.50 ± 0.01	13.0 ± 0.2	1.50 ± 0.05	38 ± 1	3
	1.00 ± 0.01	25.0 ± 0.2	3.00 ± 0.12	75 ± 3	3
Panjang	0.80 ± 0.01	20.0 ± 0.2	6.38 ± 0.12	160 ± 3	8

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada Gambar 3 disajikan diagram alir dari penelitian ini:



Gambar 3. Diagram alir penelitian

3.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Tungku peleburan (*furnace*) digunakan sebagai tempat meleburkan aluminium.
- Blower digunakan untuk mendorong oli masuk kedalam *furnace* agar temperatur dalam *furnace* bisa meningkat.
- Cetakan digunakan sebagai tempat mencetak produk coran.
- Ladle* digunakan sebagai wadah pada saat meleburkan aluminium
- Pola *sprue* dengan variasi diameter 13, 18, 23, 28, dan 33 mm
- Timbangan digital digunakan untuk menimbang massa hasil coran aluminium
- Gergaji besi digunakan untuk memotong bagian *sprue* dan *riser* pada produk coran
- Thermometer Infrared* untuk mengetahui temperatur pada *furnace*

- i. Jangka sorong digunakan untuk mengetahui dimensi hasil produk coran
- j. Jeriken digunakan sebagai wadah bahan bakar yaitu oli bekas
- k. Penjepit digunakan untuk memindahkan *ladle* dari dalam *furnace*
- l. Pipa Paralon digunakan untuk menggantung spesimen pada saat pengujian porositas
- m. Tali digunakan sebagai pengikat spesimen pada pipa paralon
- n. Amplas digunakan untuk menghaluskan permukaan spesimen pada saat pengamatan porositas
- o. Mesin Bubut digunakan untuk membuat dimensi spesimen sesuai standar ASTM E-9
- p. Alat uji Kekuatan Tekan (*Universal Testing Machine / UTM*) digunakan untuk pengujian kekuatan tekan pada spesimen hasil coran

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Pasir silika sebagai bahan utama pada cetakan pasir
- b. Bentonit sebagai pengikat pada campuran pasir
- c. Air sebagai campuran pada cetakan pasir dan juga digunakan pada pengujian porositas
- d. Kaleng aluminium bekas sebagai bahan utama dalam penelitian
- e. Oli bekas sebagai bahan bakar untuk menyalakan *furnace*

3.2 Proses Pembuatan Bahan Baku dan Spesimen

Bahan baku dan spesimen yang digunakan untuk penelitian ini dibuat di Laboratorium Terpadu Institut Teknologi Kalimantan. Ada dua tahap dalam proses ini yaitu pembuatan bahan baku terlebih dahulu kemudian pembuatan spesimen. Berikut adalah langkah langkah dalam proses pembuatan bahan baku.

1. Pada tahap awal proses pembuatan bahan baku aluminium, langkah pertama adalah menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan. Setelah itu, kaleng aluminium bekas yang telah dikumpulkan akan ditekan hingga menjadi gepeng. Hal ini dilakukan untuk memudahkan proses pemasukan kaleng bekas ke dalam ladle, yang kemudian akan digunakan dalam proses peleburan di dalam *furnace*.
2. Langkah selanjutnya adalah menyalakan api di dalam *furnace* menggunakan kertas yang dilumuri oli terlebih dahulu. Setelah api cukup besar, kemudian nyalakan blower dan buka kran pada galon agar oli mengalir melalui selang menuju pipa dan ditiup oleh blower untuk meningkatkan temperatur pada *furnace*.
3. Setelah api cukup besar maka masukkan ladle yang sudah diisi kaleng aluminium tadi dengan penjepit. Pastikan menggunakan sarung tangan tahan api saat memasukkan ladle ke dalam *furnace*.
4. Apabila kaleng sudah terlihat menyusut dan lunak maka tambahkan kaleng lagi kedalam *ladle* dan lakukan proses ini hingga aluminium didalam *ladle* cukup banyak.
5. Setelah aluminium cukup banyak kemudian angkat *ladle* dan tuang aluminium pada *ladle* pada wadah yang sudah disiapkan serta pastikan kotoran pada *ladle* tidak ikut jatuh kedalam wadah
6. Setelah itu diamkan aluminium cair tadi hingga membeku dan siap digunakan untuk menjadi bahan baku untuk spesimen.
7. Ulangi Langkah kedua sampai keenam hingga semua kaleng aluminium habis dileburkan menjadi aluminium yang akan digunakan sebagai bahan baku pengecoran.

Setelah bahan baku selesai dibuat dan dirasa cukup untuk membuat lima belas spesimen, maka langkah selanjutnya adalah proses pembuatan spesimen. Adapun langkah-langkah dalam pembuatan spesimen sebagai berikut.

1. Tahap pertama adalah menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan dalam pembuatan spesimen.
2. Langkah selanjutnya adalah menyalakan api di dalam *furnace* menggunakan kertas yang dilumuri oli terlebih dahulu. Setelah api cukup besar, kemudian nyalakan blower dan buka kran pada galon agar oli mengalir melalui selang menuju pipa dan ditiup oleh blower untuk meningkatkan temperatur pada *furnace*.
3. Setelah api cukup besar, masukkan bahan baku aluminium kedalam ladle dan pastikan bahan baku cukup untuk memenuhi saluran dalam cetakan pasir pada saat proses penuangan. Lalu masukkan ladle kedalam *furnace* dan tunggu hingga aluminium mencair.
4. Pastikan debit oli yang mengalir dari galon tidak terlalu kecil dan terlalu besar, karena jika terlalu sedikit bisa menyebabkan suhu yang terlalu rendah sehingga aluminium akan sulit

- mencair dan juga jika terlalu besar bisa menyebabkan api yang terlalu besar sehingga temperatur terlalu tinggi.
5. Sembari menunggu aluminium mencair, langkah selanjutnya adalah membuat campuran pasir dengan bentonite dan air. Pada penelitian ini komposisi pasir, bentonite dan air yang digunakan adalah 85% Pasir, 15% Bentonit, dan 5% air.
 6. Campuran tadi akan digunakan untuk membuat cetakan pasir. Kemudian masukkan campuran pasir kedalam cetakan pasir dan jangan lupa memasang pola cetakan diantara *cope* dan *drag*, lalu isi bagian bawah (*drag*) terlebih dahulu kemudian padatkan dengan cara ditumbuk-tumbuk.
 7. Setelah itu cetakan dibalik dan kemudian memasang *sprue* dan *riser* pada posisinya. Lalu masukkan pasir dan pastikan cetakan padat dengan cara ditumbuk lagi. Setelah dirasa padat maka cabut *sprue* dan *riser* secara perlahan dan pastikan cetakan tidak runtuh.
 8. Langkah selanjutnya adalah angkat bagian *cope* cetakan dengan perlahan, kemudian lepas pola cetakan yang berada diantar *cope* dan *drag* secara perlahan juga. Kemudian pastikan tidak ada pasir yang runtuh pada saat proses pelepasan *sprue*, *riser*, dan pola cetakan spesimen.
 9. Gunakan *thermometer infrared* untuk mengetahui dan mengukur temperature aluminium cair di dalam *ladle*. Arahkan *thermometer infrared* kearah aluminium cair di dalam *ladle* dan *thermometer* akan menampilkan temperaturnya. Pada penelitian ini temperatur yang digunakan berkisar 715°C sampai 720°C.
 10. Apabila aluminium yang berada di dalam *furnace* sudah mencair sepenuhnya, kemudian angkat *ladle* dengan penjepit panjang dan ganti dengan penjepit kecil untuk menuangkan kedalam cetakan yang sudah dibuat sebelumnya. Tuang aluminium cair melalui *sprue* hingga aluminium cair sampai ke *riser*.
 11. Setelah aluminium memenuhi cetakan, kemudian tunggu sekitar 5 sampai 10 menit hingga aluminium membeku dan membentuk sesuai pola yang diinginkan. Setelah itu bongkar cetakan pasir dan pisahkan spesimen hasil cor menggunakan penjepit untuk proses pendinginan.
 12. Langkah terakhir adalah tempatkan spesimen hasil cor yang masih panas ke tempat yang cukup jauh dari tempat pengecoran untuk menghindari spesimen terinjak, tertendang atau hal-hal lain yang bisa menyebabkan spesimen rusak. Diamkan selama kurang lebih 20 menit agar spesimen mendingin dan aman untuk dipegang dengan tangan kosong seperti pada Gambar 4. Jika sudah maka spesimen siap untuk dilakukan *finishing* dan juga pengujian porositas dan uji kekuatan tekan.



Gambar 4. Spesimen hasil coran

3.3 Proses Pengambilan Data

Sebelum dilakukannya proses pengambilan data dari dua pengujian yaitu porositas dan uji kekuatan tekan dilakukan proses pemotongan pada bagian *sprue* dan *riser* pada spesimen, dilanjutkan dengan proses pembubutan agar membentuk spesimen dengan ukuran sesuai standar ASTM-E9 yaitu dengan diameter 25 mm dan panjang 75 mm. Setelah spesimen dibubut maka dilakukan pengukuran untuk mengetahui diameter dan panjang spesimen seperti pada Gambar 5 dan penimbangan untuk mengetahuiin massa spesimen tersebut seperti pada Gambar 6.



Gambar 5. Pengukuran spesimen



Gambar 6. Penimbangan massa spesimen

Selanjutnya sebelum melakukan pengujian porositas dilakukan pengukuran massa spesimen di udara dan juga massa spesimen di dalam air. Saat mengukur massa spesimen di dalam, pastikan spesimen sudah sepenuhnya tenggelam dan tidak ada bagian spesimen yang tersisa seperti pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Pengambilan massa spesimen didalam air

Pengukuran massa spesimen ini dilakukan untuk mendapatkan nilai massa jenis aktual tiap-tiap spesimen dengan menggunakan persamaan (1).

$$\rho_{\text{aktual}} = \frac{99.1 \text{ gr}}{99.1 \text{ gr} - 61.9 \text{ gr}} \times 0.999 \quad (3)$$

$$\rho_{\text{aktual}} = \frac{99.1 \text{ gr}}{37.2 \text{ gr}} \times 0.999 \quad (4)$$

$$\rho_{\text{aktual}} = 2.661314516 \quad (5)$$

Setelah didapatkan nilai massa jenis aktual, kemudian menentukan nilai porositas tiap spesimen dengan menggunakan persamaan pada (2). Massa jenis teoritis yang digunakan adalah massa jenis aluminium Al 3003 yaitu $2,73 \text{ gr/cm}^3$.

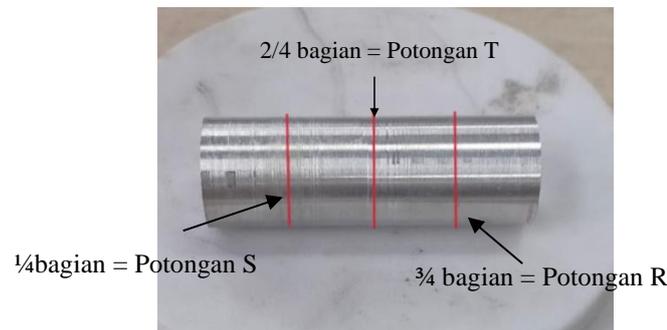
$$\% \text{Porositas} = \left(1 - \frac{\text{massa jenis aktual}}{\text{massa jenis teoritis}}\right) \times 100\% \quad (6)$$

$$\% \text{ Porositas} = \left(1 - \frac{2,661}{2,73}\right) \times 100\% \quad (7)$$

$$\% \text{Porositas} = (1 - 0,975) \times 100\% \quad (8)$$

$$\% \text{ Porositas} = 2,5\% \quad (9)$$

Kemudian untuk mendukung hasil perhitungan porositas, dilakukan juga pemotongan spesimen hasil cor yang telah di bubut di bagian $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, dan $\frac{3}{4}$ spesimen untuk mengamati porositas pada spesimen. Untuk memudahkan membedakan ketiga potongan maka diberikan kode seperti pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Pembagian potongan spesimen untuk pengamatan porositas secara visual

Kemudian hasil pemotongan di amplas dari grade terendah hingga tertinggi dan di foto lalu dianalisis dengan aplikasi *ImageJ* untuk mengetahui luasan porositasnya. Spesimen yang sudah di amplas ditampilkan pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Pengukuran diameter potongan spesimen untuk pengamatan porositas

Pengujian selanjutnya adalah pengujian kekuatan tekan yang dilakukan di Laboratorium Terpadu ITK dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) yang bisa dilihat pada Gambar 10. Pertama-tama tempatkan spesimen yang akan diuji diatas blok-blok yang sudah tersusun di lower plate mesin UTM. Pastikan spesimen sudah dalam posisi centre dan stabil. Kemudian masukkan data spesimen uji pada monitor mesin UTM seperti panjang, diameter, dan juga massa. Atur kecepatan penekanannya, pada penelitian ini digunakan kecepatan tekan sebesar $0,4 \text{ MPa/s}$. Setelah dilakukan running, mesin UTM akan bergerak memberikan gaya tekan kepada spesimen dan akan menampilkan serta merekam data nilai kekuatan tekan yang dialami oleh spesimen dan beban maksimal yang diberikan. Data yang sudah tercatat dan terekam akan ditampilkan pada monitor mesin UTM.

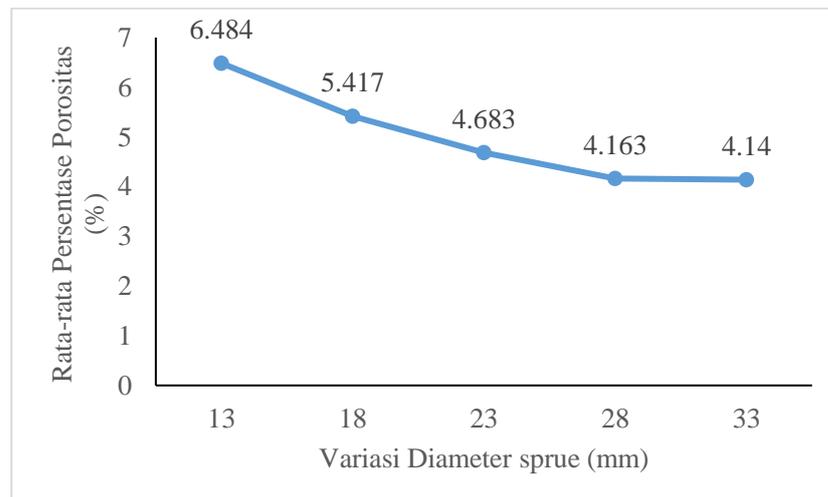


Gambar 10. Pengujian kekuatan tekan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Porositas

Berikut disajikan hasil perhitungan rata-rata persentase porositas tiap spesimen yang ditampilkan pada grafik (Gambar 11) dibawah ini.



Gambar 11. Grafik persentase porositas berdasarkan perhitungan massa jenis

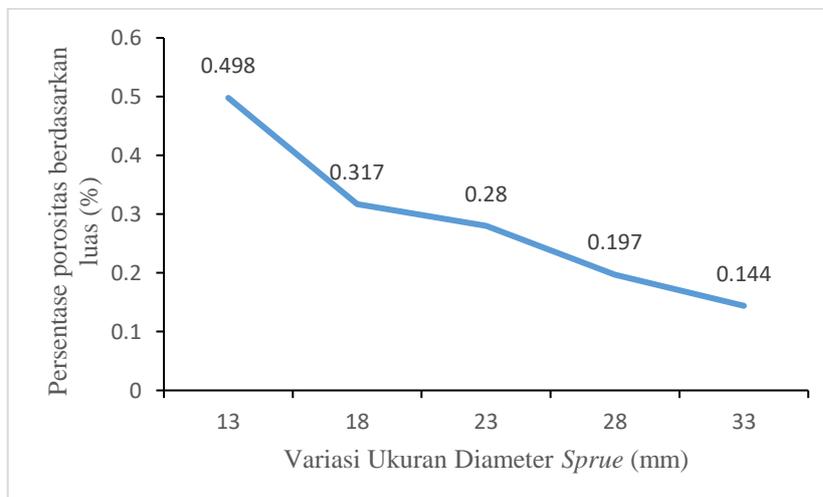
Pada Gambar 11 ditampilkan grafik hubungan antara persentase porositas dengan perubahan ukuran diameter *sprue* (saluran turun). Nilai yang ada pada gambar diatas merupakan nilai rata-rata persentase porositas dari tiga spesimen hasil pengulangan pada setiap variasi ukuran diameter *sprue*. Variasi pertama dengan diameter *sprue* 13 mm memiliki nilai rata-rata persentase porositas paling besar yaitu 6.484 %, untuk variasi kedua dengan diameter *sprue* 18 mm memiliki nilai rata-rata persentase porositas sebesar 5.417 % yang mana nilai tersebut mengalami penurunan dari variasi pertama, untuk variasi ketiga dengan diameter *sprue* 23 mm memiliki nilai rata-rata persentase porositas sebesar 4.683 % yang mana nilai tersebut mengalami penurunan dari variasi kedua, untuk variasi keempat dengan diameter *sprue* 28 mm memiliki nilai rata-rata persentase porositas sebesar 4.163 % dan untuk variasi kelima dengan diameter *sprue* 33 mm memiliki nilai rata-rata persentase porositas paling minimum yaitu sebesar 4.14 %. Berdasarkan hasil rata-rata persentase porositas pada gambar 11 terlihat grafiknya mengalami penurunan, artinya semakin besar ukuran diameter *sprue*-nya maka persentase porositasnya semakin rendah.

Hal ini juga didukung dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Setiawan dan Aryadita [2,9]. Menurut Setiawan [2] faktor ukuran diameter *sprue* memiliki nilai persentasi kontribusi sebesar 83,42 % dalam memengaruhi porositas dalam produk cor. Semakin besar ukuran diameter *sprue*-nya maka porositasnya semakin kecil. Menurut Aryadita [9] diameter *sprue* sangat berpengaruh terhadap porositas benda hasil cor tersebut. *Sprue* berbentuk lingkaran

dapat menyebabkan aliran memutar dan membuat pusaran yang dapat membuat terjadinya pergolakan aliran (turbulensi). Hal tersebut disebabkan karena saat proses penuangan tidak ada dinding pada saluran turun (*sprue*) yang dapat menahan putaran dari aliran yang turun bebas sehingga aliran menjadi stabil saat proses pengecoran. Turbulensi dapat menyebabkan pembuangan udara yang berada di dalam rongga cetak menjadi tidak terbang secara maksimal, karena aliran yang bergejolak membuat udara yang seharusnya bisa keluar melalui *riser* terperangkap di didalam rongga cetak dan menyebabkan porositas. Aliran yang turbulen juga menyebabkan pendinginan didalam rongga cetak tidak merata, hal itu juga bisa menjadi salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya penyusutan yang akan menyebabkan porositas pada produk coran. Oleh karena itu semakin kecil diameter *sprue*-nya semakin mudah terjadi turbulensi dan dapat menyebabkan porositas pada produk coran semakin besar dan semakin besar ukuran diameter *sprue*-nya maka semakin mengurangi kemungkinan terjadinya turbulensi dan dapat mengurangi porositas pada produk coran.

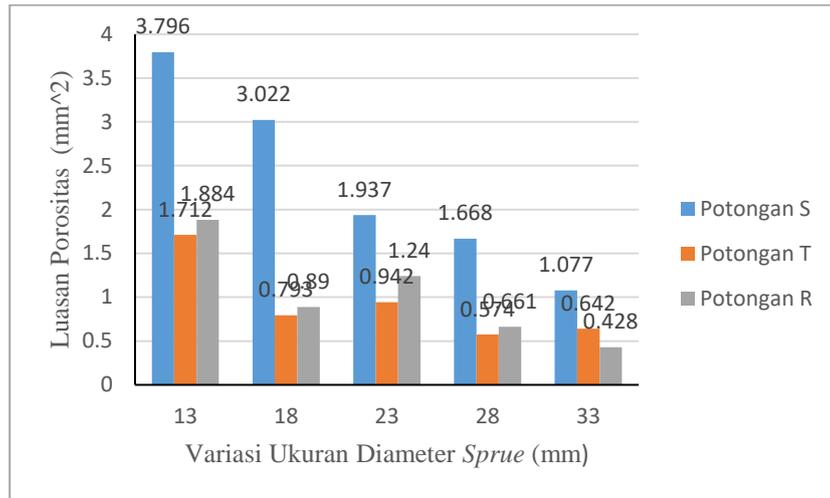
Setelah mendapatkan hasil rata-rata persentase porositas dengan perhitungan maka dilakukan pengambilan data porositas secara visual dengan cara memotong spesimen menjadi 3 bagian yang bisa dilihat pada Gambar 8. Spesimen kemudian diampelas untuk melihat titik-titik porositas pada spesimen, kemudian luas permukaan spesimen diukur menggunakan bantuan jangka sorong. Berikut grafik persentase luasan porositas terhadap luas penampang spesimen yang dihitung menggunakan aplikasi *ImageJ*.

Pada Gambar 12 diperlihatkan persentase porositas berdasarkan luasnya yang dihitung berdasarkan rata rata luasan porositas tiap potongan kemudian dibagi dengan luas penampang spesimen tiap variasi. Variasi ukuran diameter *sprue* yang memiliki persentase porositas berdasarkan luas yang paling tinggi adalah variasi 13 mm dengan 0,498 %, kemudian untuk variasi 18 mm menurun menjadi 0,317 %, untuk variasi 23 mm adalah 0.28 %, untuk variasi 28 mm persentase porositasnya sebesar 0.197 %, dan untuk variasi yang persentase porositas berdasarkan luasnya yang paling kecil adalah variasi 33 mm dengan 0.144%. Hal ini menunjukkan pola yang sama dengan pengujian porositas dengan perhitungan massa jenis sebelumnya, sehingga makin menguatkan bahwa ukuran diameter *sprue* memiliki pengaruh terhadap porositas hasil produk coran.



Gambar 12. Persentase porositas berdasarkan luasnya

Setelah dilakukan perhitungan dengan membandingkan luas porositas dengan luas penampangnya, selanjutnya akan ditampilkan grafik tentang sebaran porositas pada tiap potongan spesimen. Grafik sebaran luas porositas pada tiap potongan spesimen ditampilkan pada grafik (Gambar 13) dibawah ini.

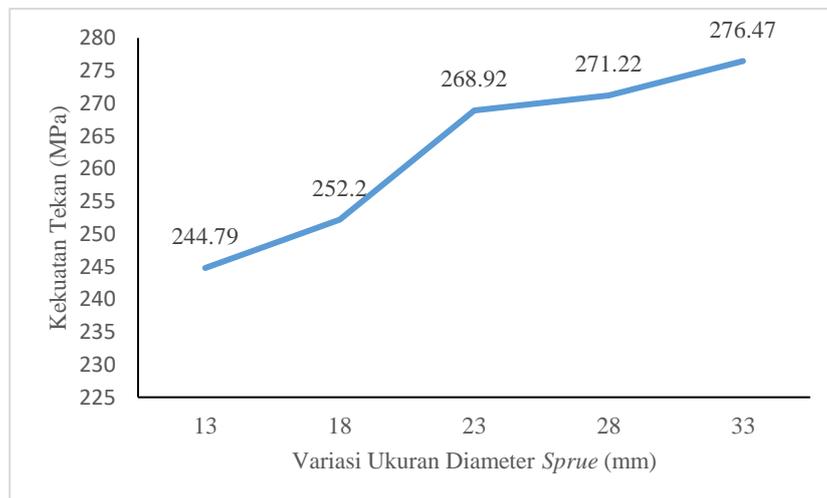


Gambar 13. Grafik sebaran luas porositas di tiap potongan

Pada Gambar 13 ditampilkan sebaran porositas untuk tiap potongan spesimen, dan potongan yang memiliki luasan porositas tertinggi adalah potongan S atau potongan yang dekat dengan sprue. Potongan S pada tiap variasi memiliki luas porositas yang paling besar diantara potongan lainnya. Hal ini makin menguatkan bukti bahwa udara yang terjebak pada rongga cetak tidak dapat keluar dengan optimal melalui riser, disebabkan oleh aliran yang turbulen dan tidak mampu mendorong udara keluar sehingga udara tadi membentuk gelembung udara yang menjadi salah satu faktor penyebab timbulnya porositas. Selain itu, karena posisi sprue merupakan posisi terjauh dari riser maka menyebabkan udara yang tidak bisa terdorong tadi menjadi terjebak dan berkumpul lebih banyak pada bagian potongan S atau potongan yang dekat dengan sprue.

4.2 Hasil Uji Tekan

Pengujian kekuatan tekan dilakukan di Laboratorium Terpadu Institut Teknologi Kalimantan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Pengujian ini dilakukan menggunakan kecepatan tekan untuk menekan spesimen sebesar 0,4 MPa/s. Berikut adalah grafik (Gambar 14) rata-rata kekuatan tekan spesimen tiap variasi ukuran sprue.



Gambar 14. Grafik kekuatan tekan

Pada Gambar 14 ditampilkan grafik kekuatan tekan aluminium hasil dari pengecoran logam dengan menggunakan cetakan pasir yang menunjukkan hubungan antara diameter sprue yang digunakan dan kekuatan tekan produk hasil cor. Dalam penelitian ini menggunakan 5 variasi diameter sprue yaitu 13 mm, 18 mm, 23 mm, 28 mm dan 33 mm. Dilihat dari hasil grafik di atas menunjukkan bahwa semakin besar variasi diameter sprue maka akan semakin tinggi kekuatan tekan dari logam cor aluminium. pada diameter sprue 13 mm nilai rata-rata kekuatan tekan dari tiga spesimen yaitu sebesar 244,79 MPa. Selanjutnya pada variasi diameter sprue kedua yaitu 18

mm, nilai rata-rata kekuatan tekan meningkat menjadi 252,20 MPa. Lalu pada variasi diameter sprue ketiga yaitu 23 mm, nilai rata-rata kekuatan tekan meningkat menjadi 268,92 MPa. Hal yang sama pun terjadi pada variasi diameter sprue 28 mm yang memiliki nilai rata-rata kekuatan tekan sebesar 271,22 MPa dan pada variasi diameter sprue 33 mm yang memiliki nilai rata-rata kekuatan tekan paling besar yaitu 276,47 MPa.

Banyak hal yang mempengaruhi kekuatan tekan suatu benda, salah satunya adalah porositas. Berdasarkan gambar 11, 12, dan 14 bisa dilihat bahwa porositas juga memiliki pengaruh terhadap kekuatan tekanan produk cor. Hal ini dinyatakan dengan rata-rata persentase porositas yang besar pada variasi 13 mm membuat kekuatan tekan pada variasi 13 mm juga menjadi yang paling rendah diantara variasi-variasi lainnya. Pada variasi diameter 33 mm, terlihat bahwa nilai rata-rata persentase porositas paling rendah. Hal ini mengakibatkan nilai kekuatan tekan yang paling tinggi dibandingkan dengan semua variasi lainnya. Dari sini, dapat disimpulkan bahwa keberadaan cacat porositas mempengaruhi sifat mekanik dari material tersebut. Temuan ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Pratikto [10], yang menyatakan bahwa keberadaan cacat porositas pada suatu material akan memengaruhi kualitas keseluruhan material tersebut. Adanya porositas akan menjadi titik konsentrasi tegangan saat material dikenai beban operasional, sehingga retakan lebih mungkin muncul pada area porositas tersebut. Sehingga pada penelitian ini menunjukkan bahwa variasi 33 mm merupakan variasi terbaik karena memiliki rata-rata persentase terkecil yaitu 4.14 % dan nilai kekuatan terbesar yaitu 276,47 MPa.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, beberapa kesimpulan dapat ditarik yaitu pada pengujian porositas dengan pengamatan luas porositas terhadap luas penampang didapatkan bahwa variasi 33 mm memiliki luas porositas paling kecil sebesar 0,144 % dengan sebaran luas porositas terbanyak pada potongan S di tiap variasi. Sehingga pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar ukuran diameter sprue-nya maka porositasnya akan semakin mengecil. Berdasarkan hasil yang didapatkan pada uji tekan dengan mesin *Universal Testing Machine* (UTM) dapat disimpulkan bahwa variasi ukuran diameter sprue 33 mm memiliki nilai kekuatan tekan paling besar yaitu 276.47, sehingga dari hasil pengujian didapatkan semakin besar ukuran diameter sprue-nya maka semakin besar juga nilai kekuatan tekan materialnya.

5.2 Saran

Adapun saran yang diberikan peneliti adalah sebagai berikut.

1. Untuk penelitian selanjutnya menggunakan variasi yang berbeda dan juga jenis saluran yang berbeda
2. Melakukan pengujian yang berbeda untuk mengetahui pengaruh diameter sprue terhadap pengujian lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tirtayasa, S. "Pengaruh Laju Dingin Pengecoran Hasil Coran Produk Hand Press Kancing Bungkus Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Pengecoran Dengan Cetakan Tetap" 2019
- [2] Setiawan, I. "Pengendalian Kualitas Cacat Porositas Produk Pengecoran Logam Menggunakan Metode Taguchi: Universitas Jember." 2019.
- [3] Palagan, F. F. K. "Pengaruh Model Sistem Saluran Pada Proses Pengecoran Logam Terhadap Cacat Cor Fluiditas Dan Kekerasan Cor." 2015.
- [4] Purnomo, A. "Pengaruh Kadar Air Pada Pasir Cetak Terhadap Jenis Cacat Coran, Struktur Mikro, Dan Kekerasan Pengecoran Aluminium Bekas." 2018.
- [5] Wibowo, A. D., Wijayanto, D. S., Harjanto, B. "Pengaruh Variasi Jenis Cetakan Dan Penambah Serbuk Dry Cell Bekas Terhadap Porositas Hasil Remelting Al-9%Si Berbasis Piston Bekas." 2013.
- [6] Krisnawan, I.H.), "Pengaruh Ukuran Riser Terhadap Cacat Penyusutan Dan Cacat Porositas Produk Cor Aluminium Cetakan Pasir, Skripsi, Universitas Sebelas Maret Surakarta, Surakarta." 2012.
- [7] Samuel, A. M., Samuel, E., Songmene, V., Samuel, F. H. "A review on porosity formation in aluminum-based alloys. *Materials*, 16(5), 2047." 2023.
- [8] Bhushan, R. K., Kumar, S., Das, S. "Optimisation of Porosity of 7075 AL alloy 10% SIC Composite Produced by Stir Casting Process Through Taguchi Method." 2009.

- [9] Aryadita, L. “Pengaruh Perbedaan Diameter Saluran Turun Pada Cetakan Pasir (14mm,18mm Dan 22 Mm) Pada Pembuatan Produk Cor Sepatu Rem Tromol Dengan Bahan Aluminium.” 2018.
- [10] Pratikto, Oerbandono, T., Irawan, Y.S. “Kekuatan Tarik dan Porositas Silinder Al-Mg-Si Hasil Die Casting dengan Variasi Tekanan.” 2013.
- [11] ASTM International D3800-99. Philadelphia, USA. 2002
- [12] ASTM International E9-89a, USA. 2000
- [13] AZo MATERIALS. “Aluminum / Aluminium 3003 Alloy (UNS A93003).” <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6618> [diakses pada tanggal 18 Desember 2023]