

PENGARUH VARIASI PANJANG *IN GATE* PADA PENGECORAN LOGAM ALUMINIUM TERHADAP PENYUSUTAN, *DENSITY*, KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO DENGAN MENGGUNAKAN METODE *INVESTMENT CASTING*

Muhammad Hanan Firdaus, Patna Partono

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Dalam dunia manufaktur sangatlah berkaitan dengan proses pembentukan menggunakan beberapa cara dalam hal ini menggunakan bahan aluminium. Aluminium merupakan logam ringan mempunyai ketahanan korosi dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat lainnya sebagai logam. *Investment casting* merupakan metode pembuatan komponen logam presisi dengan menggunakan cetakan yang dapat dilebur. Dalam proses ini dapat dilakukan dengan pembentukan cetakan menggunakan lilin kemudian dicairkan dan dituangkan aluminium hingga menjadi produk. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi panjang *In gate* terhadap penyusutan, *density*, kekerasan, dan struktur mikro. Terdapat beberapa variasi panjang yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan panjang 10 mm, 20 mm, dan 30 mm. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat pengujian komposisi kimia memperoleh hasil unsur dominan terdiri dari Aluminium (Al) 97,18% sebagai bahan utama . silikon (Si) 0,735%, besi (Fe) 0,755%, tembaga (Cu) 0,287%, dan magnesium (Mg) 0,777% sehingga dari unsur yang ada termasuk kedalam logam aluminium paduan magnesium silikon (Al-Mg-Si). Pada pengujian penyusutan memperoleh hasil terendah yaitu sebesar 1,79 %, dengan panjang *in gate* 10 mm. Pengujian *density* menghasilkan data *density* tertinggi yaitu 3,04 g/m³ dengan panjang *in gate* 10 mm , pada pengujian struktur mikro terdapat perbedaan masing-masing variasi dimana pada panjang *in gate* 10 mm memiliki butiran yang merata dibanding panjang *in gate* 20 mm dan panjang *in gate* 30 mm pada pengujian kekerasan menghasilkan data 73,1 VHN, 93,2 VHN, dan 74,0 VHN.

Kata Kunci: *Investment Casting*, Aluminium, *In Gate*, Penyusutan, *Density*, Kekerasan, Struktur Mikro, Komposisi Kimia

Abstract

In the world of manufacturing, it is very related to the forming process using several methods, in this case using aluminum materials. Aluminum is a light metal that has good corrosion resistance and electrical conductivity and other properties as a metal. Investment casting is a method of manufacturing precision metal components using molds that can be melted. In this process, it can be done by forming a mold using wax and then melting and pouring aluminum until it becomes a product. The purpose of this study is to determine the effect of In gate length variations on shrinkage, density, hardness, and microstructure. There are several variations of the length used in this study, namely with a length of 10 mm, 20 mm, and 30 mm. The results of this study show that there is a chemical composition test that obtains the result of the dominant element consisting of 97.18% Aluminum (Al) as the main material. silicon (Si) 0.735%, iron (Fe) 0.755%, copper (Cu) 0.287 %, and magnesium (Mg) 0.777% so that the existing elements include magnesium silicon alloy aluminum metal (Al-Mg-Si). In the shrinkage test, the lowest result was obtained which was 1.79%, with a gate length of 10 mm. The density

test produced the highest density data, which was 3.04 g/m³ with a gate length of 10 mm, in the microstructure test there was a difference in each variation where the in gate length of 10 mm had even grain compared to the length of the gate of 20 mm and the length of the gate in gate of 30 mm, in the hardness test produced data of 73.1 VHN, 93.2 VHN, and 74.0 VHN.

Keywords: Investment Casting, Alumunium, In Gate, Shrinkage, Density, Hardness, Microstructure, Chemical Composition

1. PENDAHULUAN

Di era modern ini, industri pengecoran logam mengalami kemajuan pesat. Selain digunakan untuk memadukan logam, saat ini pengecoran logam juga diterapkan untuk membentuk logam sesuai dengan kebutuhan tertentu. Oleh karena itu, perlakuan khusus diperlukan untuk mendukung perkembangan industri pengecoran yang semakin maju. Salah satu tindakan khususnya adalah melakukan proses perlakuan panas guna meningkatkan sifat fisik dan mekanis dari logam cor.

Proses pengecoran adalah suatu proses meleburkan suatu bahan padat menjadi bentuk cair dan dibentuk sesuai yang diinginkan yang kemudian didinginkan hingga kembali padat. Perlakuan panas pada benda cor akan mempengaruhi sifat fisis dan sifat mekanis dari benda cor tersebut. Media pendinginan pada proses perlakuan panas yang digunakan akan mempengaruhi hasil dari kualitas benda coran yakni sifat fisis dan sifat mekanis serta cacat yang terbentuk dari adanya media pendinginan yang berbeda

Investment casting merupakan salah satu teknologi pengecoran yang menghasilkan kualitas produk dengan kualitas baik seperti kepresisian yang tinggi dan dapat membuat produk yang rumit. Produk yang mampu dihasilkan oleh *investment casting* ini cakupannya cukup luas yaitu mulai dari industri kesehatan, pertanian, tekstil, senjata, elektronik, otomotif dan komponen listrik yang sangat dibutuhkan Indonesia. Ketergantungan penggunaan metal sebagai bahan pembuat cetakan pola lilin masih memberikan nilai biaya (*cost*) yang relatif besar dan waktu proses untuk pembuatan yang cukup lama. Bahan silicone rubber juga bisa digunakan untuk sebagai alternatif bahan cetakan pola lilin (Harrianda Hudaya, Dkk, 2016).

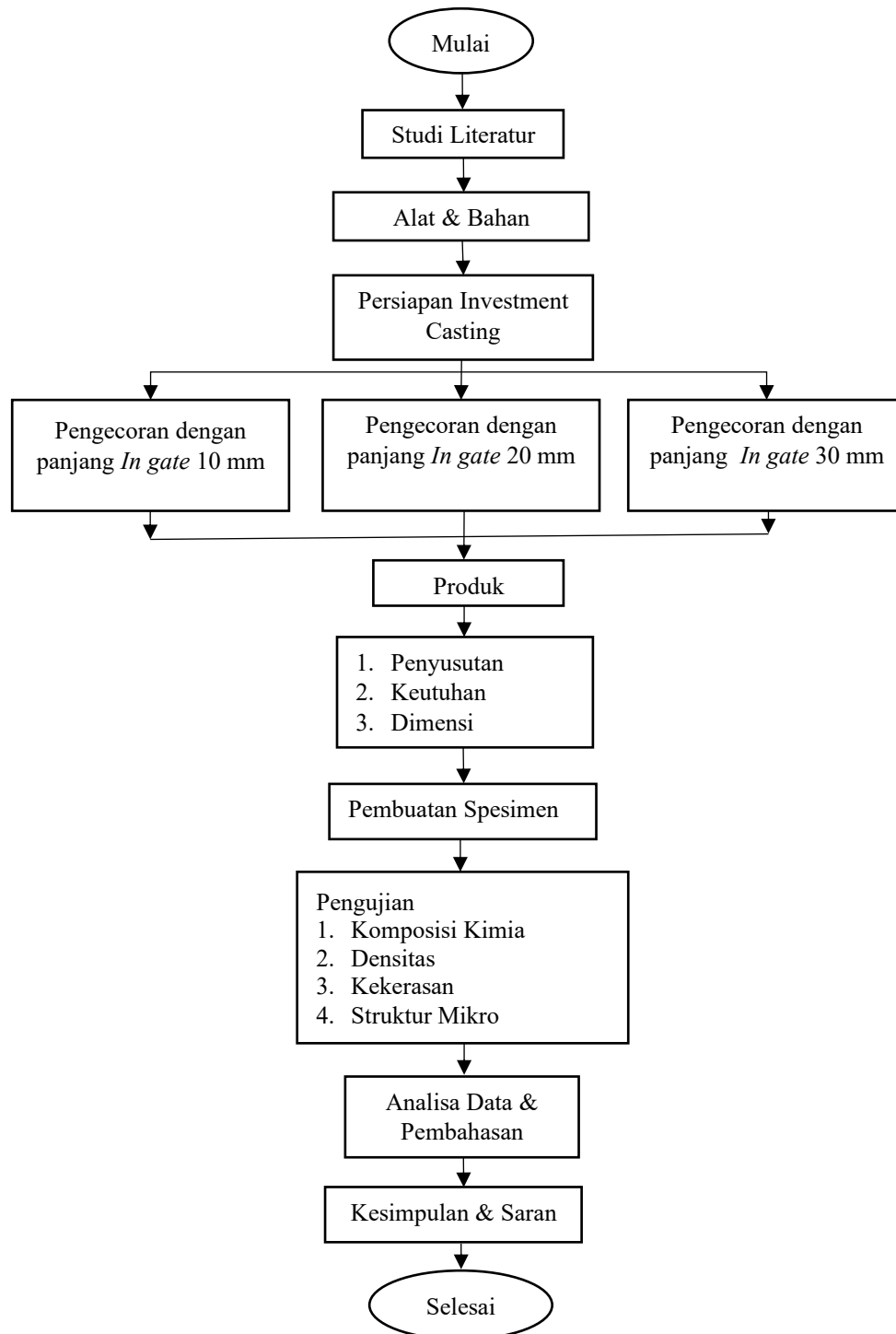
Saluran masuk adalah saluran yang menghubungkan saluran turun dengan rongga cetakan, saluran masuk dibuat berukuran kecil agar dapat mencegah kotoran masuk kedalam rongga cetakan. Bentuk irisan biasanya berbentuk bujur sangkar, trapesium, segitiga atauengah lingkaran, yang membesar ke arah rongga cetakan untuk mencegah

terkikisnya cetakan. Kadang-kadang irisanya diperkecil di tengah dan diperbesar lagi ke arah rongga. Pada pembongkaran saluran turun, irisan terkecil ini mudah diputuskan sehingga mencegah kerusakan pada coran. (Surdia, T, : Chijiwa, K.,1986)

Data yang diperoleh akan dianalisis untuk menganalisis pengaruh variasi ukuran panjang *in gate* terhadap penyusutan, density, kekerasan, struktur mikro. Dalam penelitian yang berjudul “Pengaruh Variasi Panjang *In Gate* Pada Pengecoran Logam Aluminium Terhadap Penyusutan, *Density*, Kekerasan dan Struktur Mikro Dengan Menggunakan Metode *Investment Casting*” saya akan menjelaskan metode *investment casting* yang digunakan, hasil perbedaan panjang *in gate* pada proses pengecoran logam Aluminium. Tujuannya yaitu memberikan pemahaman tentang pengaruh perbedaan panjang *in gate* pada pengecoran Aluminium terhadap penyusutan, *density*, kekerasan, struktur mikro dan komposisi kimia.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta untuk proses pengecoran, pengujian struktur mikro, penyusutan, dan *density*; Laboratorium Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret (UNS) untuk pengujian kekerasan dan Politeknik Manufaktur Ceper untuk pengujian komposisi kimia. Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur baik jurnal maupun buku dan diakhiri dengan melakukan penarikan kesimpulan dan saran dari penelitian yang dilakukan. Berikut merupakan diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1 Prosedur Penelitian

Berikut adalah tahap yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain proses pengecoran, proses pengujian struktur mikro, proses pengujian kekerasan, proses pengujian density, dan proses pengujian penyusutan.

2.1.1 Proses Pengecoran dengan Metode *Investment Casting* dengan Variasi Panjang *In Gate*

1. Menyiapkan lilin yang akan digunakan untuk membuat pola lilin.
2. Menyiapkan tungku kowi, gas yang telah dipasang regulator untuk mencairkan logam alumunium.
3. Membuat pohon lilin dengan variasi saluran turun dan saluran masuk yang terbuat dari lilin yang dicairkan.
4. Menuangkan lilin cair ke dalam cetakan lilin.
5. Mendinginkan lilin yang sudah terbentuk.
6. Menyatukan produk kepada pohon lilin dengan variasi saluran turun.
7. Melapisi pohon lilin dengan lapisan *ceramic slurry* berupa campuran gypsum dan bubuk alumina yang sudah dicampur dengan air.
8. Menghilangkan lilin yang sudah dilapisi dengan cara dipanaskan di dalam mesin *furnance*.
9. Melelehkan Alumunium dengan tungku kowi hingga alumunium menjadi cair.
10. Menuangkan Alumunium panas ke dalam cetakan gypsum.
11. Menghancurkan cetakan gypsum.
12. Menghaluskan Alumunium dengan gergaji.
13. Produk jadi dan siap dilakukan penelitian.

2.1.2 Prose Pengujian Penyusutan

1. Menyiapkan produk yang akan diuji
2. Mengukur volume pola cetakan lilin
3. Mengukur benda produk.

Berikut perhitungan persamaan persentase penyusutan:

$$S = \frac{(V \text{ pola} - V \text{ produk})}{V \text{ pola}} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana:

S = Persentase Penyusutan

V pola = Volume pola cetakan (cm³)

V produk = Volume Benda Produk (cm³)

2.1.3 Proses Pengujian Penyimpangan

1. Menyiapkan produk yang akan diuji
2. Mengukur volume benda asli dengan mengukur desain cetakan

3. Mengukur benda produk.

Berikut perhitungan persamaan presentase penyimpangan

$$S = \frac{(V_{\text{asli}} - V_{\text{produk}})}{V_{\text{asli}}} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana:

S = Persentase Penyimpangan

V asli = Volume benda asli (cm³)

V produk = Volume Benda Produk (cm³)

2.1.4 Proses Pengujian Bahan Komposisi Kimia

1. Menyiapkan sampel hingga bersih dan permukaan kering.
2. Memastikan sampel tidak tersentuh setelah persiapan sampel.
3. Memastikan sampel tidak saling tumpang tindih.
4. Membuka katup utama tabung kemudian buka katup regulator.
5. Mengatur tekanan argon untuk 3 bar lalu pastikan tekanan tabung harus lebih dari 5 bar apabila kurang dari 5 bar ganti tabung tersebut.
6. Membuka cover stand lalu lepaskan penutup selang warna merah.
7. Menghidupkan *UPS/stabilizer*.
8. Menghidupkan *main switch*.
9. Menyalakan computer tunggu sampai tampilan windows 10 muncul, lalu klik dua kali pada ikon *Elementas Suite ES Analysis*.
10. Melakukan purging yaitu membiarkan alat tersebut hidup dengan gas argon mengalir selama kurang lebih 1 jam.
11. Mengeklik ikon *activated method*, lalu pilih *base* dan *methods* yang akan digunakan.
12. Menempatkan sampel pada *table* tempat spark dan pastikan lubang *spark* sepenuhnya tertutup.
13. Memutar clamp sample lalu turunkan diatas sample yang akan dianalisa.
14. Memeriksa tampilan posisi *sample* di *monitor waiting for start* yang berarti terhubung dan siap untuk dilakukan analisa.
15. Mengeklik *workflow* menu lalu klik *maintenance*.
16. Menempatkan sample RE 12 yang telah digerinda pada table analisa, lalu klik start atau keyboard F2 atau tombol on didepan alat.
17. Mengecek indicator sampai menunjukkan warna hijau lalu klik *complete* jika

berwarna bisa lakukan *measure again* atau dilakukan *purging* lagi, jika masih merah sample harus digerinda lagi.

18. Melakukan verifikasi data dengan tes *control sample spark* minimal 2 kali dengan menempatkan sample dengan posisi berubah-ubah.
19. Mengklik ikon *report analysis* untuk mencetak ke printer langsung dan simpan hasil dengan format pdf.
20. Mengklik *complete analysis* atau *reject analysis* untuk menghapus tampilan hasil analisa tersebut.

2.1.5 Pengujian *Density*

1. Menyiapkan produk yang akan diuji
2. Mengukur massa produk cor.
3. Mengukur volume produk cor.
4. Mengukur nilai *density*.

Persamaan Densitas:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (3)$$

Dimana:

ρ = Densitas ($\frac{kg}{m^3}$)

m = Massa (Kg)

v = Volume (m^3)

2.1.6 Proses Pengujian Mikroskop Optik

1. Menyiapkan spesimen yang akan diuji
2. Masuk ke aplikasi Dimas Elite
3. Menghidupkan mesin uji struktur mikro
4. Meletakkan spesimen pada meja kerja
5. Mengatur posisi meja kerja
6. Mengatur converter sesuai pembesaran yang diinginkan
7. Memfokuskan gambar struktur mikro menggunakan tuas pengatur focus
8. Apabila gambar sudah fokus, klik snap pada layar monitor untuk pengambilan gambar struktur mikro.
9. Menyimpan gambar sesuai file yang diinginkan

2.1.7 Proses Pengujian Kekerasan

1. Menyiapkan benda kerja yang sudah rata kedua permukaannya dan sudah

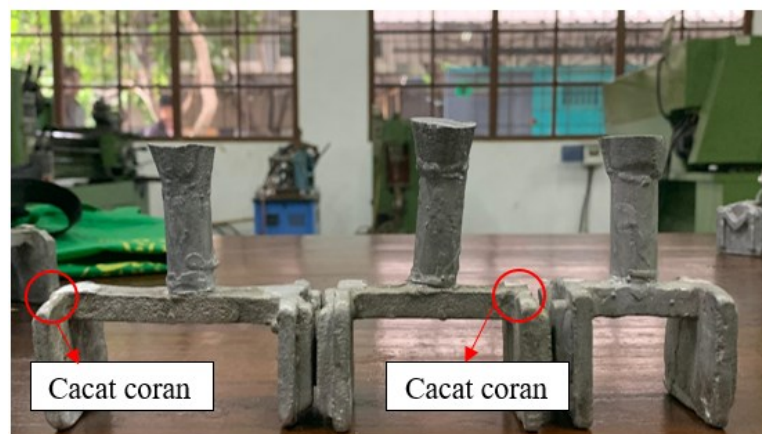
dipoles dengan autosol

2. Menghidupkan alat uji *vickers* dan monitor.
3. Menerangkan lampu pada pengaturan di kontrol panel.
4. Mengatur skala beban sesuai yang diinginkan.
5. Memasang benda kerja pada landasan.
6. Spesimen di naik turun dengan memutar handle hingga terlihat struktur mikronya.
7. Menekan tombol start dan tunggu hingga 30 detik.
8. Mengukur diameter 1 dan diameter 2 lalu catat nilai HV nya

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil dan Analisa Pengamatan Produk Cor

Pengamatan ini dilakukan untuk menilai bentuk produk coran sesuai dengan cetakan desain pola yang telah dibuat. Pohon pola diberikan lapisan dari *ceramic slurry*, yang terbuat dari campuran *gypsum* dan serbuk alumina yang dicampur dengan air, serta proses pembekuan aluminium, sangat mempengaruhi hasil akhir produk. Jika cetakan dibuat dengan baik dan proses pembekuan bisa dilakukan secara maksimal, produk coran yang dihasilkan akan memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Sebaliknya, produk yang tidak sesuai spesifikasi akan dikembalikan ke tungku untuk dilebur ulang. Berikut gambar 2. hasil produk cor an



Gambar 2. Hasil Produk Setelah Pengecoran dengan Variasi Panjang *In Gate*

Dari gambar 2. dapat diketahui keutuhan produk yang paling maksimal pada panjang saluran masuk 10 mm. Sedangkan pada panjang 20 mm terdapat cacat coran yang diakibatkan oleh tingginya turbulensi sehingga logam cair tidak dapat memenuhi secara

menyeluruh ke cetakan coran, diikuti hasil pengecoran dengan panjang saluran masuk 30 mm.

Panjang saluran masuk sangat berpengaruh terhadap keutuhan produk. Selain mengakibatkan tingginya turbulensi yang terjadi, panjang saluran masuk berpengaruh pada laju aliran logam. Semakin panjang saluran masuk, semakin besar kemungkinan kecepatan aliran logam cair menurun sebelum mencapai cetakan gypsum. Pada panjang saluran masuk 30 mm memiliki cacat coran yang paling tinggi dikarenakan turbulensi yang terjadi ketiga logam cair melaju dari saluran turun ke saluran masuk sehingga menimbulkan aliran yang tak beraturan. Panjang saluran masuk menyebabkan terjadinya turbulensi yang besar dan pembekuan logam cair lebih cepat sehingga logam cair tidak terdistribusikan secara maksimal kedalam rongga cetakan produk

3.2 Hasil dan Analisa Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia ini bertujuan untuk mengetahui komposisi unsur-unsur kimia yang terkandung dalam produk cor. Variasi panjang *in gate* 10 mm, 20 mm, 30 mm. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Politeknik Manufaktur Ceper menggunakan alat Uji Spektrometer dengan standar ASTM E 415-08. Komposisi kimia yang terdapat pada hasil produk yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Uji Komposisi Kimia Rata-Rata Alumunium

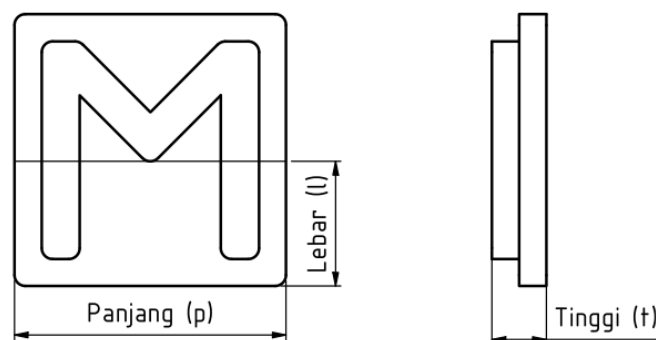
No	Kandungan Unsur	Komposisi Kimia (% berat)
1	<u>Si</u>	<u>0,735</u>
2	Fe	0,755
3	Cu	0,287
4	Mn	0,0028
5	<u>Mg</u>	<u>0,777</u>
6	Cr	0,079
7	Ni	0.0068
8	Zn	0,063
9	Ti	0,039
10	Pb	<0,0050
11	Sn	<0,0050
12	V	0,0047
13	Sr	0,0024
14	Zr	<0,0020
15	Cd	<0,0050
16	Co	<0,0030
17	B	0,0028

No	Kandungan Unsur	Komposisi Kimia (% berat)
18	Ag	<0,0010
19	Bi	<0,0060
20	Ca	0,0060
21	Li	<0,300
22	<u>Al</u>	<u>97,18</u>

Dari hasil analisis komposisi kimia menunjukkan bahwa terdapat 22 unsur, unsur dominan terdiri dari Alumunium (Al) 97,18%. Adanya unsur-unsur seperti silikon (Si) 0,735%, besi (Fe) 0,755%, tembaga (Cu) 0,287%, dan magnesium (Mg) 0,777% dalam jumlah yang lebih kecil mengindikasikan bahwa sampel ini merupakan paduan alumunium. Unsur unsur paduan tersebut biasanya merupakan campuran yang dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap sifat-sifat material akhir. Berdasarkan presentase unsur penyusunnya, jenis alumunium paduan ini dikategorikan kedalam alumunium paduan magnesium-silikon (Al-Mg-Si), karena unsur yang terbesar pada unsur magnesium (Mg) sebesar 0,777 % dan unsur silikon (Si) sebesar 0,735 %. Dari analisa dan data yang telah didapatkan berdasarkan paduan alumunium dengan nomor seri mendekati 6063.

3.3 Hasil dan Analisa Pengujian Penyusutan

Pengujian penyusutan untuk mengetahui tingkat penyusutan yang terjadi pada material coran serta faktor-faktor yang mempengaruhinya. Pengujian penyusutan dilakukan dengan menggunakan metode pengukuran langsung pada spesimen coran. Spesimen yang telah dicetak kemudian didinginkan dan diukur dimensinya untuk mengetahui perubahan ukuran yang telah terjadi. Kemudian dihitung dengan menggunakan rumus penyusutan.

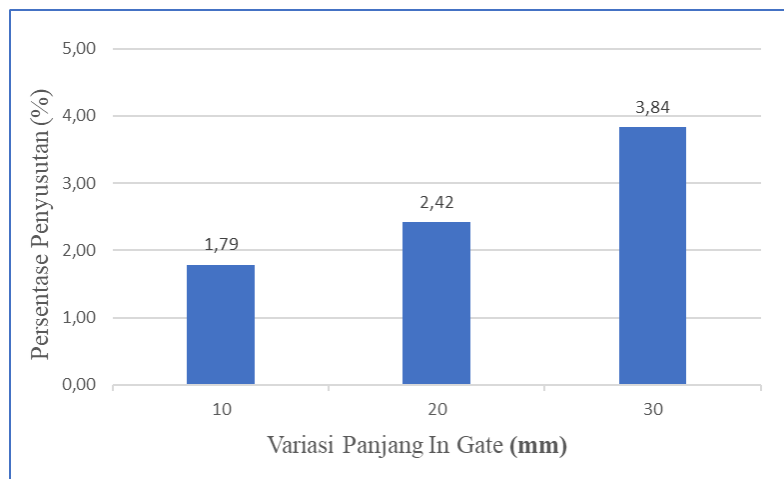


Gambar 3. Spesimen Pengujian Penyusutan

Tabel 2. Presentase Penyusutan dalam Porsen (%)

Variasi Panjang In Gate (mm)	Dimensi Pola			Dimensi Produk			Volume Pola (Lilin) (mm ³)	Volume Benda Produk (mm ³)	Presentase Penyusutan (%)
	<i>p</i> (mm)	<i>l</i> (mm)	<i>t</i> (mm)	<i>p</i> (mm)	<i>l</i> (mm)	<i>t</i> (mm)			
10	50	22,8	9,86	49,85	22,69	9,76	11240,40	11039,50184	1,79
20	49,85	22,92	9,8	49,45	22,50	9,82	11197,11	10925,98	2,42
30	49,53	22,95	9,83	48,20	22,45	9,93	11173,89	10745,15	3,84

Berikut Gambar 4. Histogram dari hasil pengujian penyusutan



Gambar 4. Histogram Presentase Penyusutan

Pada hasil pengujian penyusutan terdapat hasil nilai pada spesimen 1 dengan variasi panjang *in gate* 10 mm menghasilkan presentase penyusutan sebesar 1,79 %, pada spesimen 2 variasi panjang *in gate* 20 mm menghasilkan presentase penyusutan 2,42 %, pada spesimen 3 variasi panjang *in gate* 30 mm menghasilkan presentase penyusutan sebesar 3,84 %. Berdasarkan data diatas, semakin panjang *in gate* pada proses pengecoran logam dengan metode investment casting presentase penyusutan yang dihasilkan maka semakin meningkat dari spesimen dengan panjang 10 mm, 20 mm, dan 30 mm. Dengan data yang dihasilkan diatas dapat disimpulkan bahwa saluran masuk yang lebih panjang dengan panjang 30 mm menyebabkan pendinginan lebih cepat karena logam cair kehilangan lebih banyak panas sebelum mencapai cetakan. Ketika logam mulai mendingin lebih awal penyusutan akan terjadi lebih cepat, yang bisa menyebabkan penyusutan tak terkontrol di sepanjang bagian pengecoran. Selain itu pengaruh panjang *in gate* membuat aliran alumunium yang lebih terhambat menyebabkan distribusi dalam cetakan mungkin tidak optimal dengan bagian tertentu dari cetakan mungkin menerima

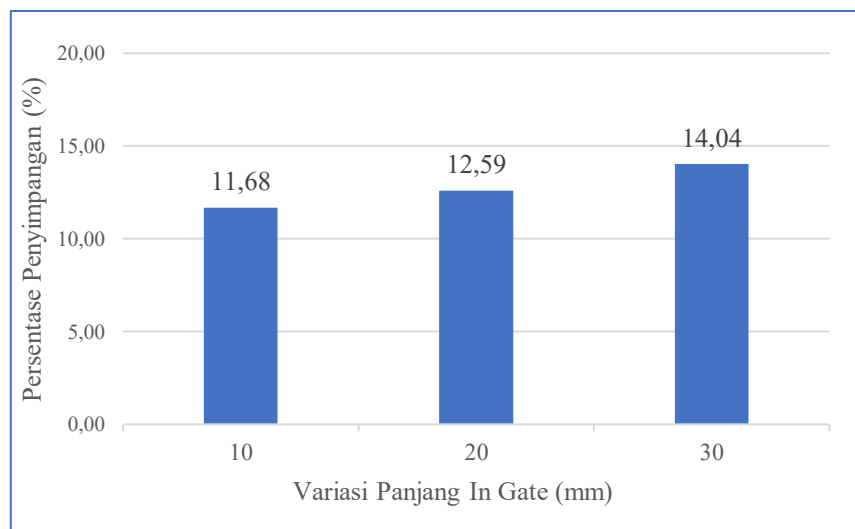
lebih sedikit aluminium cair atau sudah memadat, yang menyebabkan penyusutan tidak seragam, mengakibatkan cacat coran seperti retakan atau porositas.

3.4 Hasil dan Analisa Pengujian Penyimpangan

Pengujian penyimpangan dilakukan untuk mengetahui tingkat penyimpangan yang terjadi pada material coran serta faktor-faktor yang mempengaruhinya. Pengujian penyimpangan dilakukan dengan menggunakan metode pengukuran langsung pada spesimen coran. Spesimen yang telah dicetak kemudian didinginkan dan diukur dimensinya untuk mengetahui perubahan ukuran yang telah terjadi dan membandingkan dengan ukuran asli sesuai dengan desain cetakan.

Tabel 3. Hasil Pengujian Penyimpangan

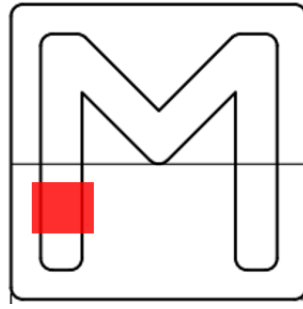
Variasi Panjang In Gate (mm)	Dimensi Pola			Dimensi Produk			Volume Asli (mm ³)	Volume Benda Produk (mm ³)	Presentase Penyimpangan (%)
	<i>p</i> (mm)	<i>l</i> (mm)	<i>t</i> (mm)	<i>p</i> (mm)	<i>l</i> (mm)	<i>t</i> (mm)			
10	50,00	25,00	10,00	49,85	22,69	9,76	12500,00	11039,50184	11,68
20	50,00	25,00	10,00	49,45	22,50	9,82	12500,00	10925,98	12,59
30	50,00	25,00	10,00	48,20	22,45	9,93	12500,00	10745,15	14,04



Gambar 5. Histogram Presentase Penyimpangan

Pada hasil pengujian penyimpangan terdapat hasil nilai pada spesimen 1 dengan variasi panjang *in gate* 10 mm menghasilkan presentase penyimpangan sebesar 11,68 %, pada spesimen 2 variasi panjang *in gate* 20 mm menghasilkan presentase penyimpangan 12,59 %, pada spesimen 3 variasi panjang *in gate* 30 mm menghasilkan presentase penyimpangan sebesar 14,04 %.

3.5 Hasil dan Analisa Pengujian *Density*

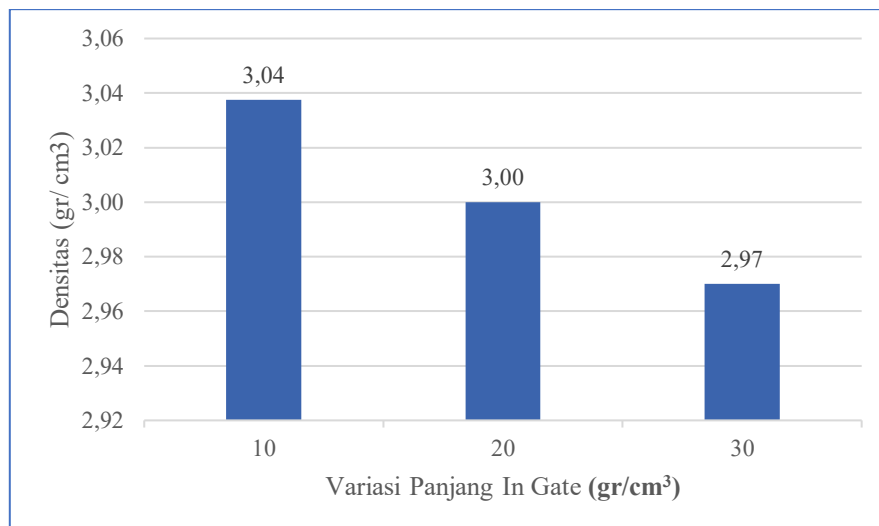


Gambar 6. Spesimen Pengujian Densitas

Tabel 4, Hasil Pengujian *Density*

Variasi	Massa (g)	Volume (cm ³)	<i>Density</i> (gr/cm ³)
Panjang <i>In Gate</i> 10 mm	2,43	0,8	3,04
Panjang <i>In Gate</i> 20 mm	2,7	0,9	3,00
Panjang <i>In Gate</i> 30 mm	2,67	0,9	2,97

Berikut Gambar 7. Histogram Hasil Pengujian *Density*



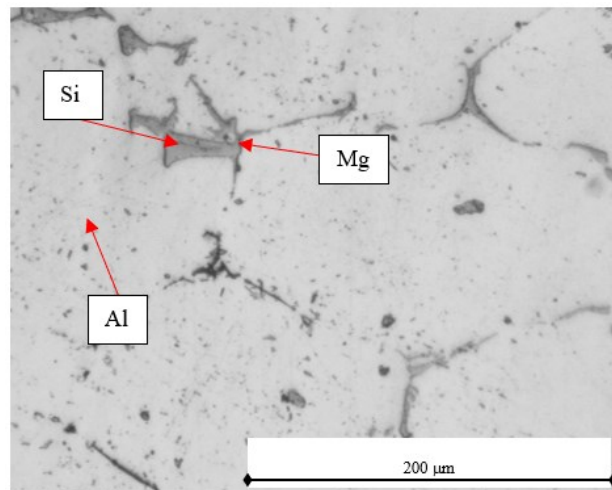
Gambar 7. Histogram Pengujian *Density*

Pada hasil pengujian *density* terdapat hasil nilai pada spesimen 1 dengan variasi panjang *in gate* 10 mm menghasilkan *density* sebesar 3,04 g/cm³, pada spesimen 2 variasi panjang *in gate* 20 mm menghasilkan *density* 3,00 g/cm³, pada spesimen 3 variasi panjang *in gate* 30 mm menghasilkan densitas 2,97 g/cm³. Berdasarkan data diatas, semakin panjang *in gate density* yang dihasilkan maka semakin menurun dari spesimen yang berbeda. Semakin tinggi nilai *density* maka semakin tinggi kepadatan spesimen.

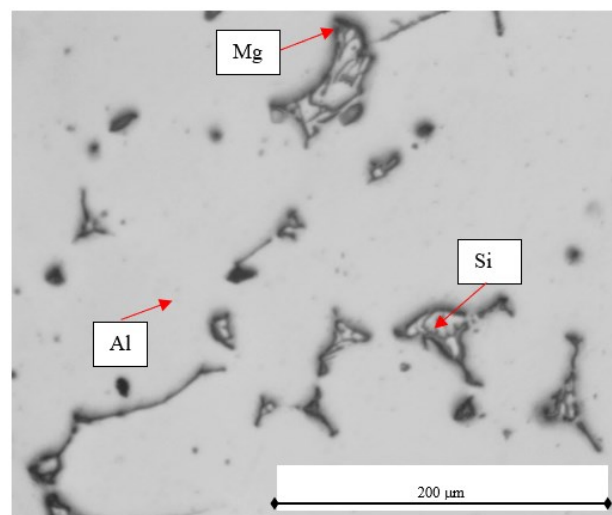
Sebaliknya, semakin rendah nilai density maka semakin rendah pula kepadatan spesimennya. Dengan data yang dihasilkan diatas dapat disimpulkan bahwa saluran masuk dengan ukuran 10 mm memiliki kepadatan paling tinggi dibandingkan dengan panjang saluran masuk 20 mm dan 30 mm.

3.6 Hasil dan Analisa Pengujian Struktur Mikro

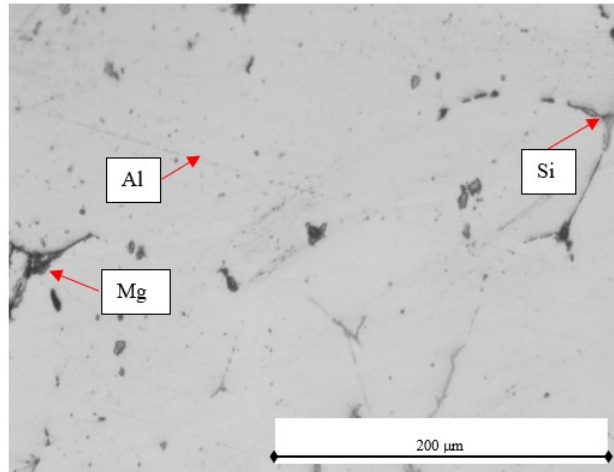
Pengujian struktur mikro dilakukan dengan mengamati menggunakan alat uji struktur mikro dengan perbesaran 200x. Spesimen yang diuji merupakan hasil pengecoran alumunium menggunakan metode *investment casting* dengan variasi panjang saluran masuk (*In Gate*) yaitu panjang saluran masuk 10 mm, 20 mm, 30 mm lalu sudah dipotong dan dibentuk sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan.



Gambar 8. Struktur Mikro Panjang *In Gate* 10 mm



Gambar 9. Struktur Mikro Panjang *In Gate* 20 mm



Gambar 10. Struktur Mikro Panjang *In Gate* 30 mm

Berdasarkan hasil pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa Struktur mikro alumunium yang diamati menunjukkan adanya fasa silikon (Si) berwarna abu-abu, dan magnesium berwarna hitam pekat sedangkan alumunium memiliki butir-butir berwarna putih berukuran besar (Sumber : ASM Handbook, Vol 9, Tahun 2004, Metallography and Microstructure, ASM Internasional). Hasil analisis mikrostruktur menunjukkan bahwa ukuran butir rata-rata pada sampel saluran masuk 20 mm memiliki distribusi butir lebih mengumpul dibandingkan dengan sampel saluran masuk 10 mm dan 30 mm yang lebih menyebar pada struktur mikronya.

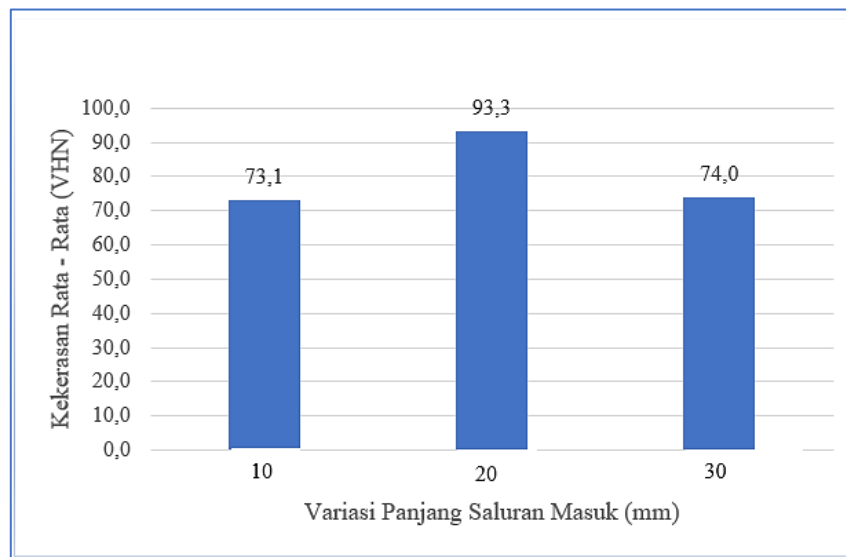
3.7 Hasil dan Analisa Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan ini dilakukan dengan metode *Vickers* Hardness Number (VHN) yang bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan pada setiap titik yang diuji pada spesimen alumunium yang telah dilakukan pengecoran dengan variasi ketinggian saluran turun yaitu 40 mm, 60 mm, 80 mm. Berdasarkan standar ASTM E384. Pengujian kekerasan dilakukan dengan menguji spesimen dari ke tiga ketinggian saluran turun menggunakan indenter berbentuk piramida intan dengan pembebanan sebesar 100 kg selama 10 detik. Nilai kekerasan diperoleh dari nilai rata- rata tiga spesimen untuk masing-masing ketinggian saluran turun. Setiap spesimen akan diuji tiga titik penekanan, sehingga menghasilkan data kekerasan seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kekerasan

Variasi Spesimen	Titik Uji	d1 (μm)	d2 (μm)	Kekerasan (VHN)	Kekerasan Rata-Rata (VHN)
Panjang 10 mm	Titik Uji 1	50,99	50,76	71,7	73,1
	Titik Uji 2	51,31	49,26	73,3	
	Titik Uji 3	49,56	50,23	74,4	

Variasi Spesimen	Titik Uji	d1 (μm)	d2 (μm)	Kekerasan (VHN)	Kekerasan Rata-Rata (VHN)
Panjang 20 mm	Titik Uji 1	43,57	45,43	92,6	93,3
	Titik Uji 2	44,06	44,03	95,5	
	Titik Uji 3	44,83	44,99	91,9	
Panjang 30 mm	Titik Uji 1	51,84	49,58	72,1	74,0
	Titik Uji 2	50,64	49,64	73,7	
	Titik Uji 3	53,05	45,5	76,3	



Gambar 11. Histogram Hasil Pengujian Kekerasan *Vickers*

Pada hasil pengujian kekerasan terdapat hasil bahwa panjang *in gate* 10 mm menghasilkan nilai kekerasan *vickers* rata rata (VHN) sebesar 73,1 VHN, variasi panjang *in gate* 20 mm menghasilkan nilai kekerasan *vickers* rata rata (VHN) sebesar 93,2 VHN, variasi panjang *in gate* 30 mm menghasilkan nilai kekerasan *vickers* rata rata (VHN) sebesar 74,0 VHN. Berdasarkan data diatas, menunjukkan bahwa variasi panjang saluran masuk 20 mengalami kenaikan dari kekerasan dengan panjang saluran masuk 10 mm sedangkan pada variasi 30 mengalami penurunan dari panjang saluran masuk 20 mm. Hal ini disebabkan karena panjang saluran masuk 20 mm pada saat melakukan pengujian kekerasan mungkin titik tekan pada spesimen menyentuh pada permukaan yang keras sehingga menghasilkan nilai kekerasan yang tinggi.

4 PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data dan pembahasan tentang pengaruh variasi ketinggian saluran turun pada pengecoran alumunium terhadap penyusutan,

densitas, kekerasan dan struktur mikro dengan metode *investment casting* maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian komposisi kimia terdapat 22 unsur, terdapat 5 unsur yang berpengaruh terhadap alumunium yaitu unsur seperti Silikon (Si) 0,735%, Besi (Fe) 0,755%, Tembaga (Cu) 0,287%, dan Magnesium (Mg) 0,777%. Sehingga unsur yang ada pada material ini termasuk paduan alumunium-magnesium-silikon (Al-Mg-Si) sebagai unsur yang terbesar dan mendekati Alumunium Seri 6063
2. Hasil pengujian penyusutan bahwa panjang saluran masuk 10 mm memiliki nilai penyusutan yang paling kecil 1,79 % sedangkan untuk panjang saluran masuk 20 mm sebesar 2,42 % dan nilai penyusutan paling besar dengan panjang 30 mm sebesar 3,84 %. Hal ini disebabkan karena banyaknya logam menyusut selama proses pembekuan yang disebabkan oleh panjang saluran masuk yang semakin panjang .
3. Hasil pengujian penyimpangan engan variasi panjang saluran masuk 10 mm menghasilkan presentase penyimpangan sebesar 11,68 %, sedangkan panjang saluran masuk 20 mm menghasilkan presentase penyimpangan 12,59 %, dan pada panjang saluran masuk 30 mm menghasilkan presentase penyimpangan sebesar 14,04 %.
4. Hasil pengujian *density* menunjukkan nilai tertinggi pada panjang saluran masuk 10 mm sebesar 3,04 g/cm³ dan panjang saluran masuk 20 mm sebesar 3,00 g/cm³, dan didapatkan nilai densitas terendah pada saluran masuk 30 mm sebesar 2,97 g/cm³. Semakin tinggi nilai *density* (porositas rendah) maka semakin tinggi kepadatan spesimen. Sebaliknya, semakin rendah nilai densitas (porositas tinggi) maka semakin rendah pula kepadatan spesimennya.
5. Hasil pengujian struktur mikro terdapat unsur paduan Al-Mg-Si pada masing – masing variasi panjang saluran masuk menunjukkan bahwa ukuran butir rata-rata pada sampel panjang saluran masuk 20 mm memiliki distribusi butir lebih mengumpul dibandingkan dengan sampel panjang saluran masuk 10 mm dan 30 mm yang lebih menyebar pada struktur mikronya.
6. Hasil pengujian kekerasan menggunakan metode *Vickers* spesimen menunjukan bahwa nilai rata – rata pada panjang saluran masuk 10 mm sebesar 74,03 VHN, rata rata nilai kekerasan pada panjang saluran masuk 20 mm sebesar 93,3 VHN, dan

nilai rata – rata kekerasan pada panjang saluran masuk 30 mm sebesar 74,0 VHN. Dari data tersebut pada panjang 20 mm memiliki nilai kekerasan tertinggi daripada saluran masuk 10 mm dan 30 mm dikarenakan pada saat pengujian kekerasan *Vickers* indenter mengenai permukaan yang keras sehingga menghasilkan kekerasan yang tinggi.

4.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini, beberapa saran diberikan, diantaranya sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian terhadap komposisi pada *ceramic slurry* atau cetakan gypsum untuk menghasilkan produk pengecoran yang maksimal.
2. Perlu dilakukan kembali penelitian tentang investment casting terkait pengaruh suhu ruang

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, W., Rudianto, H., & Haryadi, D. (2018). Pengaruh Komposisi Cu Terhadap Sifat Mekanik Dan Stuktur Mikro Dari Pengecoran Al-Si. *Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekayasa*, 23(2), 146–154.
- Apriliyanto, P., & Mahendra, A. (2014). Analisis Variabel Proses Produk Pengecoran Logam Menggunakan Cetakan Sand Casting. *Jurnal Teknik Mesin*, 02(02), 70–78.
- ASTM Internasional. (2005). Standard Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials. In *Annual Book of ASTM Standards* (Vol. 01).
- Avner Sidney., H. (1974). Introduction to Physical Metallurgy. In *McGraw Hill Book Company, Tokyo*.
- Bashoruddin, M., & Nasution, A. H. (2022). Pengaruh Kuat Arus Pada Kekuatan Tarik Aluminium 6061 Dengan Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG). *JURNAL PISTON*, 7(1), 20–28.
- Bayuseno, A. P., & Chamdani, N. A. (2011). Adc 12 Sebagai Material Sepatu Rem Menggunakan Pengecoran High Pressure Die Casting Dengan Variasi Temperatur Penuangan. *Jurnal Teknik Mesin*, 13(1), 17–23. <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi%0AADC>
- Bhirawa, W. T. (2013). Proses Pengecoran Logam Dengan Menggunakan Sand Casting. *Jurnal Teknik Industri*, 4(1), 31–41. <https://doi.org/10.35968/jtin.v4i1.826>

- Callister Jr, W. D., & Rethwisch, D. G. (2003). Characteristics, Application, and Processing of Polymers. In *Materials Science and Engineering - An Introduction*.
- Deivandra, Bhakti, G., Dwi Haryadi, G., & Umardani, Y. (2013). Analisis Struktur Mikro Dan Sifat Mekanis Hasil Las Titik Dan Brazing Untuk Industri Rumahan. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, 1(2), 1–8.
- Dendi Santika, A. M., Siregar., C. A., Siregar, Arya., R., N. (2022). Uji Eksperimental Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Produk Foot Step Berbahan Limbah Alumunium Hasil Pengecoran Cetakan Pasir Silika Berpengikat Bentonit. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 5(1), 56–64.
- Fajar Rizki Saputra, Budi Harjanto, N. S. (2020). Pengaruh Variasi Penambahan Kadar Air Dengan Bahan Pengikat Bentonit Terhadap Karakteristik Pasir Cetak Dan Cacat Porositas Hasil Pengecoran Logam Paduan Al-Si. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 02(4), 291–300.
- Fikri Fahrizal Manurung & Mahadi. (2022). Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan Awal Cetakan Horizontal Centrifugal Casting Pada Pengecoran Al-Si Terhadap Sifat Mekanik Dan Cacat Coran. *Jurnal Dinamis*, 10(2), 46–52.
- Hardi Sudjana. (2007). *TEKNIK PENGECORAN*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan Nasional.
- Harrianda Hudaya, Warman Fatra, D. M. (2016). Pengaruh Cetakan Silicone Rubber Dan Temperatur Tuang Lilin Terhadap Kualitas Pola Lilin Pada Investment Casting. *Jom FTEKNIK*, 3(2), 1–6.
- John Campbell. (2011). Complete Casting Handbook: Metal Casting Processes, Metallurgy, Techniques and Design. In *Elsevier Ltd*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/c2014-0-01548-1>
- Jonoadji, N., Kurniawan, A., & Siahaan, I. H. (2023). Pemanfaatan Mesin Vacuum Casting Semi Otomatis untuk Kebutuhan Pembuatan Produk Perhiasan. *Jurnal Teknik Mesin*, 20(1), 24–30. <https://doi.org/10.9744/jtm.20.1.24-30>
- Joska, L., Fojt, J., Hradilova, M., Hnilica, F., & Cvrcek, L. (1992). ASM Vol 9: METALLOGRAPHY AND MICROSTRUCTURES. In *ASM Internasional* (Vol. 9). ASM Internasional. <https://doi.org/10.1088/1748-6041/5/5/054108>

- Khairunnisa, S., Amelza, R., Azizah Lubis, N., & Darma Putri, M. (2023). Kajian Spectrometer Menggunakan Sensor Cahaya TCS3200. *GRAVITASI Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains*, 06(01), 13–19.
- Khristyson, S. F., Sulaiman, S., & Prahasti, R. (2020). Analisa Investment Casting Perannya untuk Reparasi Towing Beam Kapal Tunda dengan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 15(2), 154. <https://doi.org/10.32497/jrm.v15i2.1764>
- Kusharjanta, B., Ariawan, D., & Murjoko. (2011). Kajian Letak Saluran Masuk (Ingate) Terhadap Cacat Porositas, Kekerasan dan Ukuran Butir Paduan Alumunium Pada Pengecoran Menggunakan Cetakan Pasir. *Mekanika*, 10(1), 55–63.
- Kusuma, N. G., & Sidharta, I. (2014). Studi Eksperimen Pengaruh Variasi Dimensi Cil dalam (Internal Chill) terhadap Cacat Penyusutan (Shrinkage) pada Pengecoran Alumunium 6061. *JURNAL TEKNIK POMITS*, 3(2), 271–275.
- Magdalena, F. K., & Arif, I., S. (2017). Studi Uji Kekerasan Rockwell Superficial VS Micro Vickers. *Jurnal Teknologi Proses Dan Inovasi Industri*, 2(2), 85–89.
- Majanasatra, R. B. S. (2016). Analisis Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Hasil Proses Hydroforming Pada Material Tembaga (Cu) C84800 Dan Alumunium Al 6063. *Jurnal Imiah Teknik Mesin*, 4(2), 15–30.
- Malisy, S. (2018). *Pengaruh Kecepatan Putaran Roll terhadap Nilai Kekuatan Uji Tarik dari Penggabungan 2 Pelat A1100 dan A6061 pada Proses Hot Roll Bonding*. Universitas Brawijaya.
- Respati, S. M. B. (2008). Macam-Macam Mikroskop Dan Cara Penggunaan. *Momentum*, 4(2), 42–44.
- Reza Azizul Nasa A, H. (2013). Pengukuran Dimensi Komponen Artificial Hip Joint Hasil Investment Casting Menggunakan Material Aisi 316L. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 22(1), 22–30.
- Ridwan Abdullah Sani. (2019). *Karakteristik Material*. Bumi Aksara.
- Rochman, R., Hariyati, P., & Purbo, C. (2024). Karakterisasi Sifat Mekanik Dan Pembentukan Fasa Presipitat Pada Alumunium Alloy 2024 – T 81 Akibat Perlakuan Penuaan. *Mekanika*, 8(2), 165–171.
- Rundman, K. B. (2000). *Metal Casting (Reference Book for MY4130)*.

- Rusydi Zain, M., & Kurniawan Nasution, F. A. (2022). Pengaruh Penambahan Unsur Silikon (Si) Pada Alumunium (Al) Terhadap Kekuatan Impak Material Campuran Al-Si. *Buletin Utama Teknik*, 17(3), 253–256.
- Sugeng, U. M., & Fato, A. (2020). Analisa Mekanis Baja Pada Bahan Spcc-Hd Dengan Proses Deep Drawing Dalam Pembuatan Drum. *Presisi*, 22(2), 75–81.
- Sujatno, A., Salam, R., Bandriyana, B., & Dimyati, A. (2017). Studi Scanning Electron Microscopy (Sem) Untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir*, 9(1), 44. <https://doi.org/10.17146/jfn.2015.9.1.3563>
- Slamet, S., & Hidayat, T. (2010). Pengaruh Model Saluran Tuang Pada Cetakan Pasir Terhadap Hasil Cor Logam. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 80–85.
- Sudibyo, A., Kusharjanta, B., & Raharjo, W. P. (2013). Pengaruh Penampang Ingate Terhadap Cacat Porositas dan Nilai Kekerasan pada Proses Pengecoran Alumunium Menggunakan Cetakan Pasir. *MEKANIKA*, 12(1), 53–56.
- Supriyono. (2017). *Material Teknik*. Muhammadiyah University Press.
- Surdia, Tata, Shinroku, S. (1999). Pengetahuan Bahan Teknik. In *Jakarta: PT. Pradnya Paramita*.
- Tata Surdia & Chijiiwa Kenji. (1996). *TEKNIK PENGECORAN LOGAM*. Pradnya Paramita.
- Tjitro, S. (2001). Pengaruh Bentuk Riser Terhadap Cacat Penyusutan Produk Cor Alumunium Cetakan Pasir. *Dosen Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin*, 3(2), 41–46. <http://puslit.petra.ac.id/journals/mechanical/41>
- Triadi, M. T., & Ambo, S. N. (2021). Aplikasi Perhitungan Komposisi Material Pengecoran Logam (Casting) Berbasis Android. *Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informasi Dan Komputer*, 12(1), 24–30. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/just-it/index>
- Wafir Dini Fauzan. (2019). *Pengaruh Variasi Temperatur Perlakuan Age Hardening Pada Alumunium Paduan 6061 Terhadap Sifat Kekerasan, Struktur Mikro Dan Laju Korosi Dalam Larutan Hcl 1M* (Issue September). Institut Teknologi Surabaya.