

PENGARUH KOMPOSISI CU TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO DARI PENGECORAN AL-SI

¹Willy Anderson, ²Haris Rudianto, ³Deni Haryadi

^{1,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma, ²Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma
Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Jawa Barat

¹Willypangaribuan17@gmail.com, ²harisrudianto@staff.gunadarma.ac.id,
³deniharyadi97@gmail.com

Abstrak

Aluminium (Al) merupakan logam ringan, mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat baik lainnya sebagai sifat logam, selain itu aluminium juga mempunyai sifat mampu membentuk (*machinability*). Tembaga (Cu) ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan material tersebut, makin tinggi kadar tembaga maka makin banyak fasa yang terbentuk, sehingga kekerasan dan kekuatan paduan akan meningkat. Selain itu, peningkatan komposisi tembaga di dalam paduan Al-Si-Cu dapat juga meningkatkan sifat ketahanan korosi dan sifat ketahanan aus. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi tembaga terhadap sifat mekanik dan struktur mikro dari pengecoran Al-Si. Hasil uji *hardness rockwell* menunjukkan bahwa semakin banyak unsur Cu yang ditambahkan pada paduan Al-Si maka semakin besar nilai kekerasan dan kekuatan paduan. Hasil pengujian *impact charpy* didapat nilai *impact* pada sampel 1 yaitu 0,0307 J/mm² dan sampel 2 yaitu 0,0129 J/mm². Hasil pengujian *tensile* kekuatan tarik sampel 1 yaitu 93.50 N/mm², sampel 2 yaitu 39.39 N/mm², dan sampel 3 yaitu 33.60 N/mm².

Kata Kunci: Aluminium alloy, pengecoran, sifat mekanik, tembaga

Abstract

Aluminum (Al) is a lightweight metal, has good corrosion resistance and good electrical conductivity and other good properties as a metal property, besides that aluminum also has the ability to form (*machinability*). Copper (Cu) is added to increase the strength of the material, the higher the copper content, the more phases are formed, so that the hardness and strength of the alloy will increase. In addition, increasing the copper composition in Al-Si-Cu alloys can also improve corrosion resistance and wear resistance properties. This study aims to determine the effect of copper composition on the mechanical properties and microstructure of Al-Si casting. Rockwell hardness test results show that the more Cu elements added to Al-Si alloys, the greater the value of hardness and strength of the alloy. *impact charpy* test results obtained *impact* value in sample 1 is 0.0307 J / mm² and sample 2 is 0.0129 J / mm². *Tensile* test results for tensile strength of sample 1 is 93.50 N / mm², sample 2 is 39.39 N / mm², and sample 3 is 33.60 N / mm².

Keywords: Aluminium alloy, casting, copper, mechanical properties

PENDAHULUAN

Aluminium merupakan logam ringan, mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat baik lainnya sebagai sifat logam. Selain itu, aluminium juga mempunyai sifat mampu membentuk (*wrought alloy*) dimana paduan aluminium ini dapat dikerjakan atau diproses baik dalam pengerjaan dingin maupun pengerjaan panas dengan peleburan. Apabila aluminium dicampur sejumlah kecil elemen lain maka kekuatan dan kekerasannya akan meningkat, contohnya paduan antara aluminium dan tembaga (Al-Si-Cu) [1]. Dalam paduan Al, tembaga ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan material tersebut, makin tinggi kadar tembaga maka makin banyak fasa yang terbentuk, sehingga kekerasan dan kekuatan paduan akan meningkat. Sifat lain yang akan meningkat dengan adanya tembaga di dalam paduan Al-Si-Cu ialah sifat ketahanan korosi dan sifat ketahanan aus [2,3].

Dalam industri otomotif sebagai material untuk membuat *block cylinder* dan piston kendaraan bermotor yang tahan akan korosi dan sifat-sifat lainnya yang dibutuhkan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Murtadho membahas mengenai pengaruh kandungan tembaga (Cu) terhadap nilai fluiditas dan struktur mikro yang terbentuk pada paduan aluminium dengan variabel 4 wt%, 10 wt%, dan 33 wt%. Penelitian tersebut memberikan kesimpulan bahwa bertambahnya kandungan tembaga akan meningkatkan fluiditas paduan

aluminium yang ada [4]. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Saputra membahas analisis pengaruh penambahan tembaga (Cu) dengan variasi (7%, 8%, 9%) pada paduan aluminium silikon (Al-Si) terhadap sifat fisis dan mekanis. Pada penambahan Cu 7%, unsur Al sebesar 98,65%, Si 0,30% dan Cu 0,3090%. Pada Cu 8%, unsur Al sebesar 97,92%, Si 0,40% dan Cu 0,9350%. Pada penambahan Cu 9%, unsur Al 96,16%, Si 1,00% dan Cu 1,9290%. Hasil uji *impact* diketahui bahwa semakin banyak kadar penambahan Cu ke paduan Al-Si semakin rendah nilai *impact*. Kemudian pada material yang mengalami proses *heat treatment*, nilai *impact* meningkat dan semakin lama waktu tahan pada proses *heat treatment* maka nilai *impact* semakin meningkat. Hasil uji tarik diketahui bahwa semakin banyak penambahan Cu ke paduan Al-Si kekuatan tarik meningkat [5]. Kemudian material yang mengalami proses *heat treatment* kekuatan tariknya semakin meningkat dan semakin lama waktu tahan pada proses *heat treatment* kekuatan tariknya semakin meningkat lagi. Hasil uji kekerasan diketahui bahwa semakin banyak penambahan Cu ke paduan Al-Si kekerasan meningkat. Kemudian material yang mengalami proses *heat treatment* kekerasannya semakin meningkat dan semakin lama waktu tahan pada proses *heat treatment* kekerasannya semakin meningkat lagi [6,7].

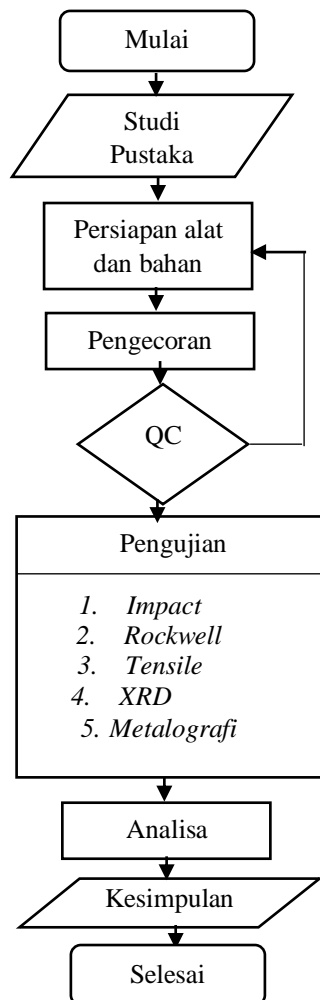
Pada penelitian ini dilakukan paduan aluminium (Al-Si) dan tembaga (Cu). Tujuan paduan tersebut adalah untuk mengetahui pengaruh komposisi tembaga (Cu) terhadap

sifat mekanik dan struktur mikro dari pengecoran Al-Si menggunakan variabel 0,5 wt%, 1 wt%, 3 wt%, 5 wt%.

METODE PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian, biasanya

diawali dengan menetapkan beberapa tahapan atau langkah-langkah dalam melakukan penelitian. Berikut ini akan dijelaskan tentang metode penelitian yang dilakukan dari proses awal hingga akhir penelitian, yang ditunjukkan melalui diagram alir penelitian seperti Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Material

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium dengan campuran major

Si dengan seri Aluminium ADC12. Adapun komposisi kimia material seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia

Material	Unsur Kimia		
	Al (wt%)	Si (wt%)	Cu (wt%)
Sampel 1	89,9	10	0.1
Sampel 2	89	10	1
Sampel 3	87	10	3
Sampel 4	85	10	5

Preparasi Sampel

Proses pengecoran dilakukan pada suhu 800 °C dengan lama *hold time* selama 1 jam. Proses pengecoran dilakukan dengan menggunakan alat induksi *heating* dengan menggunakan alat induksi *heating* dengan *maximum* suhu pemanasan 1000 °C. Adapun metode yang digunakan adalah metode pengecoran *sand casting*. Proses pengujian material yang telah di-*alloying* menggunakan metode pengecoran meliputi pengujian mekanis berupa *tensile*, *impact* dan *rockwell*. Pengujian karakterisasi menggunakan pengujian XRD (*X-Ray Diffraction*). Dimensi dari pengujian *tensile* mengikuti standar ASTM E8 dan pengukuran nilai kekerasan menggunakan alat uji Mitutoya HR-112 *rockwell hardness testing machines* dengan *load* yang diberikan sebesar 100 kgf dan *indenter* 1/16" *steel ball* [8].

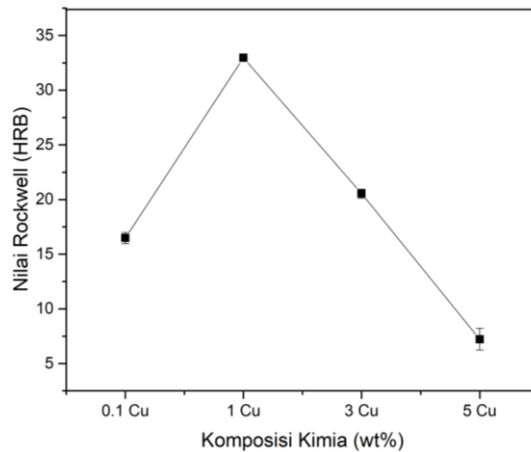
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan proses pengujian dilakukan analisa kualitatif dan kuantitatif. Analisa dapat berupa perhitungan yang dapat disajikan dalam bentuk grafik maupun bagan hasil pengujian struktur mikro maupun pengujian sifat mekanik dari material yang diuji dalam proses penelitian.

Pembahasan Hasil Uji *Hardness Rockwell*

Pengujian dengan menggunakan metode *rockwell* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap benda uji (specimen) yang berupa bola baja maupun kerucut intan yang ditekan pada permukaan benda uji tersebut. Pengukuran dapat dilakukan dengan bantuan sebuah kerucut intan dengan sudut puncak 120° dan ujungnya yang dibulatkan sebagai benda pendesak (*indenter*). Hasil pengujian *hardness rockwell* dapat dilihat pada Gambar 2.

Berdasarkan hasil pengujian *hardness rockwell* pada Gambar 2, nilai rata-rata Al-Si-Cu 0,5 wt% (16,48 HRB), Al-Si-Cu 1 wt% (32,96 HRB), Al-Si-Cu 3 wt% (20,54 HRB), Al-Si-Cu 5 wt% (7,22 HRB). Hasil pengujian dengan nilai rata-rata tertinggi yaitu pada variabel pencampuran Al-Si-Cu 1 wt% dengan nilai 32,96 HRB. Oleh karena itu dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar variabel pencampuran Cu maka semakin menurun tingkat keuletan sebuah material tersebut. Jadi, Cu bersifat menurunkan keuletan dari paduan aluminium itu sendiri.



Gambar 2. Hasil Uji *Hardness Rockwell*

Pengujian *Impact*

Pengujian *impact* merupakan suatu pengujian yang digunakan untuk mengetahui kegetasan atau keuletan suatu bahan (spesimen). Prinsip pengujian *impact* menggunakan pendulum yang akan diberikan kepada suatu bahan (spesimen) secara kejut. Pada hasil

pengujian kekerasan didapatkan nilai tertinggi dengan sampel Al-Si-Cu 1 wt% dengan nilai 32,96 HRB. Selanjutnya pada sampel tersebut akan dilakukan pengujian *impact* untuk mengetahui ketahanan sampel dalam pemberian beban kejut. Hasil pengujian *impact* ditunjukkan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Impact Charpy* Al-Si-Cu 1wt% Setelah *Casting*

No	Energi <i>Impact</i> (Joule)	Luas dibawah Takikan (mm ²)	Nilai <i>Impact</i> (J/mm ²)
1	3,30	107,448	0,0307
2	1,20	92,318	0,0129

Nilai *impact* merupakan representatif dari besaran nilai keuletan material dimana pada sampel Al-Si-Cu 1 wt% didapatkan nilai *impact* dengan rata-rata sebesar 0,0218 J/mm². *Energy impact* merupakan representatif dari besarnya energi yang dapat diserap oleh material sebelum material patah.

Pengujian *Tensile*

Uji *tensile* atau tarik adalah salah satu uji *stress-strain* (*stress strain test*) untuk mencari

tegangan dan regangan yang bertujuan mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Mekanisme pengujian tarik dengan menarik suatu bahan lalu akan segera diketahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Uji tarik relatif sederhana, tidak mahal dan sangat terstandarisasi dibanding dengan yang lain. Hasil pengujian *tensile* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian *Tensile* Al-Si-Cu 1wt% Setelah *Casting*

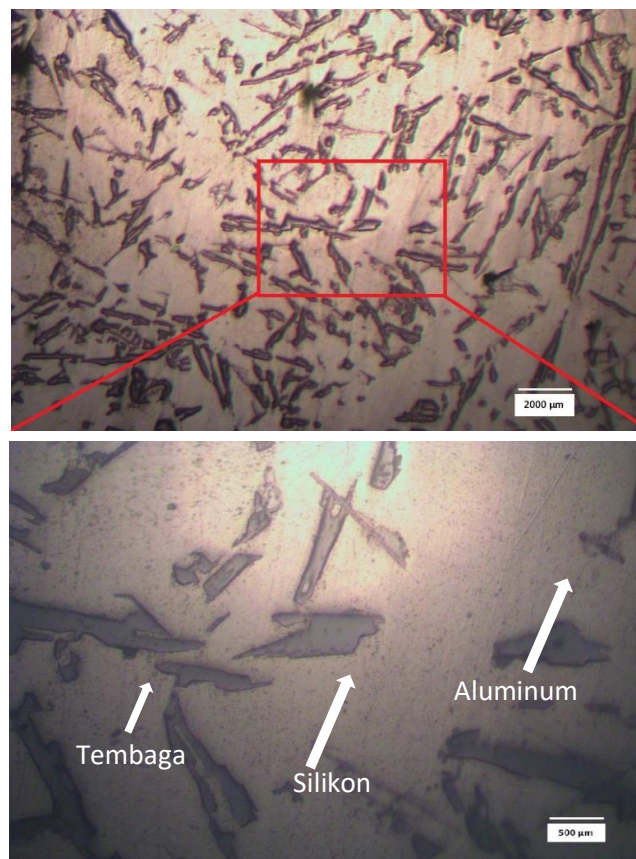
No	Gaya Maksimal (N)	Luas (mm ²)	Kekuatan Tarik (N/mm ²)
1	12353,12	132,13	93,50
2	5467,218	138,81	39,39
3	4469,175	133,02	33,60

Berdasarkan Tabel 3, rata-rata nilai dari kekuatan tarik maksimum material adalah 55,496 dengan standar deviasi sebesar 26,97.

Pengujian Metalografi

Pengujian metalografi bertujuan untuk

observasi atau pemeriksaan atau pengamatan atau pengujian dalam menentukan atau mempelajari hubungan antara struktur dengan sifat atau karakter dan perlakuan yang pernah dialami material. Hasil dari pengujian metalografi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur Mikro Al-Si + 1 Cu wt%

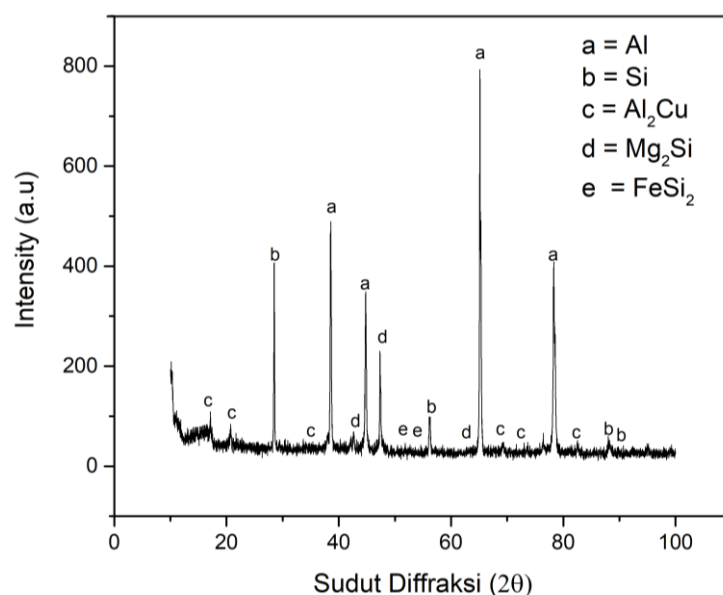
Pada hasil pengamatan uji struktur mikro Al-Si dengan penambahan Cu 1 wt dapat dilihat bahwa terdapat komposisi yang dominan pada

material uji tersebut. Alpha aluminium (α -Al) yang menjadi fasa utama berwarna putih dan menyebar. Al-Si berbentuk garis panjang

berwarna hitam dan tembaga (Cu) menyebar pada setiap titik dan berbentuk gumpalan, ditambah dengan adanya porositas yang masing-masing ada pada setiap titik pengambilan gambar struktur mikro. Porositas itu sendiri ialah ukuran dari ruang kosong diantara material. Banyak faktor yang menyebabkan terjadinya porositas pada peleburan Al-Si dengan penambahan tembaga (Cu) ini, seperti jenis bahan Aluminium (Al-Si) maupun tembaga (Cu), jenis cetakan, maupun suhu di ruangan yang tidak stabil yang menyebabkan terjadinya sebuah porositas.

Pada penelitian ini, fungsi utama dari adanya aluminium (Al-Si) dengan pencampuran tembaga (Cu) yaitu, dapat memperbaiki sifat

atau karakteristik pengecoran, serta dapat meningkatkan ketahanan korosi dalam sebuah pengecoran. Sebaliknya, fungsi utama dari adanya tembaga (Cu) pada pengecoran Al-Si adalah meningkatkan sifat mekanik dari Aluminium (Al-Si). Tujuan dilakukan pencampuran Al-Si-Cu adalah untuk mengetahui seberapa berpengaruh tembaga (Cu) terhadap sifat mekanik dari Aluminium (Al-Si). Untuk lebih detail dalam menganalisa fase yang berada pada material maka dilakukan pengujian XRD. Pengujian XRD merupakan suatu teknik karakterisasi yang banyak digunakan dalam mengidentifikasi fase secara akurat. Hasil pengujian XRD material Al-Si-Cu 1% wt dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik XRD Material Al-Si + 1 Cu wt%

Pada Gambar 4, Al-Si-Cu 1% wt setelah proses pengecoran puncak partikel Al-Si-Cu 1wt% berat yang paling tinggi terlihat pada titik 2θ (sudut difraksi) adalah di antara dimensi

pola sudut pengukuran difraksi sinar-X dengan 60° – 70° . Titik terendah partikel Al-Si-Cu 1% berat terlihat pada titik 2θ (sudut difraksi) yang berada di antara dimensi pola difraksi sinar-X

dari sudut pengukuran $70^\circ - 80^\circ$. Gambar 4 menjelaskan bahan pengujian XRD Al-Si-Cu 1% wt setelah proses pengecoran menggunakan media pengecoran pasir dan penambahan elemen sama dengan 1% berat Cu dari analisis puncak sudut pengukuran $10^\circ - 100^\circ$ dengan kecepatan variabel *step* $0,02^\circ$ dan 2° / menit membentuk elemen baru setelah ditambahkan dengan persentase Cu 1% berat. Akan tetapi pada pengukuran sudut difraksi 90° dengan rentang intensitas sudut difraksi $0 - 200$ dengan pengujian, kecepatan variabel *step* $0,02^\circ$ dan 2° / menit. Elemen Cu terlihat jelas tidak bercampur dengan unsur paduan lainnya atau tidak membentuk elemen campuran baru setelah ditambahkan dengan Cu 1% berat. Pada pengukuran sudut difraksi $20^\circ - 80^\circ$ tampak paduan Cu dicampur dengan unsur-unsur lain sehingga ada unsur baru setelah proses pengecoran dengan penambahan 1% berat Cu dan membentuk elemen baru Al_2Cu , dimana Al_2Cu merupakan hasil reaksi dari Al dan Cu terjadi pada suhu $800^\circ C$. *Precipitate* Mg_2Si terbentuk menunjukkan bahwa material yang digunakan terdapat kandungan Mg yang berperan dalam meningkatkan nilai dari sifat mekanis [9].

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa kandungan tembaga yang optimal pada aluminium adalah 1%wt dimana pada 1% wt terbentuk *precipitate* Al_2Cu yang cukup tinggi jika ditinjau dari hasil pengujian XRD.

Pada pengujian *impact charpy* dengan sampel Al-Si-Cu 1wt% didapat nilai *impact* sampel 1 yaitu $0,0307 J/mm^2$ dan nilai *impact* sampel 2 yaitu $0,0129 J/mm^2$. Pada pengujian *tensile* dengan sample Al-Si-Cu 1wt% didapat kekuatan tarik sampel 1 sebesar $93.50 N/mm^2$, kekuatan tarik sampel 2 sebesar $39.39 N/mm^2$, kekuatan tarik sampel 3 sebesar $33.60 N/mm^2$.

Pada penelitian ini, metode yang digunakan dalam pengecoran adalah *sand casting*. Pada penelitian lebih lanjut dapat dilakukan metode pengecoran yang lain lalu dilakukan perbandingan hasil pengujian *impact*, *tensile*, metalografi, dan *hardness rockwell* pada setiap metode pengecoran sehingga dapat diketahui metode pengecoran yang memberikan hasil terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Surdia dan S. Saito, *Pengetahuan bahan teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita, 1999.
- [2] G. Svenningsen, J. E. Lein, A. Bjørgum, J. H. Nordlien, Y. Yu, dan K. Nisancioglu, "Effect of low copper content and heat treatment on intergranular corrosion of model AlMgSi alloys." *Corrosion Science*, vol. 48, no. 1, hal. 226 – 242, 2006.
- [3] Y. D. Sakti, "Pembentukan paduan AC4C setengah padat (semi solid)," Skripsi, Universitas Gunadarma, Jakarta, 2011.
- [4] A. Murtadho, "Analisa Struktur mikro dan fluiditas paduan aluminium tembaga

(Al-Cu) dengan metode pengecoran sand casting” Skripsi, Universitas Diponegoro, Semarang, 2010.

- [5] R. Saputra, “Analisa pengaruh penambahan tembaga (Cu) dengan variasi (7%, 8%, 9%) pada paduan aluminium silikon (Al-Si) terhadap sifat fisis dan mekanis,” Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, 2012.
- [6] H. Kuhn dan M. Dana, *ASM Handbook, Volume 8, Mechanical Testing and Evaluation*, Ohio: ASM International, 2000.
- [7] E. Mueller, L. Carney, dan K. Mixson, “Use of eddy current conductivity and hardness testing to evaluate heat damage in aluminum alloys,” *Journal of Failure Analysis and Prevention*, vol 18, no. 1, hal. 50 – 54, 2018.
- [8] W. F. Miao dan D. E. Laughlin, “Effects of Cu content and preaging on precipitation characteristics in aluminum alloy 6022,” *Metallurgical and Materials Transactions A*, vol. 31, no. 2, hal. 361 – 371, 2000.
- [9] C. H. Caceres, M. B. Djurdjevic, T. J. Stockwell, dan J. H. Sokolowski, “The effect of Cu content on the level of microporosity in Al-Si-Cu-Mg casting alloys,” *Scripta Materialia*, vol. 40, no. 5, hal. 631 – 637, 1999.