Terbit *online* pada laman web jurnal : http://inomet.ft.unand.ac.id

**INoMeT: Jurnal Inovasi Rekayasa Mekanikal dan Termal**

| ISSN (Online) 3025-2598 |

Artikel Penelitian

# Pengaruh Penambahan *Degasser* dan Serbuk *Slagger* pada Paduan Aluminium Silikon (Al-7%Si) - *Strontium* (0,045%Sr) terhadap Kekerasan dan Struktur Makro-Mikro Produk Pengecoran

*Devi Chandra* [a], *Is Prima Nanda* [a], *M. Iqbal Al Raffi* [b]

[a] *Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, 25163*
[b] *Alumni Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, 25163*

INFORMASI ARTIKEL

*Sejarah Artikel:*
Diterima Redaksi: 09 Desember 2024
Revisi Akhir: 23 Desember 2024
Diterbitkan *Online*: 30 Desember 2024

KATA KUNCI

Aliminium-silikon
*Degasser*
*Slagger*
*Porosity*
*Hardness*

KORESPONDENSI

E-mail: devichandra@eng.unand.ac.id

**A B S T R A C T**

This study aims to analyze the effect of adding *degasser* and *slagger powder* on the hardness, macrostructure, and microstructure of aluminum-silicon alloy (Al-7%Si) modified with strontium (0.045%Sr) in the casting process. Variations in degasser concentration (4%, 6%, and 8%) and slagging powder (1%, 2%, and 3%) were applied to evaluate the porosity characteristics and hardness of the cast product. The results showed that degasser significantly influenced the porosity characteristics. The combination of 8% degasser without slagging powder yielded the best results, reducing the number of pores to 6,491, the average pore size to 0.777 mm, and the affected area to 8.625%. In terms of hardness, the highest value was observed in specimen 4 (Al-7%Si – 0.045%Sr, 8% degasser) with an average hardness of 90.86 HV. This high hardness was attributed to reduced trapped gas in the casting, leading to minimal porosity defects and strong atomic bonding at the grain boundary matrix. The absence of slagging powder also left impurities (Fe) in the cast product, further contributing to its increased hardness. Conversely, the lowest hardness value was recorded in specimen 5 (Al-7%Si – 0.045%Sr, 3% slagging powder) at 60.34 HV. The hardness results indicated a negative correlation between hardness and porosity distribution, and a positive correlation between hardness and impurity content (Fe) in the cast product. These findings highlight the importance of balancing degasser and slagging powder concentrations to optimize the quality of aluminum-silicon alloys for casting applications.

## 1. PENDAHULUAN

Paduan aluminium-silikon (Al-Si) merupakan salah satu material yang banyak digunakan dalam berbagai industri, terutama dalam aplikasi pengecoran, karena memiliki sifat mekanik yang baik, ketahanan korosi yang tinggi, serta kemampuan tuang yang unggul. Salah satu paduan yang sering digunakan adalah Al-7%Si, yang dikenal dengan struktur eutektiknya yang memberikan kombinasi kekuatan dan ketangguhan. Penambahan elemen lain seperti *strontium* (Sr), pada paduan ini bertujuan untuk memodifikasi struktur mikro sehingga menghasilkan sifat mekanik yang lebih baik, terutama dalam meningkatkan kekerasan dan mengontrol struktur makro-mikro. Namun, penambahan *modifier strontium* (Sr) berlebih pada Al-Si dapat menyebabkan peningkatan kandungan hidrogen sehingga dapat membentuk cacat porositas pada logam Al-Si, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi sifat mekanis dan struktur mikronya [1]. Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa modifikasi menggunakan Sr dapat mengubah struktur eutektik Al-Si dari bentuk jarum menjadi bentuk fibrous, yang lebih

https://doi.org/10.25077/inomet.2.2.47-52.2024
Attribution-NonCommercial 4.0 International. Some rights reserved

menguntungkan dalam aplikasi struktural karena mengurangi sifat rapuh Moustafa et al. [2] Samuel et al. [3]. Namun, dalam proses pengecoran, sering kali ditemukan permasalahan terkait porositas dan distribusi struktur yang tidak merata, yang dapat menurunkan kualitas produk. Faktor ini biasanya disebabkan oleh adanya gas-gas terlarut, seperti hidrogen, yang terperangkap selama proses pengecoran.

Untuk mengatasi masalah ini, penggunaan degasser (agen penghilang gas) menjadi salah satu solusi yang efektif. *Degasser* bekerja dengan cara mengurangi kandungan gas terlarut, sehingga dapat meningkatkan homogenitas dan mengurangi cacat porositas pada produk akhir. Penelitian oleh Zhang et al. [4] menunjukkan bahwa penggunaan *degasser* berbasis nitrogen dapat secara signifikan mengurangi porositas pada paduan Al-Si, yang berkontribusi pada peningkatan kekerasan dan struktur mikro.

Selain itu, penambahan serbuk *slagger* juga memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas paduan. Serbuk *slagger* membantu dalam mengikat atau memisahkan inklusi dan oksida yang tidak diinginkan, yang dapat memengaruhi struktur makro dan mikro paduan Wang et al. [5]. Studi oleh Gao et al. [6] juga menunjukkan bahwa paduan yang diberi perlakuan dengan agen pembersih memiliki struktur yang lebih seragam dan sifat mekanik yang lebih baik. Hal ini sejalan dengan penelitian Liu et al. [7], yang menemukan bahwa kombinasi penghilangan gas dan kontrol inklusi secara bersamaan dapat meningkatkan sifat mekanik dan memperpanjang masa pakai produk paduan Al-Si.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh penambahan degasser dan serbuk slagger pada paduan Al-7%Si yang dimodifikasi dengan 0,045% Sr terhadap kekerasan serta struktur makro dan mikro produk pengecoran. Pemahaman mendalam mengenai efek kombinasi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi pengecoran logam dan peningkatan kualitas produk berbasis paduan aluminium-silikon.

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

a. Tahap Persiapan
Pada tahap awal, bahan baku berupa paduan aluminium-silikon (Al-7%Si) ditambahkan dengan strontium (0,045%Sr), degasser, dan serbuk slagger sesuai desain eksperimen. Proses peleburan dilakukan untuk memastikan bahan mencair secara homogen, diikuti dengan penuangan ke dalam cetakan.

b. Solidifikasi dan Penghilangan Cetakan
Setelah paduan dituangkan ke dalam cetakan, material didinginkan hingga mencapai solidifikasi penuh. Cetakan kemudian dilepas untuk mendapatkan produk pengecoran.

c. Pemeriksaan Awal
Setelah produk dilepas dari cetakan, dilakukan pemeriksaan awal untuk memastikan keberhasilan proses solidifikasi. Jika terdapat cacat besar atau kegagalan solidifikasi, maka produk tidak digunakan dan harus diulang. Jika berhasil, penelitian dilanjutkan ke tahap pengujian.

d. Tahap Pengujian
Produk pengecoran yang berhasil selanjutnya diuji untuk menentukan sifat mekanik dan struktur mikro-makro material meliputi Pengujian Kekerasan, Pengamatan Struktur Makro, Pengamatan Struktur Mikro.

e. Pengumpulan Data Hasil Pengujian
Semua hasil dari pengujian kekerasan, struktur makro, dan mikro dikumpulkan untuk dianalisis.

f. Analisis dan Kesimpulan
Data yang diperoleh dari pengujian dianalisis untuk mengevaluasi pengaruh penambahan degasser dan serbuk slagger terhadap sifat mekanik dan struktur produk. Berdasarkan hasil analisis, dibuat kesimpulan tentang keberhasilan metode dan kontribusinya terhadap peningkatan kualitas paduan.

### *2.1. Bahan*

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah :

 https://doi.org/10.25077/inomet.2.2.47-52.2024

a. Al-7%Si dengan kandungan 0,045% Sr.
b. *Degasser*
   Pada penelitian ini digunakan *degasser* yang terdiri dari campuran Natrium Nitrat (NaNO3), Natrium Fluorida (NaF), Natrium Klorida (NaCl), Amonium Klorida (NH4Cl), dan Natrium Sulfat (NaSo4) yang berbentuk tablet.
c. Serbuk *Slagger*
   Pada penelitian ini digunakan *slagger* yang terdiri dari campuran Magnesium Klorida (MgCl2), Kalsium Fluorida (CaF2)), Natrium Klorida (NaCl), dan Kalium Klorida (KCl) berbentuk serbuk.

### *2.2. Pembuatan Coran Uji*

**Pembuatan Pola**

Tahap awal dalam proses pengecoran adalah pembuatan pola. Pada proses ini, pola yang digunakan terbuat dari bahan kayu. Pola tersebut berbentuk balok dengan ukuran (p) 40mm x (l) 40mm x (t) 15mm.

**Pembuatan Cetakan**

Cetakan yang digunakan pada penelitian ini adalah cetakan pasir (*sand casting*). Adapun tahapan dalam pembuatan cetakan sebagai berikut :

a. Mencampurkan pasir silika dan *bentonite* yang sudah diayak agar pasir cetak terbebas dari kotoran. Lalu, ditambahkan air dan diaduk hingga mampu dibentuk.
b. Pola ditempatkan di bagian bawah cetakan (drag) dan dilapisi bedak (talk) agar pola mudah di angkat dari cetakan. Lalu dilanjutkan pembuatan bagian atas cetakan (cope).
c. Perhatikan sistem saluran dengan *sprue* sebagai tempat aliran logam cair dan *open riser* sebagai indikator logam cair sudah memasuki rongga cetakan. Padatkan setiap lapisan pasir untuk mendapatkan permukaan yang rata.

**Peleburan Aluminium Silikon – *Strontium***

Master Alloy Al-7%Si dan *strontium* dimasukkan ke dalam kowi, lalu dimasukkan ke dalam tungku. Panas dihasilkan dari kawat dengan temperatur yang diberikan ± 700℃.

**Proses *Degassing***

Proses *degassing* yaitu dimana senyawa hidrogen yang terperangkap pada logam cair diikat oleh *degasser* untuk meminimalisir porositas. Variasi *degasser* yaitu 5 gram, 7.5 gram, dan 10 gram. *degasser* diberikan pada temperatur ± 700℃.

**Proses Serbuk *Slagger cover fluks***

Pemberian serbuk *slagger* dilakukan untuk mengikat zat pengotor dan terak yang muncul pada permukaan logam cair, dimana hal ini untuk menghindari cacat inkluisi. Pemberian *slagger* dilakukan setelah pencampuran *degasser* dengan variasi 1.25 gram, 2.5 gram, dan 3.75 gram pada temperatur ± 700℃.

**Penuangan logam cair**

Proses penuangan logam kedalam *Mole* dilakukan dengan bantuan tang penjepit untuk mengangkat kowi dari tungku. Temperatur *pouring* yaitu ± 700℃. Penuangan dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Penuangan Logam Cair

**Pembongkaran cetakan**

Setelah penuangan selesai, logam cair dibiarkan hingga terjadi solidifikasi. Kemudian cetakan dibongkar. Produk selanjutnya menjalani proses finishing.

### *2.3. Pengujian*

#### *2.3.1. Pengamatan Struktur Makro dan Mikro*

Pengamatan struktur makro menggunakan pemeriksaan visual dengan menggunakan software image-J untuk mengetahui cacat pada permukaan produk yang menunjukkan jumlah porositas, rata-rata ukuruan dari porositas dan area terdampak

porositas pada permukaan produk coran dengan luas 1600 $mm^2$ (40mm x 40mm).

Penggunaan mikroskop optik stereo GX71 dilakukan untuk mengamati struktur mikro dan menganalisis pengaruh menambahan *degasser* dan serbuk *slagger* terhadap kualitas produk coran. Tahapan metalografi yang dilakukan yaitu:

a. *Cutting* (pemotongan) spesimen untuk membuang produk berlebih dari sistem saluran.
b. *Grinding* (pengamplasan) spesimen dengan kertas abrasif SiC dengan grid 100, 500, 1000, 1500, dan 2000 mesh. Dilakukan dari grid paling kasar ke halus yang bertujuan untuk menghilangkan goresan.
c. *Polishing* (pemolesan) dengan menggunakan kain yang diberi *Autosol* untuk memperhalus permukaan supaya mengkilap sehingga memudahkan dalam pengamatan.
d. *Viewing* (pengamatan) dengan Mikroskop Optik Stereo GX71.

*2.3.2. Pengujian Kekerasan*

Pengujian kekerasan dilakukan untuk memperoleh informasi tentang perubahan sifat mekanis aluminium silikon – *strontium* setelah ditambahkan *degasser* dan serbuk *slagger* terhadap kualitas produk coran. Penekanan diberikan sebanyak 5 titik dalam 1 spesimen. Lalu, dilakukan input data untuk menjalankan program yang muncul pada *display*. Penekanan identor sebesar 40X dengan pembebanan diberikan sebesar 9,807 N dengan waktu 10 detik.

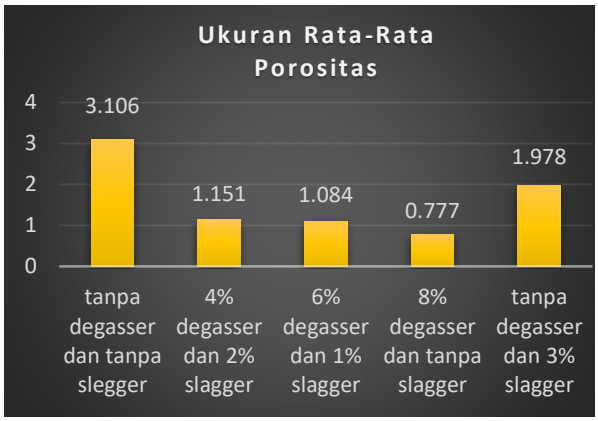
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### *3.1. Pengaruh Penambahan Degasser dan Slagger terhadap Struktur Makro dan Mikro*

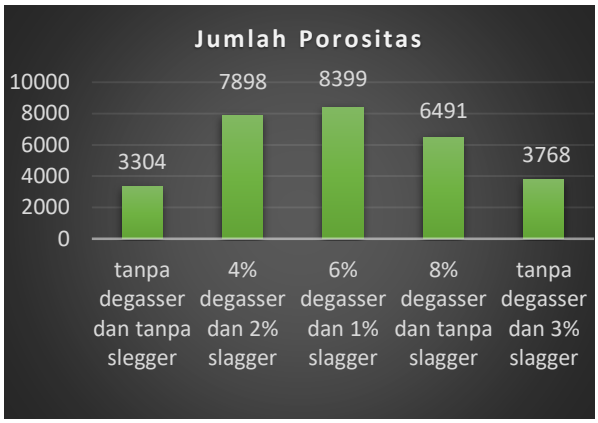
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan *degasser* dan *slagger* terhadap jumlah porositas, ukuran rata-rata porositas, dan area terdampak porositas. Data hasil eksperimen disajikan dalam tiga grafik seperti terlihat pada Gambar 2-4, yang menunjukkan tren dan dampak dari berbagai kombinasi konsentrasi degasser dan slagger.

**Jumlah Porositas**

Grafik jumlah porositas menunjukkan bahwa kondisi tanpa *degasser* dan tanpa *slagger* menghasilkan jumlah porositas terendah (3.304). Namun, ketika kombinasi *degasser* dan *slagger* digunakan, jumlah porositas meningkat secara signifikan, dengan puncaknya pada kondisi 6% degasser dan 1% slagger (8.399). Penggunaan *degasser* tanpa *slagger* pada konsentrasi yang lebih tinggi (8% *degasser*) menunjukkan penurunan jumlah porositas (6.491).




Gambar 2. Jumlah Porositas




Gambar 3. Ukuran Porositas

**Ukuran Rata-Rata Porositas**

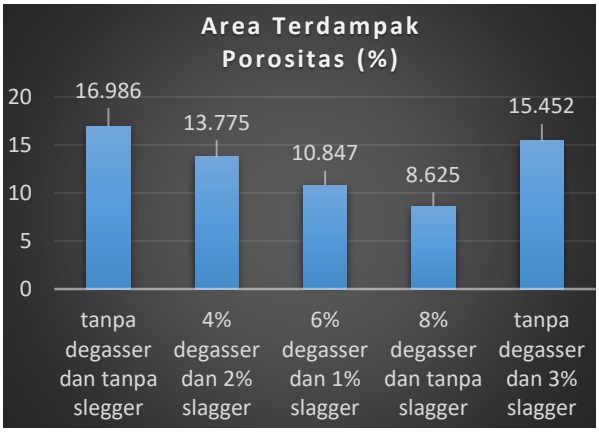
Ukuran rata-rata porositas seperti pada Gambar 3 menunjukkan tren yang berbeda. Kondisi tanpa *degasser* dan tanpa *slagger* menghasilkan ukuran rata-rata terbesar (3.106 mm), yang menunjukkan bahwa gas terperangkap dalam bentuk gelembung besar. Dengan penambahan degasser dan slagger, ukuran rata-rata porositas menurun secara signifikan. Kondisi optimal tercapai pada 8%

 https://doi.org/10.25077/inomet.2.2.47-52.2024

degasser tanpa slagger, di mana ukuran rata-rata porositas menjadi yang terkecil (0.777 mm).

**Area Terdampak Porositas**

Pada grafik area terdampak porositas seperti pada Gambar 4, tren serupa terlihat. Kondisi tanpa degasser dan tanpa *slagger* menghasilkan area terdampak terbesar (16.986%), yang mencerminkan distribusi porositas yang luas dalam material. Dengan penambahan *degasser* dan *slagger*, area terdampak porositas berkurang secara bertahap. Kondisi terbaik terlihat pada 8% *degasser* tanpa *slagger*, di mana area terdampak mencapai nilai terendah (8.625%). Namun, tanpa *degasser* dan dengan 3% *slagger*, area terdampak meningkat kembali menjadi 15.452%. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun *slagger* membantu mengikat inklusi, gas yang tidak terkontrol tetap menyumbang terhadap peningkatan area terdampak porositas.

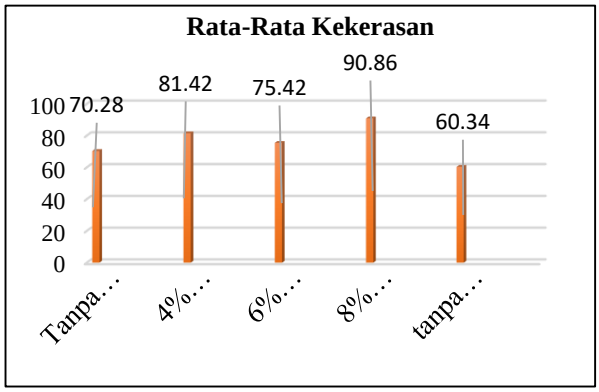



Gambar 4. Area terdampak Porositas

### *3.2. Uji Kekerasan*

Pemberian *degasser* dan *slagger* berdampak pada tingkatan kekerasan material, sebagaimana terlihat pada grafik. Pengujian dilakukan dengan melakukan 5 titik penekanan pada setiap spesimen, sehingga diperoleh rata-rata kekerasan setiap spesimen.

Dari Gambar 5 dapat dilihat kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen 4 dengan variasi Al-7%Si – 0,045%Sr, 8% *degasser* dengan rata-rata kekerasan mencapai 90,86 HV yang disebabkan oleh berkurangnya gas terperangkap pada produk coran yang mengakibatkan minimnya cacat porositas pada produk coran. Hal ini terjadi karena adanya ikatan kuat antar atom dalam pembentukan matriks batas butir. Selain itu, dengan tanpa adanya pemberian *slagger* pada paduan. Maka, zat pengotor (Fe) pada produk coran tertinggal dan menyebabkan spesimen tersebut semakin keras. Sebaliknya nilai kekerasan terendah dapat dilihat pada spesimen 5 dengan variasi Al-7%Si – 0,045%Sr, 3% *slagger* yaitu sebesar 60,34 HV. Berdasarkan hasil pengujian , terdapat kecenderungan nilai kekerasan berbanding terbalik dengan penyebaran cacat porositas pada produk hasil coran dan berbanding lurus dengan adanya zat pengotor (Fe) pada produk pengecoran.




Gambar 5. Nilai Kekerasan Paduan

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### *4.1. Kesimpulan*

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *degasser* dan *slagger* secara signifikan memengaruhi karakteristik porositas dalam material. Beberapa kesimpulan utama adalah:

1. Penggunaan *degasser* pada konsentrasi yang tinggi (8%) tanpa *slagger* memberikan hasil terbaik dalam mengurangi ukuran porositas, jumlah porositas, dan area terdampak porositas.
2. Kombinasi *degasser* dan *slagger* pada konsentrasi yang tidak seimbang (misalnya, 6% *degasser* dan 1% *slagger*) dapat meningkatkan jumlah porositas akibat pelepasan gas yang tidak sempurna.
3. Tanpa *degasser*, *slagger* sendiri tidak cukup efektif untuk mengurangi porositas, baik dalam hal ukuran, jumlah, maupun area terdampak.

4. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan adanya kecenderungan nilai kekerasan berbanding terbalik dengan distribusi cacat porositas dan berbanding lurus dengan keberadaan zat pengotor (Fe) dalam produk coran. Temuan ini menyoroti pentingnya pengaturan konsentrasi degasser dan serbuk slagger untuk mengoptimalkan kualitas paduan aluminium-silikon dalam aplikasi pengecoran.

### *4.2. Saran*

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diberikan beberapa rekomendasi atau saran sebagai berikut :

a. Hindari kombinasi yang tidak seimbang: Kombinasi *degasser* dan *slagger* harus diatur dengan cermat untuk mencegah peningkatan jumlah porositas.
b. Lakukan kontrol proses tambahan: Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengeksplorasi parameter lain, seperti suhu, waktu *degassing*, atau kecepatan pengadukan, guna memaksimalkan hasil yang diperoleh.

## DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Suherman, S. Sarjianto, N. Bahri, and A. Sai'in, "Penambahan Sr pada Aluminium Paduan A356 dengan Metode Lost Foam Casting (LFC)," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 16, no. 2, p. 249, 2021.

[2] Moustafa, M. A., Samuel, A. M., & Samuel, F. H. (2003). Eutectic modification and heat treatment of Al-Si alloys. *Materials Science and Engineering: A*, 355(1-2), 233-245. https://doi.org/10.1016/S0921-5093(03)00027-8

[3] Samuel, F. H., Samuel, A. M., & Doty, H. W. (2014). Role of modification and solidification parameters in the mechanical properties of Al-Si alloys. *Journal of Materials Processing Technology*, 210(12), 1483-1495. https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2014.05.013

[4] Zhang, H., Zhao, Y., & Wang, Y. (2015). Effect of degassing treatment on the microstructure and properties of Al-Si alloys. *Materials Characterization*, 108, 39-45. https://doi.org/10.1016/j.matchar.2015.09.001

[5] Wang, J., Huang, X., & Lin, X. (2019). Application of slagger for inclusion control in aluminum alloys. *Journal of Alloys and Compounds*, 789, 542-550. https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2019.03.087

[6] Gao, W., Chen, T., & Zhang, L. (2020). Improvement of mechanical properties in Al-Si alloys via inclusion removal techniques. *Metallurgical and Materials Transactions A*, 51(3), 1230-1240. https://doi.org/10.1007/s11661-020-05663-4

[7] Liu, Y., Xu, Q., & Zhang, R. (2021). Synergistic effects of degassing and inclusion removal on Al-Si alloy properties. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 31(7), 1965-1975. https://doi.org/10.1016/j.talc.2021.07.003