

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN *CALCIUM*
TERHADAP PENGURANGAN KADAR Si PADA
PROSES *REFINING SCRAP* ALUMINIUM**

SKRIPSI

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari
Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



Oleh:

Kharisma Mahayuda
3334190102

**JURUSAN TEKNIK METALURGI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON-BANTEN**

2026

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN *CALCIUM*
TERHADAP PENGURANGAN KADAR Si PADA
PROSES *REFINING SCRAP* ALUMINIUM**

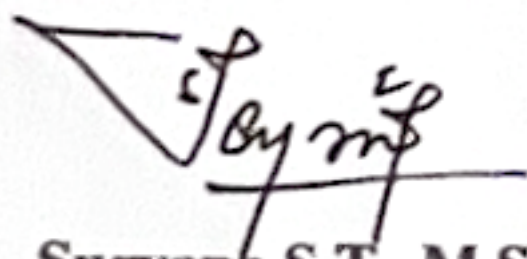
SKRIPSI

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Jurusan
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Disetujui untuk Jurusan Teknik Metalurgi oleh:

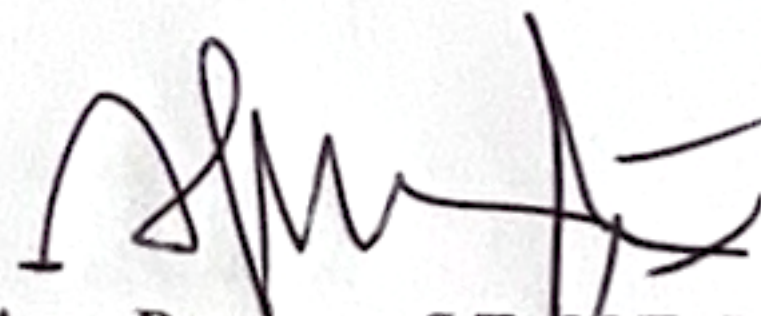
Pembimbing I

Pembimbing II



Suryana S.T., M.Si

NIP.197402162001121001



Prof. Ir. Agus Pramono, S.T., M.T., Ph.D Tech

NIP.197608182008011012

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN *CALCIUM*
TERHADAP PENGURANGAN KADAR Si PADA
PROSES *REFINING SCRAP ALUMINIUM***

SKRIPSI

Disusun dan diajukan oleh:

Kharisma Mahayuda

3334190102

Telah disidangkan di depan dewan penguji pada tanggal 19 Januari 2026

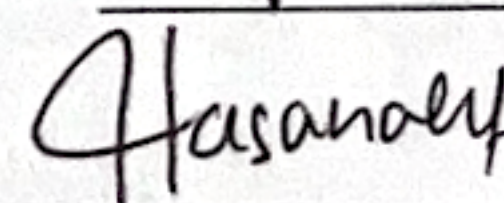
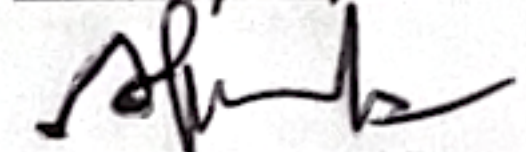
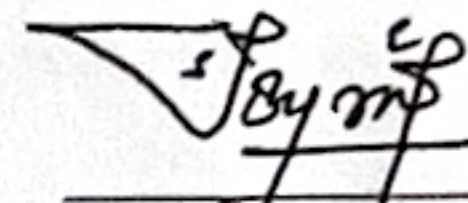
Susunan Dewan Penguji

Penguji I : Suryana, S.T., M.Si

Penguji II : Prof. Ir, Agus Pramono, S.T., M.T., Ph.D, Tech

Penguji III : Dr. Indah Uswatun Hasanah, S Si., M.T

Tanda Tangan



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
sarjana Teknik

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Metalurgi



Prof. Ir, Agus Pramono, S.T., M.T., Ph.D, Tech
NIP. 197608182008011012

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan sebagai penulis skripsi berikut:

Judul : Analisis Pengaruh Penambahan *Calcium* Terhadap
Pengurangan Kadar Si pada Proses *Refining Scrap*
Aluminium

Nama Mahasiswa : Kharisma Mahayuda

NIM : 3334190102

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 17 Januari 2026



Kharisma Mahayuda

NIM. 3334190102

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji pengaruh penambahan kalsium (Ca) terhadap pengurangan kadar silikon (Si) pada proses pemurnian *scrap* aluminium, khususnya dari limbah velg aluminium bekas. *Scrap* aluminium yang terdiri dari paduan Al-Si dengan kandungan silikon tinggi seringkali menghadapi tantangan dalam daur ulang karena sifatnya yang rapuh akibat fasa eutektik Si. Untuk meningkatkan sifat mekaniknya, penelitian ini menambahkan kalsium sebagai agen desilikasi selama proses peleburan dan pemurnian. Penambahan kalsium dilakukan dengan variasi kadar 5%, 7%, dan 9% (berat), diikuti dengan proses *degassing* untuk menghilangkan gas terlarut. Proses peleburan dilakukan pada berbagai suhu (650°C, 725°C, dan 800°C) untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap pengurangan silikon dan sifat mekanik paduan yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kalsium efektif dalam mengurangi kadar silikon, terutama pada penambahan 7% kalsium, dengan pengurangan terbesar pada suhu 800°C. Analisis struktur mikro menggunakan mikroskop optik dan SEM-EDX menunjukkan peningkatan homogenitas mikrostruktur, dengan berkurangnya porositas dan morfologi eutektik Si yang lebih halus. Pengujian mekanik menunjukkan peningkatan kekuatan tarik, terutama pada penambahan 7% kalsium dan suhu 800°C, meskipun penambahan kalsium yang lebih tinggi (9%) menyebabkan penurunan keuletan akibat pembentukan inklusi non-logam. Temuan ini menunjukkan bahwa penambahan kalsium yang optimal dapat meningkatkan kualitas aluminium daur ulang, menjadikannya lebih cocok untuk aplikasi industri, khususnya dalam manufaktur otomotif, sekaligus menawarkan metode daur ulang yang ramah lingkungan.

Kata Kunci : *Refining Scrap Aluminium*, Penambahan Kalsium, Sifat Mekanik

KATA PENGANTAR

Dengan penuh syukur dan kerendahan hati penulis mengucapkan hamdalah dipanjatkan kepada Dzat yang Maha Esa Allah SWT, dengan segala rahmat serta mukjizat-Nya lah penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Pengaruh Penambahan *Calcium* Terhadap Pengurangan Kadar Si Pada Proses *Refining Scrap* Aluminium”. Skripsi ini disusun untuk mendapatkan Gelar S.T pada program sarjana di Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Proses pengerjaan skripsi ini banyak dibantu oleh beberapa pihak, maka dari itu penulis mengucapkan rasa terima kasih dengan tulus kepada:

1. Bapak Prof. Ir, Agus Pramono S.T., M.t., Ph.D, Tech selaku Ketua Jurusan Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, dan juga selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dengan ketulusan dan kemurahan hati baik dalam penyusunan skripsi ini dan juga selama kehidupan kemahasiswaan.
2. Bapak Suryana S.T., M.Si. selaku Dosen Pembimbing I penulis yang telah memberikan dan menunjukkan kelembutan dalam membimbing serta ilmunya dalam menjalani kehidupan baik selama menjadi mahasiswa bimbingan KP hingga selesainya skripsi ini.
3. Keluarga penulis khususnya ibu Ir. Amna Yunus, M.B.A dengan sabar mendukung penulis, pasti do’a mu yang lancarkan upayaku, mesti do’a yang meluncur dari bibirmu, dan yang ku tahu kau tak pernah berhenti, tumbuhku kini semoga sesuai yang kau impi.

4. Kepada bang jember, kantung, cebolan dan seluruh senior serta teman teman penulis Metalurgi 2019 maupun Metalurgi 2018 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu
5. Untuk teman-teman luar biasa yang telah dipertemukan pada program beVisioneers terima kasih atas segala kecerdasan, ide dan energi luar biasa yang selalu disertai kerendahan hati dan mengajarkan bahwa kehebatan sejati bukanlah tentang siapa yang berdiri paling tinggi, melainkan memperluas ruang untuk memberi dan membangun bersama, sebagaimana yang diyakini oleh Oscar Wilde *“The smallest act of kindness is worth more than the grandest intention”*

Penulis menyadari bahwa skripsi ini memiliki keterbatasan. Setiap kesimpulan yang disampaikan bukanlah titik akhir, melainkan undangan untuk pengujian dan pengembangan lanjutan. Dengan kesadaran tersebut, penulis berharap karya ini dapat dibaca bukan hanya sebagai syarat akademik, tetapi sebagai bagian kecil dari upaya memahami material, sistem dan peran manusia di dalamnya. Akhir kata, skripsi ini tidak penulis anggap sebagai penutup perjalanan akademik, melainkan sebagai jeda singkat untuk menarik nafas – sebelum kembali mempertanyakan, meneliti dan bertanggung jawab atas pengetahuan yang dipilih untuk dipelajari

Cilegon, Januari 2026

Kharisma Mahayuda

DAFTAR ISI

	Halaman
SKRIPSI.....	1
LEMBAR PENGESAHAN	2
LEMBAR PERSETUJUAN	3
LEMBAR PERNYATAAN	4
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Sistematika Penulisan	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Aluminium	8
2.1.1 Aluminium.....	10
2.1.2 <i>Scrap</i> Aluminium	16

2.2	<i>Refining</i>	17
	2.2.1 <i>Remelting</i>	18
	2.2.2 <i>Degassing</i>	21
2.3	Pengaruh Unsur Paduan Pada Alumunium	25
	2.3.1 Silikon	26
	2.3.2 Kalsium	27
	2.3.3 Unsur Paduan Lainnya	29
	2.3.4 Desilikasi pada Paduan Aluminium	30
2.4	Reaksi Termodinamika	31
	2.4.1 Presipitasi Selektif.....	35
	2.4.2 Hasil Reaksi Terhadap Mikrostruktur.....	36
	2.4.3 Implikasi Hasil Reaksi	37
BAB III METODE PENELITIAN		39
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	39
3.2	Alat dan Bahan	40
	3.2.1 Alat-alat yang Digunakan.....	40
	3.2.2 Bahan-bahan yang Digunakan.....	41
3.3	Prosedur Penelitian.....	41
	3.3.1 Preparasi Sampel	42
	3.3.2 <i>Remelting</i> dan Penambahan Kalsium	42
	3.3.3 <i>Degassing</i>	43
	3.3.4 Pengujian Metalografi	44

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
4.1 Karakterisasi Awal.....	45
4.2 Hasil Uji Komposisi	47
4.3 Mikrostruktur Hasil	49
4.4 Hasil SEM-EDX.....	53
4.5 Hasil Pengujian Mekanik	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA.....	71
LAMPIRAN A CONTOH PERHITUNGAN.....	74
LAMPIRAN B DATA PENELITIAN.....	77
LAMPIRAN C GAMBAR ALAT DAN BAHAN	83

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aluminium merupakan salah satu logam yang paling banyak digunakan dalam berbagai sektor industri, terutama dalam sektor otomotif, konstruksi, dan kemasan. Logam ini dikenal karena ringan, tahan korosi, serta mudah dibentuk dan diproses. Namun, aluminium yang digunakan dalam industri umumnya tidak dalam bentuk murni, melainkan dalam bentuk paduan dengan logam lainnya. Salah satu paduan yang umum adalah aluminium-silikon (Al-Si), yang digunakan pada berbagai aplikasi seperti komponen otomotif, velg mobil, dan peralatan rumah tangga [1], [2]. Meskipun demikian, aluminium memiliki kelemahan pada kekuatan mekaniknya ketika digunakan dalam bentuk paduan Al-Si dengan kadar silikon yang tinggi. Penambahan silikon pada aluminium meningkatkan sifat cor dan ketahanan terhadap korosi, namun kadar silikon yang berlebihan dapat menurunkan keuletan, menyebabkan kerapuhan, serta meningkatkan kesulitan dalam proses pengelasan [1].

Daur ulang aluminium memiliki peran yang sangat penting dalam industri aluminium global. Proses daur ulang jauh lebih efisien secara energi dibandingkan dengan proses produksi aluminium dari bijih bauksit, dengan penghematan energi mencapai sekitar 95% [3]. Daur ulang juga memiliki keuntungan lingkungan yang signifikan, mengurangi jejak karbon dan limbah logam. Selain itu, proses daur

ulang juga mengurangi penggunaan bahan baku primer, menjadikan daur ulang sebagai solusi yang lebih berkelanjutan dan hemat biaya dalam memenuhi permintaan aluminium dunia yang terus meningkat [3]. Namun, dalam proses daur ulang aluminium, salah satu masalah utama yang dihadapi adalah adanya kontaminasi silikon dalam *scrap* aluminium, terutama pada limbah Al-Si. *Scrap* aluminium yang mengandung kadar silikon tinggi, seperti pada limbah velg, memerlukan pemurnian untuk mengurangi kadar silikon berlebih. Silikon berlebih dalam paduan aluminium dapat menyebabkan terbentuknya fasa eutektik Si yang rapuh, yang mengurangi keuletan dan meningkatkan kemungkinan terjadinya retak atau kerusakan pada material [4]. Oleh karena itu, pengurangan kadar silikon dalam paduan aluminium daur ulang sangat penting untuk meningkatkan kualitas dan nilai material tersebut, terutama untuk aplikasi yang memerlukan sifat mekanik yang baik seperti pada sektor otomotif dan manufaktur.

Silikon adalah unsur paduan yang umum digunakan dalam paduan aluminium, khususnya untuk meningkatkan sifat cor dan ketahanan mekanik. Paduan Al-Si sering kali digunakan dalam industri otomotif karena silikon meningkatkan kemampuan pengecoran dan ketahanan abrasi. Namun, kadar silikon yang terlalu tinggi dapat berpengaruh buruk terhadap sifat paduan aluminium, seperti penurunan keuletan dan peningkatan kerapuhan, serta kesulitan dalam proses pengelasan [5]. Dalam proses daur ulang aluminium, kadar silikon dalam *scrap* sering kali bervariasi, dan akumulasi silikon berlebih menjadi tantangan tersendiri karena sulit dipisahkan selama proses peleburan.

Paduan Al-Si dengan kadar silikon tinggi, terutama pada limbah velg aluminium, sering kali tidak memenuhi standar kualitas yang dibutuhkan dalam aplikasi industri. Akibatnya, diperlukan solusi efektif untuk mengurangi kadar silikon dalam *scrap* aluminium tanpa merusak kualitas dan sifat mekanik paduan aluminium yang dihasilkan. Metode pemurnian konvensional seperti fraksinasi atau destilasi menghadapi berbagai keterbatasan dalam menghilangkan silikon dari paduan Al-Si. Silikon memiliki stabilitas termodinamik yang sangat tinggi dalam lelehan aluminium, sehingga sulit untuk dipisahkan dengan metode konvensional [4]. Selain itu, metode ini juga mahal dan tidak efisien untuk skala industri menengah. Proses fraksinasi, misalnya, sangat memerlukan energi tinggi dan peralatan khusus yang tidak praktis dalam skala besar. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan alternatif yang lebih efisien dan terjangkau untuk mengurangi kadar silikon dalam paduan aluminium daur ulang. Salah satu alternatif yang menjanjikan untuk mengurangi kadar silikon adalah dengan menggunakan kalsium (Ca) sebagai agen pemurni. Penambahan kalsium dalam paduan aluminium dapat mengurangi kadar silikon secara efektif dengan membentuk senyawa intermetalik CaSi atau CaSi_2 yang memiliki densitas lebih rendah dibandingkan aluminium cair. Senyawa intermetalik ini dapat dipisahkan melalui proses *skimming* atau pengendapan, mengingat perbedaan densitas antara senyawa tersebut dan aluminium cair [4].

Kalsium memiliki afinitas yang tinggi terhadap silikon dan oksigen, yang memungkinkan kalsium untuk bereaksi dengan silikon dalam lelehan aluminium, membentuk senyawa intermetalik yang lebih stabil dan mudah dipisahkan. Penambahan kalsium dalam paduan aluminium tidak hanya mengurangi kadar

silikon, tetapi juga memodifikasi struktur mikro paduan, menjadikannya lebih homogen dan meningkatkan sifat mekaniknya [6]. Dalam penelitian ini, penambahan kalsium pada scrap aluminium bertujuan untuk mengurangi kadar silikon yang berlebihan dan memperbaiki kualitas aluminium daur ulang, sehingga dapat digunakan dalam berbagai aplikasi industri

Maka dengan semakin tingginya penggunaan aluminium sejak pertama kali digunakan secara massal diperlukan pula metode pemanfaatan pada masa akhir pakai suatu produk Paduan aluminium. Dengan pemanfaatan aluminium yang sangat luas ke berbagai sektor serta sifat tahan karatnya yang relatif bagus, bahwa diestimasi dari 700 juta ton aluminium yang telah diproduksi dari produksi komersial aluminium pertama pada tahun 1880, 75% masih digunakan sebagai *secondary raw material* hingga hari ini. Dan selain itu dari segi energi *recycling* Al hanya menggunakan 5-10% energi dibandingkan dengan energi yang diperlukan untuk mengekstrak dari mineral bauksit, yang menunjukkan kelebihan sisi ekonomis dan lingkungan. Faktanya setiap 1 ton aluminium yang didapatkan dari *recycling* dapat disetarakan dengan telah menghemat hingga 8 ton bauksit, 14.000 kWh energi listrik, 40 barel atau setara dengan 6300 liter minyak bumi, 238 juta *British thermal unit* (Btu) energi panas, serta mengurangi kebutuhan lahan hingga 7,6 meter kubik [2]. Demikian lah perlu dikembangkan pemanfaatan pada masa akhir pakai atau *end of life cycle* suatu material khususnya aluminium sehingga meskipun kebutuhan semakin meningkat proses produksi dapat lebih ramah lingkungan. Akan tetapi seperti yang telah kita tahu bahwa salah satu masalah terbesar dalam pemanfaatan limbah aluminium atau paduannya adalah unsur pengotor.

Maka dari itu penelitian ini dilakukan dengan pemanfaatan limbah *velg* bekas yang akan di proses dengan *remelting* lalu ditambahkan *calcium* pada proses pengecoran, khususnya Ketika *remelting* untuk mengurangi kadar silikon berlebih, yang kemudian akan dilakukan *degassing* dengan *fluxing* untuk menghilangkan gas terlarut dan inklusi pada *molten alumunium* untuk meningkatkan sifat mekanik dan struktur mikro pada Paduan. Penggunaan gabungan antara *calcium* dan *degassing* diharapkan dapat memberikan solusi yang efektif untuk mengurangi kadar silikon berlebih pada alumunium *scrap*, dengan demikian kualitas alumunium daur ulang dapat ditingkatkan, sehingga dapat dimanfaatkan lebih luas dalam berbagai aplikasi industri. Selain itu pemanfaatan limbah *velg* bekas untuk mendapatkan hasil yang berkualitas dapat mengurangi dampak negatif pada lingkungan dan memberikan manfaat ekonomi yang positif.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, didapatkan rumusan masalah yang ada dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan *calcium* pada proses *remelting scrap alumunium* terhadap penurunan kadar Si paduan aluminium hasil pengecoran?
2. Bagaimana pengaruh penambahan *calcium* pada proses *remelting scrap alumunium* terhadap sifat mekanik paduan aluminium hasil pengecoran?
3. Bagaimana pengaruh variasi suhu peleburan terhadap struktur mikro paduan aluminium hasil pengecoran?

4. Bagaimana pengaruh variasi suhu peleburan terhadap sifat mekanik paduan aluminium hasil pengecoran?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui pengaruh penambahan *calcium* pada proses *remelting scrap* aluminium terhadap penurunan kadar Si paduan aluminium hasil pengecoran.
2. Mengetahui pengaruh penambahan *calcium* pada proses *remelting scrap* aluminium terhadap sifat mekanik paduan aluminium hasil pengecoran
3. Mengetahui pengaruh variasi suhu peleburan terhadap struktur mikro paduan aluminium hasil pengecoran.
4. Mengetahui pengaruh variasi suhu peleburan terhadap sifat mekanik paduan aluminium hasil pengecoran.

1.4 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. *Scrap* Aluminium yang berasal dari Velg mobil bekas dengan komposisi Al-Si
2. Pengecoran dilakukan dalam tungku krusibel
3. Menggunakan variasi paduan Ca 5%, 7%, dan 9%
4. Menggunakan variasi suhu peleburan yaitu 650, 725 dan 800°C
5. Karakterisasi sampel padat menggunakan *Optical Emission Spectroscopy*

6. Pengujian sampel menggunakan uji komposisi, uji tarik, uji kekerasan dan metalografi
7. Sampel dilakukan *degassing* menggunakan *solid degasser Ecosal (Ecosal Al 113S)*
8. Penelitian dilakukan di Laboratorium Material Manufaktur FT UNTIRTA

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan proposal skripsi ini terdiri dari Bab 1 mengenai pendahuluan yang berisi latar belakang, tujuan, dan batasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan. Selanjutnya terdapat Bab 2, yaitu tinjauan pustaka yang terdiri dari dasar teori yang menjadi acuan penelitian ini. Kemudian dilanjutkan dengan Bab 3, yaitu metode penelitian yang berisi diagram alir penelitian, alat dan bahan, serta prosedur penelitian. Selanjutnya terdapat daftar pustaka yang berisi referensi yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini dan sebagai acuan untuk penelitian yang akan dilakukan. Selanjutnya yaitu bab 4 merupakan hasil dan pembahasan yang terdiri dari pemaparan hasil temuan pada penelitian ini dan pembahasan dari analisis hasil penelitian yang dilakukan. Bab 5 memuat Kesimpulan hasil penelitian dan diberikan juga saran untuk penelitian serupa selanjutnya. Bagian akhir skripsi memuat daftar Pustaka dan lampiran yang berisi contoh perhitungan, data hasil penelitian dan gambar alat dan bahan yang digunakan pada penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Schmitz, *Handbook of Aluminium Recycling*, 2nd edition. Vulkan Verlag, 2014.
- [2] S. Venditti, "Fractional Solidification for Recycled Aluminium Alloys."
- [3] G. Gaustad, E. Olivetti, and R. Kirchain, "Improving Aluminum Recycling: A Survey Of Sorting And Impurity Removal Technologies," Jan. 2012. doi: 10.1016/j.resconrec.2011.10.010.
- [4] I. Polmear, D. StJohn, J.-F. Nie, and M. Qian, *Light Alloys: Metallurgy of the Light Metals*, 5th edition. 2017.
- [5] V. P. Astakhov, "Mechanical Properties of Engineering Materials: Relevance in Design and Manufacturing," 2018, pp. 3–41. doi: 10.1007/978-3-319-78488-5_1.
- [6] X. yi Jiao *et al.*, "Effect Of Ca Addition On Solidification Microstructure Of Hypoeutectic Al-Si Casting Alloys," *China Foundry*, vol. 16, no. 3, pp. 153–160, May 2019, doi: 10.1007/s41230-019-9014-9.
- [7] D. Paraskevas, G. Ingarao, Y. Deng, J. R. Duflou, Y. Pontikes, and B. Blanpain, "Evaluating The Material Resource Efficiency Of Secondary Aluminium Production: A Monte Carlo-Based Decision-Support Tool," *J. Clean. Prod.*, vol. 215, pp. 488–496, Apr. 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.01.097.
- [8] B. I. Selling, "A Casting Defects And The Tensile Properties Of An Al-Si-Mg Alloy," 1996.
- [9] H. R. Ammar, A. M. Samuel, and F. H. Samuel, "Porosity And The Fatigue Behavior Of Hypoeutectic And Hypereutectic Aluminum-Silicon Casting Alloys," *Int. J. Fatigue*, vol. 30, no. 6, pp. 1024–1035, Jun. 2008, doi: 10.1016/j.ijfatigue.2007.08.012.
- [10] A. Chaijaruwanich, R. J. Dashwood, P. D. Lee, and H. Nagaumi, "Pore Evolution In A Direct Chill Cast Al-6 Wt.% Mg Alloy During Hot Rolling,"

- Acta Mater.*, vol. 54, no. 19, pp. 5185–5194, Nov. 2006, doi: 10.1016/j.actamat.2006.06.029.
- [11] G. Liu *et al.*, “Recent Advances And Future Trend Of Aluminum Alloy Melt Purification: A Review,” *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 28, pp. 4647–4662, Jan. 2024, doi: 10.1016/j.jmrt.2024.01.024.
- [12] J. Campbell, *Castings*, 2nd edition. 2003.
- [13] S. Oediyani, A. Putra Zain, A. Juniarsih, J. Teknik, M. Universitas, and A. Tirtayasa, “Pengaruh Massa Flux Dan Waktu Tahan Fluxing Terhadap Pengurangan Mg Pada Recycling Kaleng Minuman Alumunium,” *Jurnal TEKNIKA*, vol. 13, no. 1, pp. 1–14, Jun. 2017.
- [14] S. P. Nikanorov *et al.*, “Structural and mechanical properties of Al-Si alloys obtained by fast cooling of a levitated melt,” *Materials Science and Engineering: A*, vol. 390, no. 1–2, pp. 63–69, Jan. 2005, doi: 10.1016/j.msea.2004.07.037.
- [15] J. M. Mwase and J. Safarian, “Desilication of Sodium Aluminate Solutions from the Alkaline Leaching of Calcium-Aluminate Slags,” *Processes*, vol. 10, no. 9, Sep. 2022, doi: 10.3390/pr10091769.
- [16] L. I. Fatmawati, A. Latif, and S. Nanda, “Studi Ekstraksi Silikon Dari Pasir Silika Indonesia Dengan Metode Metalotermik,” *Prosiding Tpt Xxix Perhapi 2020*.
- [17] P. Ashtari, B. Davis, and K. Sadayappan, “Removal Of Si From Recycled Aluminium Alloys,” *International Journal of Cast Metals Research*, vol. 25, no. 2, pp. 100–102, Apr. 2012, doi: 10.1179/1743133611Y.0000000025.
- [18] M. Wang, W. Xu, and Q. Han, “Study Of Refinement And Morphology Change Of Alfesi Phase In A380 Alloy Due To Addition Of Ca, Sr/ Ca, Mn And Mn, Sr,” *Mater. Trans.*, vol. 57, no. 9, pp. 1509–1513, 2016, doi: 10.2320/matertrans.M2015329.
- [19] R. Pranata and W. Widayat, “Pengaruh Kadar Silikon Terhadap Karakteristik Material Alumunium Sekrap Hasil Remelting,” 2020.

- [20] S. S. Dash and D. Chen, “A Review on Processing–Microstructure–Property Relationships of Al-Si Alloys: Recent Advances in Deformation Behavior,” Mar. 01, 2023, *MDPI*. doi: 10.3390/met13030609.
- [21] E. G. Dieter, *Mechanical Metallurgy*. McGraw-Hill, 1988.