

Analisis Peleburan Aluminium 3004 Berdasarkan Jumlah Boraks dengan Metode Regresi Linear

Analysis of 3004 Aluminum Melting Based on Borax Count by Linear Regression Method

Fahmi Faddillah¹, Yopan Rahmad Aldori^{1*}, Suprpto²

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Medan Area, Medan 20223, Indonesia

²Program Studi Teknik Mesin, Universitas Negeri Medan, Medan 20221, Indonesia

*Corresponding author: yopanrahmadaldori@staff.uma.ac.id

Diterima: 26-07-2025

Disetujui: 17-08-2025

Dipublikasikan: 30-08-2025

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan boraks sebagai flux terhadap hasil peleburan limbah kaleng minuman berbahan aluminium 3004. Proses peleburan dilakukan menggunakan kompor berbahan bakar oli bekas dengan enam variasi boraks, yaitu 2,5 g hingga 15 g untuk 500 g aluminium daur ulang. Hasil penelitian menunjukkan massa bersih aluminium meningkat dari 209 g menjadi 293 g, sedangkan massa slag menurun dari 242 g menjadi 139 g. Analisis regresi linier menunjukkan hubungan positif antara boraks dan massa bersih ($R^2 = 0,9116$) serta hubungan negatif antara boraks dan slag ($R^2 = 0,9135$). Dengan demikian, boraks terbukti efektif dalam meningkatkan hasil logam bersih dan menurunkan slag pada proses peleburan aluminium daur ulang.

Kata Kunci: Aluminium 3004, Boraks, Peleburan, Regresi Linier.

Abstract

This study aims to analyze the effect of borax as a flux on the melting performance of recycled 3004 aluminum from beverage can waste. The melting process was carried out using an oil-fueled furnace with six borax variations, ranging from 2.5 g to 15 g for 500 g of recycled aluminum. The results showed that the net aluminum mass increased from 209 g to 293 g, while the slag mass decreased from 242 g to 139 g. Linear regression analysis revealed a positive correlation between borax and net mass ($R^2 = 0.9116$) and a negative correlation between borax and slag ($R^2 = 0.9135$). Therefore, borax proved effective in increasing the yield of clean metal and reducing slag during the recycling of aluminum.

Keywords: 3004 Aluminum, Borax, Melting, Linear regression.

Aluminium banyak digunakan di berbagai industri karena memiliki sifat ringan, tahan korosi, serta konduktivitas panas dan listrik yang baik (Prayoga, et al. 2024). Pemanfaatan aluminium daur ulang menjadi semakin penting karena mampu menekan biaya produksi dan mengurangi limbah padat (Endramawan, et al. 2023). Namun, proses peleburan sering menghadapi kendala berupa terbentuknya oksida dan kotoran yang menurunkan kualitas hasil (Capuzzi and Timelli 2018). Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan bahan tambahan berupa flux agar logam cair lebih bersih dan proses peleburan menjadi lebih optimal (Kekana, et al. 2023). Salah satu flux yang umum digunakan adalah boraks (Wang, et al. 2020).

Boraks merupakan salah satu flux yang umum digunakan dalam peleburan logam karena dapat menurunkan titik lebur, melarutkan oksida, serta membersihkan logam cair (Zhou, et al. 2025). Aluminium daur ulang, khususnya dari limbah kaleng minuman, memiliki potensi besar sebagai bahan baku industri karena ketersediaannya melimpah dan harga yang lebih ekonomis dibanding aluminium primer (Lai, et al. 2025). Tantangan utama dalam proses peleburan aluminium adalah terbentuknya oksida dan kotoran yang menghasilkan slag dalam jumlah besar (Szymczak, et al. 2020). Slag ini tidak hanya mengurangi kualitas logam, tetapi juga menurunkan efisiensi proses peleburan (Sembiring, et al. 2024). Oleh karena itu, diperlukan penggunaan flux yang tepat untuk meminimalkan terbentuknya slag sekaligus meningkatkan perolehan logam bersih (Saptaryani and Santoso 2024).

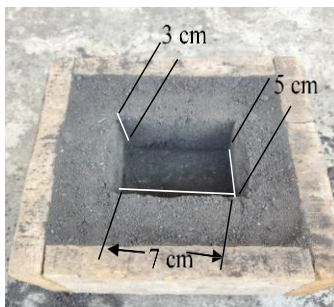
Dalam penelitian ini, limbah kaleng minuman berbahan aluminium 3004 dilebur menggunakan kompor berbahan bakar oli bekas dengan penambahan variasi boraks. Penelitian ini difokuskan untuk menganalisis pengaruh jumlah boraks terhadap massa bersih hasil peleburan serta jumlah slag yang terbentuk. Analisis data dilakukan menggunakan regresi linier sederhana untuk mengetahui hubungan kuantitatif antara jumlah boraks dengan hasil peleburan. Proses peleburan dilakukan secara eksperimental dengan enam variasi boraks antara 2,5 g hingga 15 g. Data hasil percobaan kemudian ditimbang dan dianalisis untuk melihat tren peningkatan hasil logam bersih dan penurunan slag.



Gambar 1. Wadah minuman kaleng



Gambar 2. Boraks



Gambar 3. Cetakan pasir alumunium



Gambar 4. Proses pencampuran boraks

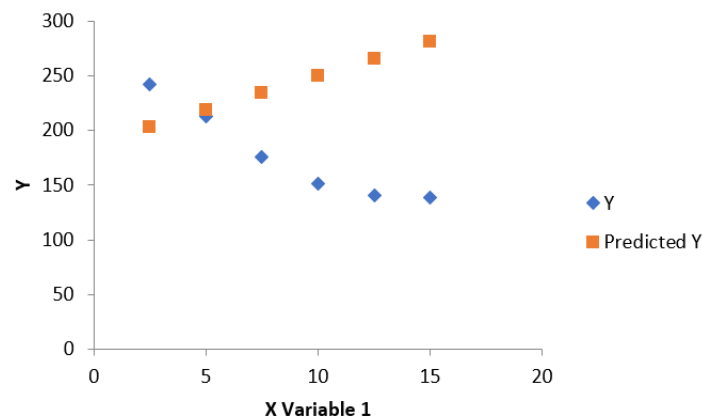


Gambar 5. Penuangan cairan ke cetakan

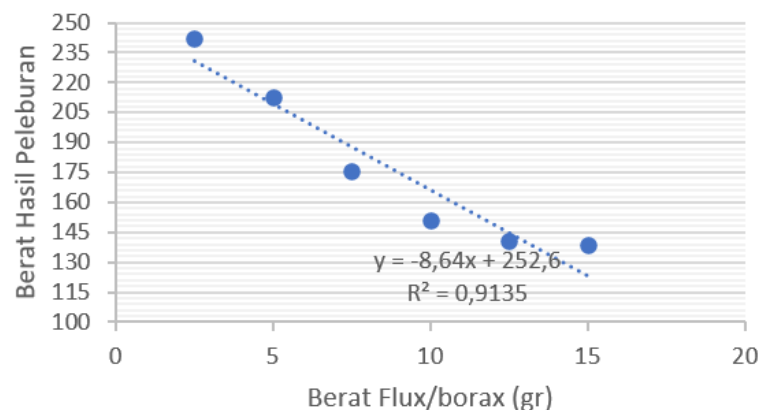
Table 1. Hasil Massa residu/slag Aluminium 3001

Peleburan	Boraks (gram)	Massa slag (gram)
1	2,5	242
2	5	213
3	7,5	176
4	10	151
5	12,5	141
6	15	139

Boraks digunakan sebagai flux karena mampu menurunkan titik lebur, melarutkan oksida, dan membersihkan logam cair. Penelitian ini melebur limbah kaleng minuman aluminium 3004 menggunakan kompor berbahan bakar oli dengan variasi boraks 2,5–15 g. Tujuannya menganalisis pengaruh jumlah boraks terhadap massa logam bersih dan slag. Hubungan keduanya dianalisis menggunakan regresi linier sederhana melalui pendekatan eksperimental.

**Gambar 6.** Normal Probability Plot Data Hasil Peleburan Aluminium 3004

Grafik menunjukkan hubungan antara jumlah boraks dan massa slag hasil peleburan aluminium 3004. Terlihat tren menurun dengan persamaan regresi $Y = -8,64X + 252,6$ dan nilai determinasi $R^2 = 0,9135$. Hal ini menandakan bahwa setiap penambahan 1 gram boraks mampu menurunkan slag sekitar 8,64 gram, dengan kecocokan model mencapai lebih dari 91%. Penurunan massa slag dari 242 gram pada 2,5 g boraks menjadi 139 gram pada 15 g boraks membuktikan efektivitas boraks sebagai flux dalam mengikat oksida dan kotoran, sehingga logam bersih yang dihasilkan meningkat.

**Gambar 7.** Grafik regresi linier (Scatter Plot dengan Line Fit)

Penelitian ini membuktikan bahwa penambahan boraks berpengaruh nyata terhadap hasil peleburan aluminium 3004 daur ulang dari limbah kaleng minuman. Massa bersih meningkat seiring penambahan boraks dari 209 g menjadi 293 g, sementara massa slag menurun signifikan dari 242 g menjadi 139 g. Analisis regresi linier menunjukkan hubungan positif antara boraks dan massa bersih ($R^2 = 0,9116$) serta hubungan negatif antara boraks dan slag ($R^2 = 0,9135$). Hasil ini menegaskan bahwa boraks efektif sebagai flux dalam meningkatkan perolehan logam bersih sekaligus menurunkan jumlah slag pada proses peleburan aluminium dengan tungku berbahan bakar oli bekas.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prodi Teknik Mesin Universitas Medan Area atas fasilitas laboratorium yang diberikan, serta kepada Bapak Yopan Rahmad Aldori, ST., M.Sc., atas bimbingan dari perencanaan hingga penulisan jurnal ini.

Daftar Pustaka

- Capuzzi, Stefano, and Giulio Timelli. 2018. "Preparation and Melting of Scrap in Aluminum Recycling: A Review." *Buletin Keslingmas*. <https://doi.org/10.3390/met8040249>.
- Endramawan, Tito, Agus Sifa, Dedi Suwandi, and Felix Dionisius. 2023. "Perancangan dan Uji Performance Tungku Peleburan Aluminium." *Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro*. <https://doi.org/10.24127/trb.v12i2.2402>.
- Kekana, Neo, Mxolisi B. Shongwe, Khumbulani Mpofo, and Rumbidzai Muvunzi. 2023. "Characterization of Aluminium-based alloy starting powders morphology for the synthesis of rail components through Selective Laser Melting." *Procedia CIRP*. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.09.215>.
- Lai, Hsuan-Han, Hong-Wei Chang, Xian Peng Yang, Chao Hui Ou, and Weite Wu. 2025. "Characterization of Zn–Al based brazing filler for steel/aluminum dissimilar joints." *Journal of Materials Research and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2025.08.051>.
- Prayoga, M. Angga, Jon Lihardo Purba, Dwi Fawzi Syahputra, and Tino Hermanto. 2024. "The Production of Fishing Weight Pendants Using Metal Casting Techniques from Solder Tin Material with Aluminum Molds." *IRA Jurnal Teknik Mesin dan Aplikasinya (IRAJTMA)*. <https://doi.org/10.56862/iraitma.v3i2.110>.
- Saptaryani, Titiek Deasy, and Budi Santoso. 2024. "Analisis Porositas Hasil Pengecoran Pada Pembuatan Material Standar ALSi12(B) dari Material Paduan Aluminium Bekas Terhadap Komposisi Kimia dan Cacat Porositas." *Journal of Technology and Engineering*. <https://doi.org/10.59613/journaloftechnologyandengineering.v2i2.145>.
- Sembiring, Kiki Syahbana, Muhammad Idris, Yetti Meuthia Hasibuan, Uun Novalia Harahap, and Dariantio Dariantio. 2024. "Experimental Study on the Calorific Value of Biodiesel from Waste Cooking Oil." *IRA Jurnal Teknik Mesin dan Aplikasinya (IRAJTMA)*. <https://doi.org/10.56862/iraitma.v3i3.160>.
- Szymczak, Tomasz, Grzegorz Gumienny, Leszek Klimek, Marcin Goły, Jan Szymszal, and Tadeusz Pacyniak. 2020. "Characteristics of Al-Si Alloys with High Melting Point Elements for High Pressure Die Casting." *Materials*. <https://doi.org/10.3390/ma13214861>.
- Wang, Zhi, Raghunandan Ummethala, Neera Singh, Shengyang Tang, Challapalli Suryanarayana, Jürgen Eckert, and Konda Gokuldoss Prashanth. 2020. "Selective Laser Melting of Aluminum and Its Alloys." *Materials*. <https://doi.org/10.3390/ma13204564>.
- Zhou, Tingting, Fuqi Zhao, Anmin He, and Pei Wang. 2025. "The interaction between local melting and helium bubble in radiated aluminium under dynamic tension at high temperature and strain rates." *Materials & Design*. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2025.113741>.