

Review Paper: Recycling of Aluminium Dross in Electrolytic Pots

Tio Gefien Imami

Teknik Metalurgi ITB
Jln. Ganeca 10. Bandung INDONESIA
gefien@gmail.com

Abstrak — Metode tradisional yang digunakan untuk merekoveri logam aluminium dari dross primer dinilai sebagai proses yang tidak efisien dan tidak ekonomis karena hanya fraksi logamnya saja yang direkoveri. Selain itu energi yang digunakan juga tergolong besar dan tidak ramah lingkungan karena dihasilkannya polutan berupa *fumes*, debu, dan *salty dross*. Karena semua keterbatasan tersebut, maka dua perusahaan asal Italia, ALURES dan ALUMIX melakukan studi dan eksperimen terhadap suatu proses baru yang dapat mendaur ulang semua komponen dross aluminium yang dilakukan di dalam pot elektrolisis. Proses baru ini diklaim memiliki efisiensi rekoveri yang tinggi dan tanpa konsumsi energi tambahan. Dalam review ini akan dibahas mengenai penelitian yang telah dilakukan oleh ALURES dan ALUMIX mengenai metode baru yang dikembangkan untuk mendaur ulang *dross aluminium* menggunakan pot elektrolisis.

Kata kunci— *Primary dross, hot dross, electrolytic pots, salty dross, cooling of dross*

PENDAHULUAN

Aluminium dihasilkan dari bauksit melalui pelindian alkali dengan proses Bayer. Saat ini banyak investigator yang sedang berusaha memodifikasi proses Bayer sedemikian rupa sehingga dapat digunakan *raw material* selain bijih bauksit [1].

Aluminium dross merupakan material oksida kompleks yang terbentuk ketika lelehan aluminium mengalami kontak dengan udara pada permukaan luar lelehan. *Primary dross* ini secara umum didaur ulang kembali ke dalam smelter untuk direkover kembali logam aluminiumnya. Pelelehan kembali dross aluminium ini dilakukan dengan penambahan *salt flux* untuk meminimalisasi oksidasi. Pada beberapa kasus, beberapa unsur padu juga ditambahkan bersama *salt flux* untuk memperoleh paduan aluminium. Residu yang dihasilkan oleh proses ini disebut *alloy dross* atau *secondary dross* yang tergolong material buangan berbahaya [2].

Aluminium dross yang terbentuk biasanya digolongkan sebagai limbah karena mengandung campuran yang kompleks yang mayoritas terdiri atas oksida aluminium (50-75%), dan sisanya logam aluminium, nitrida, karbida, dan sulfida aluminium, beberapa unsur padu, dan garam. Di satu sisi dross ini dikategorikan sebagai limbah yang berbahaya, dan di sisi lain dross ini kaya akan sumber alumina, kriolit, dan juga logam aluminium, dan unsur-unsur padu dalam jumlah kecil [2].

Karena masih banyak kandungan berharga yang dapat dimanfaatkan dari dross aluminium ini, maka diperlukan penanganan yang tepat untuk merekover unsur-unsur berharga tersebut. Pengolahan dross dengan metode tradisional telah banyak digunakan dalam beberapa dekade terakhir. Namun tingkat rekoveri yang rendah, konsumsi energi yang tinggi, dan proses yang tidak ramah lingkungan membuat dua perusahaan asal Italia yaitu ALURES dan ALUMIX berpikir

untuk melakukan studi dan eksperimen guna menemukan metode baru yang lebih efisien, ekonomis dan ramah

lingkungan yang menggunakan pot elektrolisis untuk mendaur ulang dross aluminium tersebut.

BAGIAN I. PEMBENTUKKAN DROSS

1.1 Kuantitas *Dross*

Kuantitas *dross* yang dihasilkan oleh *casthouse* tergantung dari banyak faktor seperti:

- Tipe keluaran logam baik primer maupun sekunder
- Tipe dan dimensi tanur
- Tipe dan prosedur *alloying and purifying treatments*
- *Layout plant*
- Akurasi operasi *casthouse*

Pada *primary plant*, yang memproduksi ingot (*slab* dan *billet*), jumlah dross antara 1-3% dari keluaran logam [3]. Jumlah dross dari pelelehan kembali *scrap* bersih yang masih baru dari proses ekstrusi sekitar 2-5% dari *charging metal* [3]. Sedangkan jika dari pelelehan kembali logam tua yang sudah kotor, maka jumlah dross dapat mencapai 20% dari *charge*. Mempertimbangkan jumlah aluminium yang dihasilkan di dunia, kira-kira dihasilkan dross sekitar 600.000-700.000 ton per tahun.

1.2 Komposisi *Hot Dross*

Komposisi *hot dross* yang dihasilkan berbeda pada setiap plant, tetapi komposisi yang paling umum sebagai berikut:

Tabel 1. Komposisi umum *hot dross*

metallic aluminium	60-75%
oxide	20-30%
salts	5-10%

Dari tabel terlihat bahwa komponen utama dari *dross* adalah logam aluminium, dan kita harus membuat kandungan aluminium dalam *dross* seminimal mungkin.

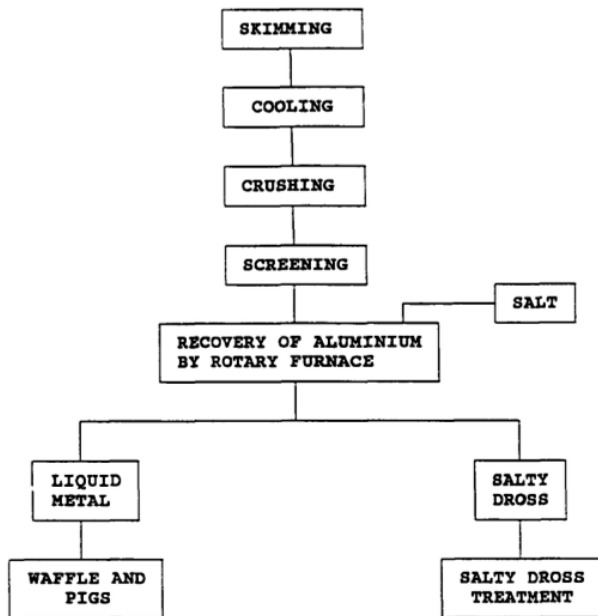
1.3 Komposisi *Dross* yang Didinginkan Secara Natural

Ketika *hot dross* mengalami pendinginan yang lambat secara natural, maka terjadi reaksi oksidasi terhadap komponen dalam *dross*. Reaksi antara aluminium dengan

oksigen bersifat eksotermik, sehingga temperatur *dross* meningkat hingga 1200°C, membakar sekitar 50% aluminium metalik. Karena tingginya temperatur dan keberadaan udara, maka AlN juga terbentuk selama pendinginan *dross*.

BAGIAN II. METODE TRADISIONAL DAUR ULANG DROSS

Metode tradisional untuk mendaur ulang *dross* terdiri atas tiga tahapan utama, meliputi: (1) mengurangi kehilangan logam selama pendinginan, (2) pemisahan metal dari oksida, dan (3) peleburan kembali fraksi metalik.



Gambar 1. Flowsheet proses tradisional daur ulang *dross*

2.1 Pendinginan *Dross*

Bagian paling penting pada tahap ini adalah menjaga konten aluminium metal semaksimal mungkin menghindari pembakaran selama proses pendinginan *dross*. Banyak cara yang dikembangkan untuk mempercepat proses pendinginan seperti menebar *hot dross* dan menggunakan gas inert untuk menghindari oksidasi. Metode yang paling baru dan paling efisien adalah menggunakan *watercooled rotary tube* untuk menjaga konten aluminium pada 50-60%.

2.2 Pemisahan Logam

Tahap ini terdiri dari dua proses utama yaitu *crushing* dan *screening*. Oksida mudah *dicrushing* menjadi partikel berukuran kecil, sehingga dapat dipisahkan antara fraksi metalik dan oksida. Partikel kasar mengandung 70-80% aluminium metal biasanya dilebur kembali pada *casthouse* untuk memproduksi ingot dan pig, fraksi medium biasanya dilebur kembali pada *rotary salt furnace*, sedangkan fraksi yang halus yang umumnya oksida biasanya dibuang. Pada tahap ini dihasilkan polusi debu sekitar 5-10% sehingga diperlukan filter khusus.

2.3 Peleburan Kembali Fraksi Metalik

Metode yang paling banyak digunakan untuk merekoveri aluminium dari *dross* adalah *rotary furnace*. Pada metode ini digunakan campuran *dross* dengan *fused salts* (NaCl, KCl, CaCl₂, Na₃AlF₆) untuk mempermudah pemisahan metal dari oksida. Efisiensi rekoveri aluminium pada fraksi medium sekitar 65-75%. Konsumsi *fused salt* sama dengan berat oksida yang terkandung dalam *dross*.

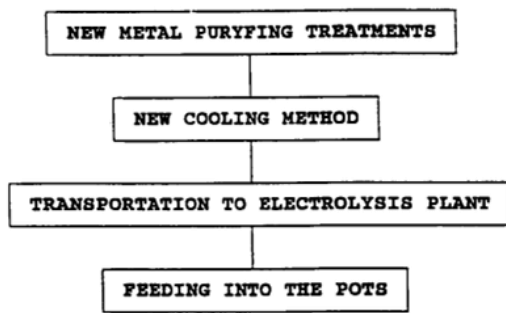
BAGIAN III. METODE BARU DAUR ULANG DROSS

Untuk mengatasi masalah yang terdapat pada metode tradisional, ALURES dan ALUMIX melakukan studi dan eksperimen terhadap alternatif proses baru untuk mendaur ulang *dross*. Istilah 'daur ulang' disini tepat digunakan, karena pada proses baru ini tidak hanya logam aluminium yang direkover, tetapi *dross* juga dapat digunakan kembali sebagai *raw material* pada produksi primer aluminium.

Ide dasar mengenai studi ini berawal dari pertanyaan: "Mengapa *dross* tidak dapat secara langsung didaur ulang di dalam pot elektrolisis, padahal komponen utamanya adalah aluminium dan oksidanya (alumina)?" Jawabannya adalah: "Karena *dross* mengandung banyak komponen yang dapat mengganggu proses elektrolisis dan memiliki efek negatif terhadap *pot lining*."

ALURES melakukan studi untuk mengidentifikasi:

- (i) Elemen kimia yang berasal dari *skimming salts* dan *fluxes* yang memiliki efek negatif terhadap sifat elektrokimia *bath*. Solusinya adalah dengan memodifikasi komposisi kimia *salts* dan *fluxes* untuk menghilangkan elemen seperti P dan K dari *dross*.
- (ii) Komponen *dross* yang tidak larut dalam *bath* elektrolisis (seperti AlN dan MgAl₂O₄) yang biasanya mengendap di bagian bawah pot sebagai *sludge*. Keberadaan *sludge* memberikan efek negatif terhadap distribusi arus dan meningkatkan drop tegangan katoda sehingga meningkatkan konsumsi energy. Maka solusinya adalah dengan cara menggunakan metode pendinginan yang cocok untuk menghindari pembentukan komponen di atas.
- (iii) Dimensi *dross* yang paling cocok untuk memudahkan proses *handling* dan *feeding* dalam *bath*. Solusinya adalah dengan mengendalikan parameter pendinginan seperti temperatur dan waktu.



Gambar 2. Flowsheet proses baru daur ulang *dross*

Proses eksperimen dilakukan sesuai *flowsheet* pada gambar 2. Proses baru ini pertama kali diuji coba pada plant ALUMIX di Portovesme (Sardinia) yang terdiri dari 28 pot dengan *dross* yang telah dimodifikasi dengan periode 6 bulan. Dari eksperimen tersebut diperoleh hasil sebagai berikut:

- (i) Logam aluminium yang terdapat dalam *dross* melebur dengan sangat cepat tanpa mengalami oksidasi. Sehingga efisiensi rekovernya sangat tinggi.
- (ii) Tidak ada tambahan konsumsi energi karena kalor sudah dihasilkan dari reaksi elektrolisis aluminium.
- (iii) Aluminium oksida dengan struktur yang telah dimodifikasi larut dengan mudah di dalam *bath* dan berubah menjadi aluminium metal dengan elektrolisis.
- (iv) Kriolit dan komponen *bath* lainnya dapat dikembalikan kembali ke dalam *bath*.

BAGIAN IV. KELEBIHAN METODE BARU

Proses baru untuk daur ulang *dross* menggunakan sel elektrolisis memiliki banyak kelebihan dalam berbagai aspek dibandingkan proses tradisional.

- *Efisiensi rekoveri*. Efisiensi rekoveri logam aluminium mencapai 90% sementara proses lain menunjukkan nilai maksimum 65-75%.
- *Aluminium oksida dan bath recovery*. Pada proses lain, oksida dan kriolit dibuang karena dianggap tidak bernilai, sedangkan pada proses ini oksida dan kriolit dapat digunakan kembali sebagai *raw material*.
- *Konsumsi energi*. Rekoveri aluminium diperoleh tanpa penambahan konsumsi energi karena energi yang digunakan berasal dari proses elektrolisis.
- *Tenaga kerja*. Pada proses tradisional dibutuhkan tenaga kerja untuk proses *crushing*, *screening* dan *remelting metal*, sedangkan pada proses baru ini hanya dibutuhkan tenaga kerja untuk transportasi *dross* dari *cooling equipment* ke *pot room* dan *feeding* ke dalam pot.
- *Biaya*. Biaya yang dapat dihemat menggunakan proses baru diperkirakan mencapai 700 USD per ton.
- *Investasi*. Tidak dibutuhkan investasi alat seperti halnya metode tradisional.
- *Ramah lingkungan*. Mendaur ulang *dross* menggunakan pot elektrolisis sangat ramah lingkungan karena tidak menghasilkan polutan dan tidak membutuhkan

tambahan energi. Bahkan dibandingkan proses tradisional, energi yang dapat dihemat mencapai 90 MJ per kilogram.

BAGIAN V. BATASAN

Proses daur ulang *dross* menggunakan pot elektrolisis ini memiliki batasan sebagai berikut:

- *Primary dross* lebih disukai karena lebih memungkinkan untuk memodifikasi komposisi dan strukturnya, sementara itu *secondary dross* memiliki senyawa tidak larut atau senyawa metal yang dapat mengontaminasi produk sel elektrolisis.
- Untuk menghindari peningkatan konten elemen tertentu dalam logam elektrolitik, maka komposisi kimia *dross* harus dikontrol dengan tepat.
- Jika dihasilkan paduan dengan kandungan unsur pepadu yang tinggi, tipe *dross* harus dipisahkan dan diproses dengan tepat pada sel tertentu.

KESIMPULAN

Setelah tiga tahun diaplikasikan dalam skala industri pada dua plant milik ALUMIX group, sudah didaur ulang sekitar 10.000 ton *dross* dengan total penghematan biaya mencapai USD 7 Milyar. Proses daur ulang *dross* menggunakan pot elektrolisis ini telah terbukti menjadi metode yang paling efisien dan ekonomis. Selain itu juga terbukti proses ini menjadi yang paling ramah lingkungan karena tidak menghasilkan polutan.

REFERENSI

- [1] Hector, J.M., Merced, J.M.R., Manuel, J.R.L., Oriana, A., Juan, V.P.S.R., 1997.
- [2] B. Dash, B.R. Das, B.C. Tripathy. *Acid Dissolution of Alumina from Waste Aluminium Dross*. 2008.
- [3] Innus, A.B., 1986. *The use of inert gas for dross cooling. Light Metals*, pp. 777-784.