

PENGARUH MASSA *FLUX* DAN WAKTU TAHAN *FLUXING* TERHADAP PENGURANGAN Mg PADA *RECYCLING* KALENG MINUMAN ALUMINIUM

Soesaptri Oediyani¹, Aflahal Putra Zain², Andinnie Juniarsih³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Email: s_oediyani@untirta.ac.id

ABSTRAK

Pemanfaatan pengolahan scrap kaleng minuman aluminium dapat digunakan sebagai bahan sekunder pada proses manufaktur produk aluminium. Ingot hasil daur ulang scrap kaleng minuman aluminium diharapkan dapat mengurangi biaya produksi, mengurangi polusi yang ditimbulkan serta dapat memenuhi kebutuhan aluminium di Indonesia. Penggunaan flux merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengurangi unsur pengotor pada aluminium paduan disamping itu flux dapat melindungi logam cair berikatan dengan oksigen. Di dalam penelitian ini digunakan scrap kaleng minuman yang terdiri dari scrap kaleng minuman berkarbonasi, isotonik dan penyegar. Pembuatan ingot dari bahan baku scrap kaleng minuman aluminium menggunakan variasi waktu tahan proses fluxing selama 60, 120, 180 dan 240 menit dan variasi penambahan massa flux sebanyak 5, 10 dan 15% dari total massa scrap. Kemudian dilakukan pengujian terhadap ingot yang dihasilkan untuk mengetahui persen penurunan kadar Mg dan perolehan Al menggunakan analisa teknik XRF, pengujian metalografi terhadap ingot untuk melihat strukturmikro hasil daur ulang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persen reduksi Mg tertinggi adalah 77,83% pada sampel penambahan 15% flux dengan waktu tahan selama 120 menit, perolehan Al tertinggi didapatkan sebesar 97,49% pada sampel penambahan 15% flux dengan waktu tahan 240 menit. Untuk nilai persen yield, recovery dan recycling efficiency, nilai tertinggi pada penambahan 10% flux dengan waktu tahan 180 menit dengan masing-masing nilai sebesar 98,82% untuk yield, 71,84% untuk recovery dan 70,53% untuk recycling efficiency.

Kata kunci: *scrap, flux, yield, recovery, recycling efficiency*

ABSTRACT

The utilization of aluminum beverage scrap processing can be used as a secondary material in the manufacturing process of aluminum products. Ingot recycled scrap aluminum beverage cans are expected to reduce production costs, reduce pollution generated and can meet the needs of aluminum in Indonesia. The use of flux is one of the methods used to reduce the impurity element on aluminum alloy beside that flux can protect molten metal binds to oxygen. In this study used scrap beverage cans consisting of carbonated beverage scrap cans, isotonic and refreshing. Ingot ingredients from scrap aluminum beverage cans using variation of fluxing resistance time for 60, 120, 180 and 240 minutes and

variations of flux mass increase of 5, 10 and 15% of total scrap mass. Then tested the resulting ingot to know the percent decrease of Mg and Al recovery using XRF technique, metallographic test to ingot to see recycled microstructure. The results showed that the highest reduction percentage of Mg was 77.83% in a sample of 15% flux addition with a duration of 120 minutes, the highest Al gain was 97.49% in the sample of 15% flux addition with 240 min. For percent yield, recovery and recycling efficiency, the highest value is 10% flux with 180 minutes of duration with 98.82% for yield, 71.84% for recovery and 70.53% for recycling efficiency.

Keywords: *scrap, flux, yield, recovery, recycling efficiency*

PENDAHULUAN

Kebutuhan aluminium di Indonesia pada tahun 2016 berada pada kisaran 899.000 ton. Sementara dari sisi suplai, ketersediaan pasokan dalam negeri masih sangat terbatas. Salah satu pabrik pemasok tunggal aluminium primer (*ingot*), dengan produksi 250.000 ton/tahun, hanya mampu menyediakan kebutuhan dalam negeri sebesar 103 ribu ton/tahun dan sebagian besar sisanya harus diekspor ke Jepang karena terikat dengan perjanjian kerjasama. Dengan demikian terdapat *gap supply-demand* aluminium dalam negeri dengan permintaan yang jauh melampaui pasokan, sehingga kekurangan permintaan diperoleh melalui impor (Hilman, 2014)

Aluminium primer (*ingot*) akan diolah kembali menjadi produk aluminium berupa aluminium *bar, rod, billet, slab* dan *strip*. Hasil produk aluminium akan menghasilkan logam aluminium yang digunakan dalam berbagai bidang, salah satunya pada bidang pengemasan minuman. Industri minuman kaleng berbahan aluminium berkembang pesat di Indonesia, hal tersebut dapat dilihat dari hasil produksi minuman kaleng berbahan aluminium pada tahun 2010 menghasilkan lebih dari 28.654,08 ton kaleng minuman (Frestia, 2010 dan Komala, 2010).

Adanya kebutuhan yang terus meningkat, dan produksi perusahaan aluminium primer tidak mampu untuk memenuhi kebutuhan tersebut, maka diperlukan proses yang dapat mengatasi kebutuhan aluminium dalam negeri. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah proses daur ulang dari kaleng minuman berbahan aluminium dengan cara *smelting* (peleburan). Kaleng minuman yang telah menjadi limbah tidak dapat didegradasi oleh tanah dan bahaya yang ditimbulkan oleh limbah kaleng minuman tidak hanya berdampak pada tanah, tetapi manusia dapat terkena dampak dari kaleng minuman. Salah satu dampaknya adalah penyakit kanker paru-paru dan hati, yang disebabkan karena serpihan limbah kaleng minuman (Material Safety Data Sheet, 2011 dan Bertram, 2005).

Proses daur ulang aluminium dapat menghemat hingga 95% dari energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan *ingot*, karena proses daur ulang satu kilogram aluminium dapat

menghemat sekitar 8 kilogram bauksit, 4 kilogram produk kimia dan 14 kilowatt/jam listrik (Alsaffar, 2008).

Proses daur ulang bertujuan untuk menghilangkan logam pengotor yang tidak diinginkan pada komposisi aluminium, karena pada limbah kaleng minuman terdapat beberapa logam seperti, magnesium (Mg), mangan (Mn), seng (Zn), besi (Fe), silikon (Si), serta beberapa logam lain yang terdapat pada paduan aluminium (Material Safety Data Sheet, 2011). Komposisi aluminium paduan dengan persentase Mg lebih dari 7% menyebabkan titik lebur logam menjadi menurun dan terjadi peningkatan kekerasan yang menghasilkan *hard spot*. Metode yang digunakan untuk menghilangkan logam pengotor pada proses peleburan adalah metode *fluxing*, yaitu perlakuan yang diberikan saat peleburan dengan menambahkan senyawa kimia pada peleburan aluminium. Proses *fluxing* dilakukan untuk meningkatkan kadar aluminium dan mengurangi kadar logam pengotor, dengan cara membentuk lapisan protektif diantara peleburan dan udara (Gilstad, 2013).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian mengenai peleburan *scrap* aluminium ini dilatarbelakangi oleh data yang didapat dari Kementerian Perindustrian, bahwa diperkirakan kebutuhan akan aluminium di Indonesia mencapai 899.000 ton pada tahun 2016 sedangkan produksi aluminium primer di Indonesia hanya memenuhi sebesar 103.000 ton yang berasal dari produsen tunggal, dan sisanya harus diimpor. Maka, dibutuhkan proses daur ulang *scrap* kaleng minuman, sehingga dapat memperkecil kegiatan impor aluminium.

Scrap kaleng minuman yang digunakan adalah *scrap* kaleng minuman berkarbonasi, isotonik, dan minuman penyegar yang memiliki persentase kandungan rata-rata aluminium sebesar 95% sehingga proses daur ulang lebih efisien. Proses daur ulang aluminium dapat menghemat hingga 95% dari energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan aluminium primer (*ingot*), karena proses daur ulang satu kilogram aluminium dapat menghemat sekitar 8 kilogram bauksit, 4 kilogram produk kimia dan 14 kilowatt/jam listrik. Penelitian yang dilakukan meliputi studi literatur dan beberapa tahap percobaan. Secara skematik, diagram alir metode penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.

2.1 Material

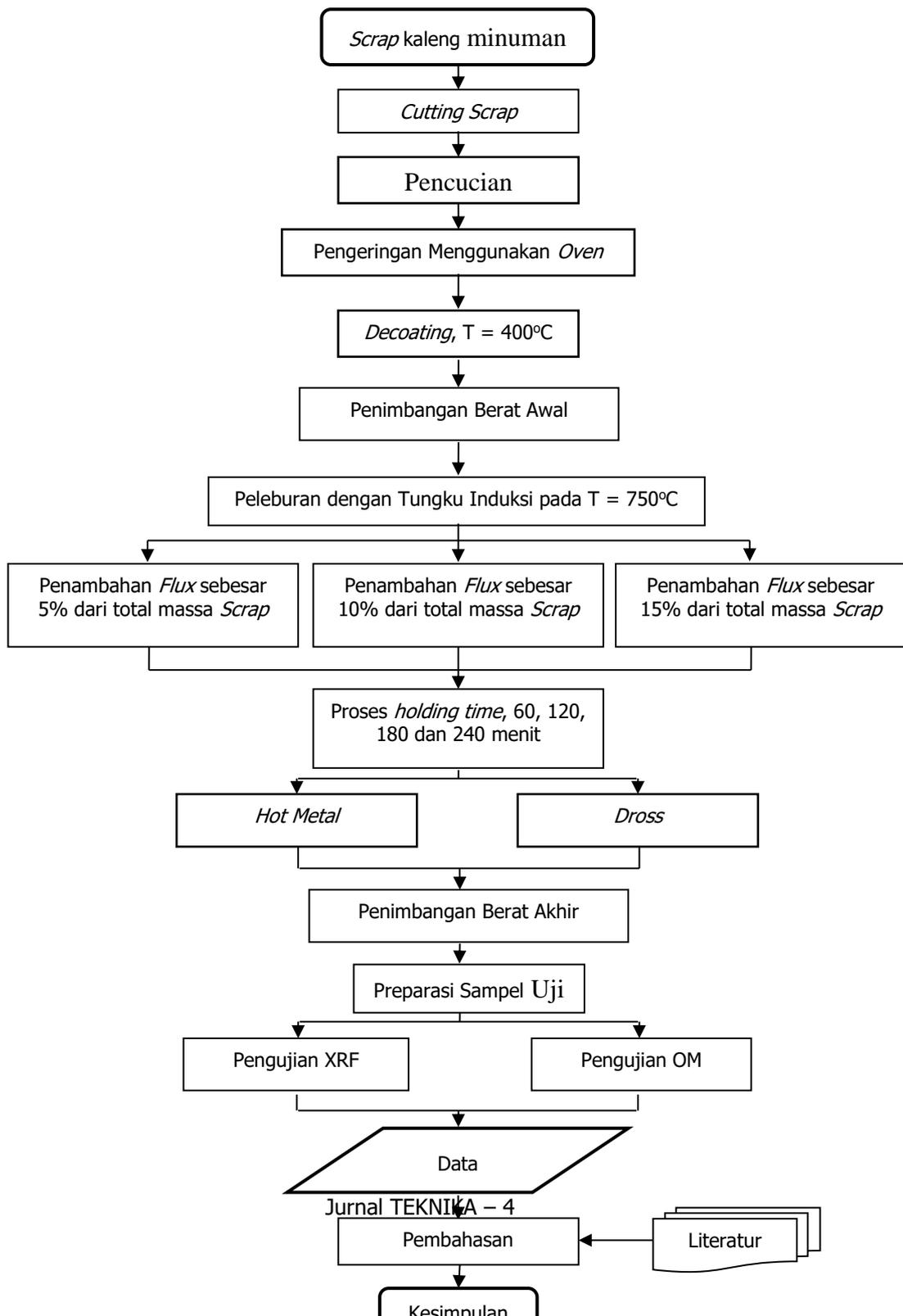
Scrap kaleng minuman aluminium yang digunakan terdiri dari 3 jenis yaitu kaleng minuman berkarbonasi, isotonik dan penyegar. Proses peleburan menggunakan tungku induksi dengan temperatur proses peleburan adalah 750°C. Pada Penelitian yang dilakukan proses daur ulang untuk mengurangi kadar Mg digunakan *flux* senyawa garam yaitu, KCl-NaCl dengan komposisi penggunaan 50% KCl dan 50% NaCl.

2.2 Proses Pemurnian

Proses pemurnian dilakukan dengan cara menambahkan *flux* KCl-NaCl kedalam peleburan *scrap* kaleng minuman untuk mengikat logam pengotor. *Flux* pada peleburan ditambahkan dengan variasi massa sebesar 5, 10 dan 15% dari massa total *scrap*. Proses *fluxing* diberikan waktu tahan untuk melihat pengaruh waktu terhadap pengurangan logam pengotor dan peningkatan perolehan Al. Waktu tahan yang diberikan selama proses *fluxing* yaitu selama 60, 120, 180 dan 240 menit. Hasil peleburan *scrap* di cetak dengan cetakan berukuran panjang 2,5 cm, lebar 2,5 cm dan tinggi 1 cm.

2.3 Karakterisasi Daur Ulang *Scrap* Kaleng Minuman Aluminium

Komposisi hasil peleburan *scrap* dilihat dengan menggunakan pengujian *X-Ray Fluorescence* (XRF) model WDXRF *Spectrometer*. Pengujian XRF digunakan untuk mengetahui perolehan Al dan pengurangan Mg dari hasil daur ulang *scrap* kaleng minuman. Mikrostruktur hasil peleburan dapat terbentuk dengan menggunakan larutan etsa yang tepat dan hasil tersebut dilihat menggunakan *Optical Microscope*. Tabel 1 menunjukkan komposisi kimia kaleng minuman aluminium.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

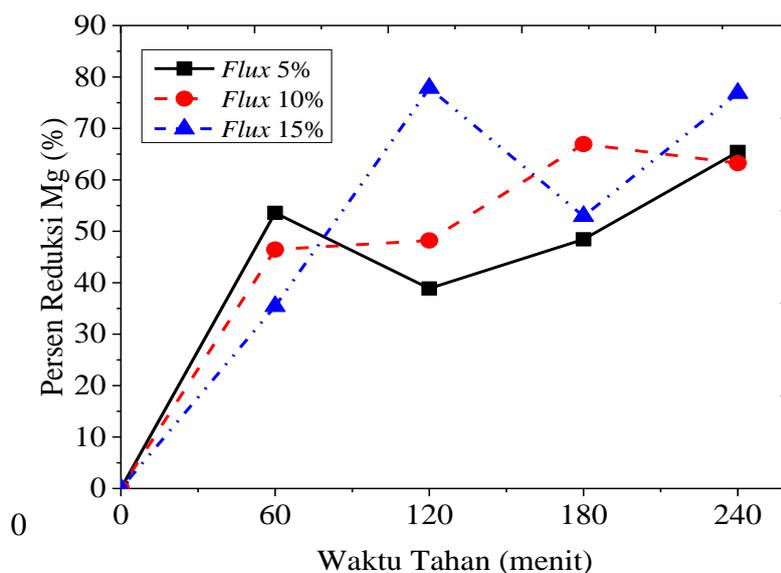
Tabel 1 Komposisi Kimia Scrap Kaleng Minuman Terbuat dari Aluminium

No	Nama Sampel	Unsur (%)							
		Cr	Cu	Fe	Mn	Si	Zn	Mg	Al
1	Sample Scrap 1	0,0228	0,1723	0,3013	0,6843	0,1781	0,0579	2,7103	95,7421
2	Sample Scrap 2	0,0217	0,1694	0,2688	0,6166	0,157	0,0465	3,497	95,114
3	Sampel Scrap 3	0,0202	0,1502	0,2586	0,6173	0,1524	0,0596	3,4508	95,1866
	Rata-rata	0,0216	0,1639	0,2763	0,6394	0,1625	0,0546	3,2193	95,3475

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Pengaruh Waktu Tahan Proses *Fluxing* terhadap Persen Reduksi Kadar Magnesium

Penelitian ini menggunakan variasi waktu tahan proses *fluxing* yaitu: 60, 120, 180 dan 240 menit dengan variasi massa *flux* yang digunakan yaitu 5, 10 dan 15% dari total massa *scrap*. Hasil penelitian dengan variasi waktu tahan diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Grafik Pengaruh Waktu Tahan *Fluxing* Terhadap Persen Reduksi Kadar Magnesium

Berdasarkan hipotesa dari penelitian yang dilakukan semakin lama waktu tahan proses *fluxing* maka persen reduksi Mg akan semakin meningkat dan data yang ditunjukkan dari Gambar 2 terlihat bahwa pada penambahan massa *flux* 5, 10 dan 15% semakin lama waktu tahan yang digunakan maka persen reduksi kadar Mg semakin meningkat. Data dari Gambar 2 menunjukkan bahwa hipotesa dari penelitian yang dilakukan sesuai dengan hasil praktek dari penelitian ini. Namun terdapat anomali pada penambahan *flux* 15% dengan waktu tahan selama 180 menit, dari grafik tersebut.

Reaksi kimia yang terjadi akan mempengaruhi berbagai nilai pada hasil proses peleburan *scrap* kaleng minuman aluminium, karena reaksi antar kimia mampu mempengaruhi penurunan kadar logam pengotor ataupun mampu menurunkan kadar logam berharga. Reaksi kimia yang terjadi masuk ke bagian faktor yang dapat menimbulkan anomali pada penelitian.

Gambar 2 menunjukkan peningkatan persen reduksi kadar Mg dari waktu tahan yang dilakukan, peningkatan tersebut terjadi karena logam Mg yang bereaksi dengan oksigen kemudian membentuk senyawa oksida MgO dan berikatan dengan Al₂O₃ yang ditunjukkan pada persamaan (3). Senyawa oksida yang dihasilkan dari persamaan (4) akan bereaksi dengan *flux* dan gas H₂O yang berasal dari udara di sekitar area peleburan sehingga mampu memisahkan logam Mg dari logam Al, dengan membentuk senyawa MgCl₂ dalam bentuk *dross* yang mengapung di atas permukaan logam cair, reaksi ini ditunjukkan pada persamaan (1) dan (2), menurut Estéfano Aparecido Vieira dkk tahun 2012 menjelaskan bahwa penghilangan unsur Mg dalam paduan logam aluminium dapat dilakukan dengan mereaksikan senyawa klorida atau oksidasi pada permukaan logam cair (Vieira, 2012)¹.



Dari reaksi yang terbentuk antara logam Al dan Mg dengan O₂ dapat menghasilkan lapisan pada permukaan logam cair sebagai pelindung, untuk menghindari logam cair bereaksi dengan udara. Namun hal lain yang terjadi akibat lapisan tipis tersebut adalah kadar logam Al akan menurun yang disebabkan karena berikatan dengan logam Mg dan O₂.

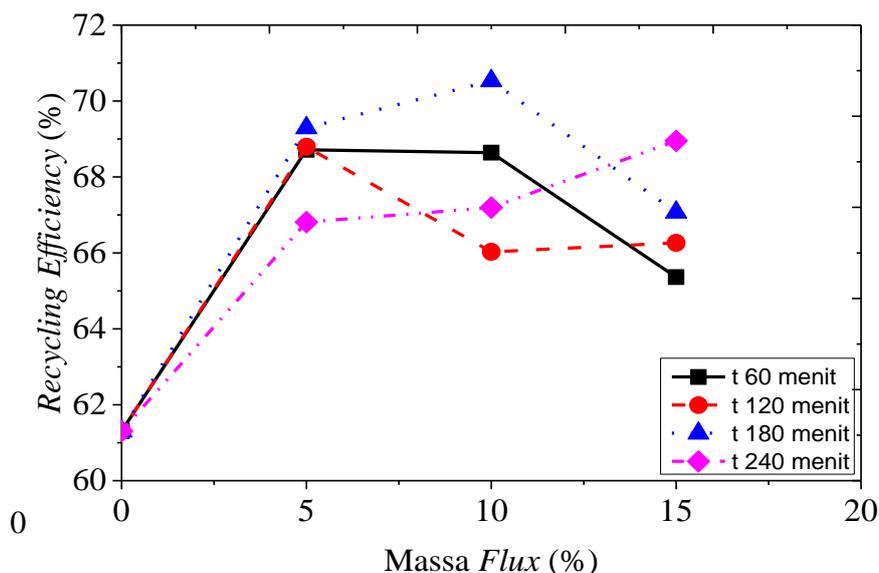
Faktor kimia lain yang dapat menyebabkan terbentuknya anomali adalah komposisi kimia yang berbeda antara komposisi tutup kaleng dengan badan kaleng. Standar yang digunakan untuk tutup kaleng minuman aluminium yaitu AA5182 dengan komposisi Mg berkisar 4-5%. Untuk badan kaleng memiliki standar AA3004 dengan komposisi Mg berkisar 0,8-1,3% dan kadar Mn sebesar 1-1,5% (Material Safety Data Sheet, 2011; Alsaffar, 2008; Totten, 2003; ASM vol.2, 2004; Cabden, 1994; Wotton, 1994; Ozer, 2013; Rabah, 2013). *Scrap* kaleng minuman dilebur dalam keadaan telah dipotong menjadi beberapa bagian kecil dan dicampur antara bagian tutup kaleng dengan badan kaleng. Tabel 1 menunjukkan komposisi *scrap* kaleng minuman dari 3 sampel *scrap* tanpa penambahan *flux*, dari ketiga sampel tersebut didapatkan komposisi yang berbeda. Data pada Tabel 1 menunjukkan perbedaan komposisi yang dapat menghasilkan anomali pada Gambar 2.

Dilihat dari hasil penelitian yang dilakukan dan disesuaikan dengan tujuan yang diinginkan yaitu terjadi proses reduksi pada unsur Mg lebih dari 50% menjadikan penelitian dikatakan cukup berhasil. Dengan berdasarkan data nilai reduksi tiap sampel, lebih dari setengahnya

mengalami reduksi unsur Mg di atas 50%, sehingga penggunaan proses *fluxing* layak dilakukan dalam sistem daur ulang *scrap* kaleng minuman aluminium.

3.2 Pengaruh Massa *Flux* dan Waktu Tahan *Fluxing* Terhadap Karakteristik Perolehan Al

Penggunaan massa *flux* akan mempengaruhi kemampuan *flux* dalam hasil daur ulang yang dilakukan, Gambar 3 menunjukkan pengaruh massa *flux* terhadap persentase *recycling efficiency* hasil peleburan *scrap* kaleng minuman.



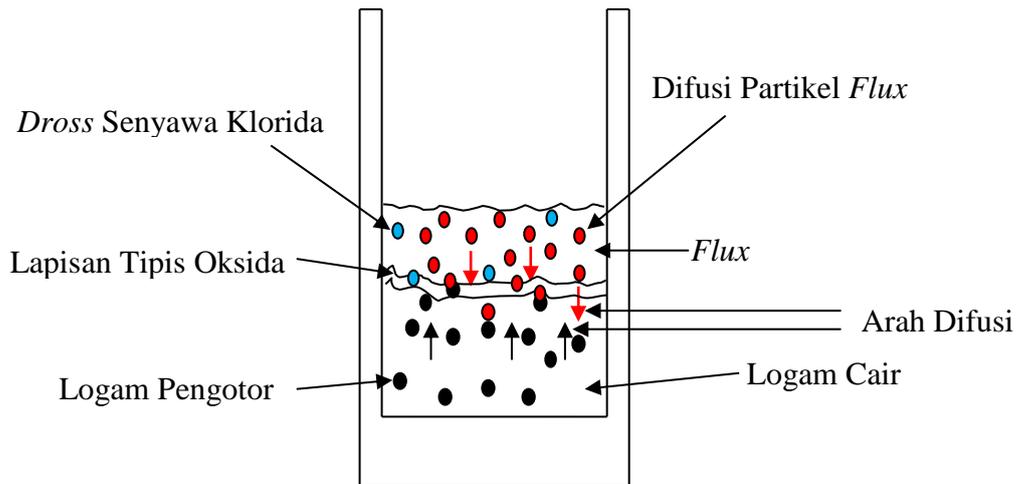
Gambar 3 Pengaruh Massa *Flux* Terhadap Persen *Recycling Efficiency*

Berdasarkan hipotesa dalam penelitian ini semakin banyak penambahan massa *flux* pada leburan logam maka nilai persen *recycling efficiency* akan semakin menurun, pernyataan ini juga diperkuat dengan adanya penelitian yang dilakukan oleh Gokhan Ozer dkk pada tahun 2013 dengan hasil maksimum dari penambahan massa *flux* berada pada penambahan 5% *flux* dari total massa *scrap* yang digunakan dan menyatakan bahwa penambahan *flux* lebih dari 5% akan menurunkan persentase *recycling efficiency* (Ozer, 2013). Namun Menurut G.O.Verran dan U.Kurzawa pada tahun 2007 dalam penelitiannya disebutkan bahwa penambahan massa *flux* akan meningkatkan persentase *recycling efficiency*, dengan catatan bahwa penggunaan maksimal adalah 10% *flux* dari total *scrap* yang digunakan, lebih dari itu maka persen *recycling efficiency* akan tetap stabil pada nilai penambahan *flux* 10% (Kurzawa, 2007).

Gambar 3 menunjukkan persen *recycling efficiency* paling tinggi berada pada penggunaan *flux* 10%, sedangkan pada penggunaan *flux* 15% nilai *recycling efficiency* menurun. Keadaan tersebut diakibatkan *flux* banyak menumpuk pada bagian dasar krusibel sehingga tidak mampu memaksimalkan kemampuan mengikat unsur Mg.

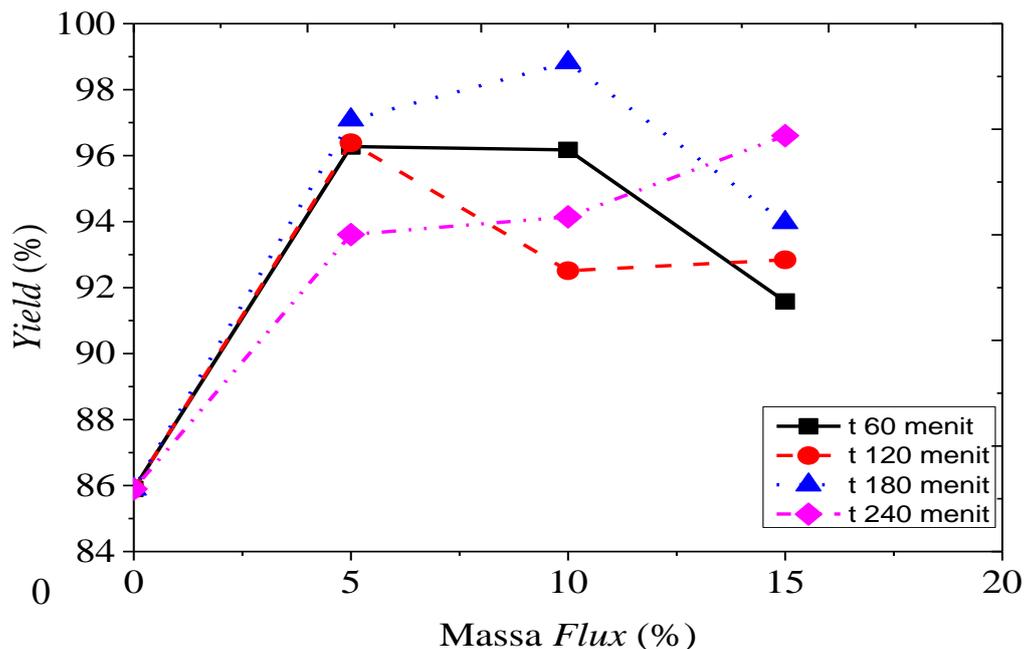
Gambar 4 menunjukkan gerak difusi partikel *flux* terhadap logam pengotor. Difusi pada partikel *flux* bertujuan untuk mengikat logam pengotor, mekanisme difusi ini disebut dengan mekanisme Difusi Crowdion. Mekanisme Crowdion adalah mekanisme dengan keadaan atom zat terlarut (atom *flux* pada Gambar 4) menuju larutan logam cair dengan menyebar secara

intersisial, keadaan ini hanya dapat dilakukan jika atom relatif lebih kecil dibandingkan dengan atom matriks. Jika atom lebih besar dibandingkan dengan atom matriks maka akan menghasilkan distorsi yang sangat besar jika melawati satu bagian intersisi ke intersisi yang lain. Namun lompatan atom dengan distorsi yang besar jarang terjadi (Shewmon, 1989).



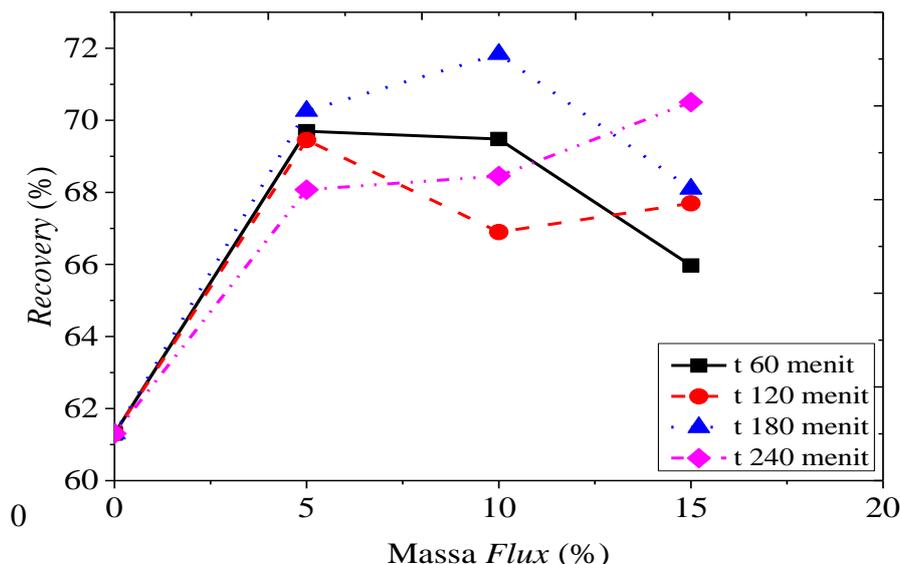
Gambar 4 Skematik Difusi Partikel Flux Dalam Mengikat Logam Pengotor

Pengaruh penambahan massa flux terhadap persen *yield* dan persen *recovery* berbanding lurus terhadap nilai persen *recycling efficiency* dan keadaan ini ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5 Pengaruh Massa *Flux* Terhadap Persen *Yield*

Keadaan yang berbanding lurus antara *recycling efficiency*, *yield* dan *recovery* berdasarkan pada penghitungan *ingot* hasil daur ulang *scrap* kaleng minuman dengan perbedaan pada masing-masing perhitungan dijelaskan pada Lampiran A Contoh Perhitungan. Pengaruh nilai yang dihasilkan oleh massa *flux* terhadap persen *yield* dan *recovery* tidak berbeda dengan nilai *recycling efficiency*, yaitu dengan penambahan massa *flux* maksimal hingga 10%, dengan berdasarkan hasil dari dua penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu oleh, G.O.Verran dengan U.Kurzawa pada tahun 2007 dan Gokhan Ozer dkk pada tahun 2013.



Gambar 6 Pengaruh Massa *Flux* Terhadap Persen *Recovery*

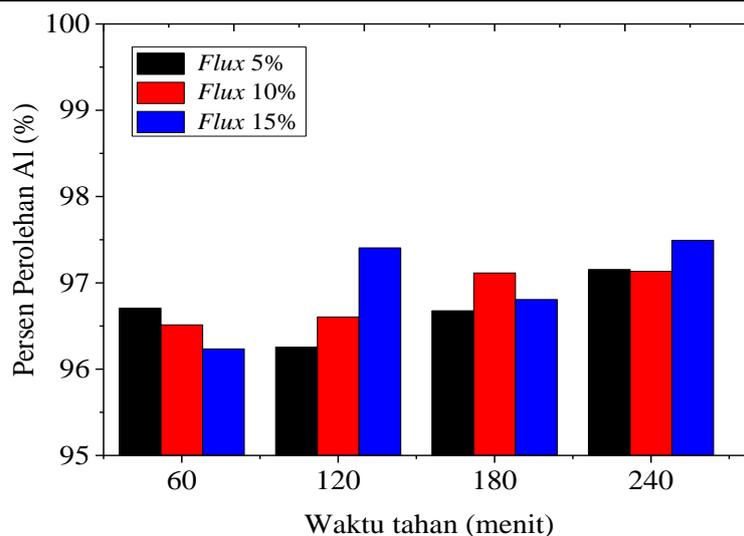
3.3. Pengaruh Massa *Flux* dan Waktu Tahan *Fluxing* Terhadap Karakteristik Perolehan Al

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dalam penggunaan *flux* pada peleburan *scrap* kaleng minuman aluminium didapatkan data mengenai persentase perolehan Al yang ditunjukkan pada Tabel 2. Data perolehan Al digunakan sebagai acuan untuk melihat pengaruh penambahan *flux* dan waktu tahan *fluxing* terhadap perolehan unsur Al yang ditunjukkan pada Gambar 7 dan 8.

Tabel 2 Massa *Ingot* dan Perubahan Persen Unsur Hasil Daun Ulang *Scrap* Kaleng Minuman Aluminium (F:penambahan massa *flux*, gram; H: waktu *fluxing*, jam)

No.	Sampel	Mg (%)	Al (%)	Massa <i>Ingot</i> (gram)
1	<i>Non Treatment</i> 1	2,71	95,74	55,739
2	<i>Non Treatment</i> 2	3,49	95,11	65,245
3	<i>Non Treatment</i> 3	3,45	95,18	62,936
4	F ₅ – H ₁	1,49	96,71	65,280
5	F ₅ – H ₂	1,97	96,25	65,356
6	F ₅ – H ₃	1,66	96,67	65,828
7	F ₅ – H ₄	1,11	97,15	63,470

8	F ₁₀ – H ₁	1,72	96,51	61,777
9	F ₁₀ – H ₂	1,67	96,61	59,425
10	F ₁₀ – H ₃	1,06	97,11	63,477
11	F ₁₀ – H ₄	1,18	97,13	60,475
12	F ₁₅ – H ₁	2,08	96,23	55,557
13	F ₁₅ – H ₂	0,71	97,41	56,325
14	F ₁₅ – H ₃	1,52	96,81	57,010
15	F ₁₅ – H ₄	0,74	97,49	58,608

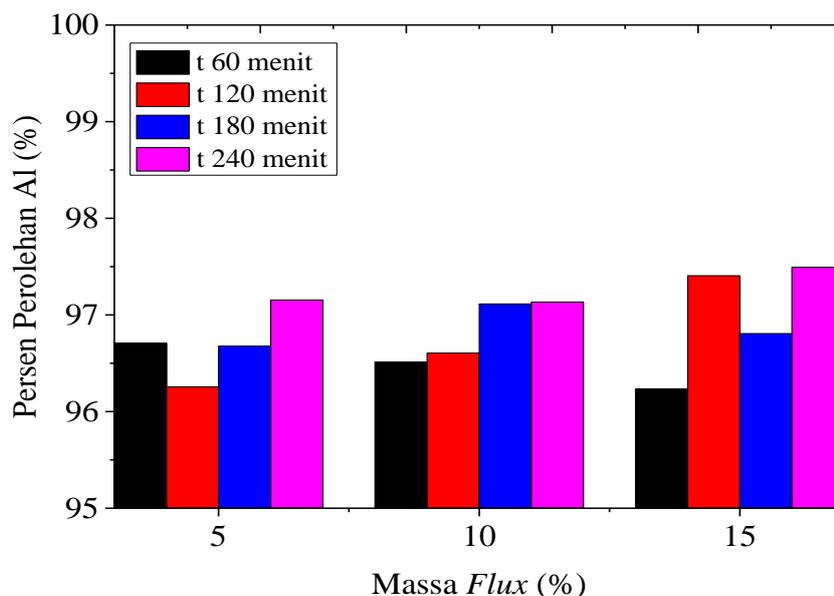


Gambar 7 Pengaruh Waktu Tahan *Fluxing* Terhadap Perolehan Alumunium

Berdasarkan hipotesa dalam penelitian ini maka semakin lama waktu tahan *fluxing* yang digunakan maka perolehan Al akan semakin meningkat. Dapat terlihat dari Gambar 7 bahwa semakin lama waktu tahan *fluxing* maka perolehan Al akan semakin meningkat. Keadaan ini disebabkan karena semakin lama waktu yang digunakan untuk proses *fluxing* maka proses pengikatan *flux* terhadap logam pengotor akan semakin meningkat (Utigard, 2001; Zhang, 2011; Bryant, 2015). Berdasarkan Gambar 7 nilai maksimum dari perolehan Al berada pada penambahan *flux* 15% dengan waktu tahan 240 menit yaitu sebesar 97,49%.

Pengaruh penambahan massa *flux* juga mempengaruhi hasil perolehan Al dari penelitian yang dilakukan. Gambar 8 menunjukkan pengaruh massa *flux* terhadap perolehan Alumunium.

PENGARUH MASSA *FLUX* DAN WAKTU TAHAN *FLUXING* TERHADAP PENGURANGAN MG PADA *RECYCLING* KALENG MINUMAN ALUMINIUM



Gambar 8 Pengaruh Massa *Flux* Terhadap Perolehan Aluminium

Menurut Gokhan Ozer dkk pada tahun 2013 pengaruh massa *flux* berada pada titik maksimum di penambahan *flux* 5%, kurang atau lebih dari penambahan 5% *flux* maka menghasilkan nilai perolehan Al lebih kecil dibandingkan dengan penambahan 5% (Vieira, 2012). Dari hasil penelitian ini dapat dilihat pengaruh massa *flux* terhadap perolehan Al pada Gambar 4.10, untuk hasil penambahan *flux* 10-15% menghasilkan peningkatan dalam perolehan Al, hal tersebut dapat dikaitkan dengan fungsi waktu tahan *fluxing* yang mempengaruhi kemampuan maksimal *flux* dalam mengikat logam pengotor. Keadaan ini berasal dari jumlah *flux* yang lebih tinggi sehingga penggunaan *flux* yang lebih banyak dapat dimaksimalkan. Berbeda dengan penggunaan waktu tahan 60 menit yang semakin banyak penambahan *flux* perolehan Al semakin menurun. Keadaan tersebut diakibatkan tidak maksimalnya kemampuan *flux* dalam mengikat logam pengotor, karena waktu yang diberikan lebih sedikit.

Dari hasil dari proses daur ulang *scrap* kaleng minuman dengan variasi penambahan massa *flux* dan waktu tahan *fluxing* maka tujuan yang diinginkan belum tercapai karena dari hasil penelitian ini perolehan aluminium maksimal yang mampu didapatkan hanya sebesar 97,49% sedangkan tujuan yang ingin dicapai adalah menghasilkan bahan baku anoda korban, dengan komposisi aluminium sebesar 99%. Namun hipotesa dari penelitian ini telah terbukti bahwa penggunaan waktu tahan *fluxing* akan meningkatkan perolehan aluminium dan penurunan pengotor akan semakin tinggi persen reduksinya. Karakteristik perolehan aluminium hasil daur ulang kaleng minuman dapat dilihat dalam bentuk struktur mikro yang ditunjukkan pada Gambar 9.

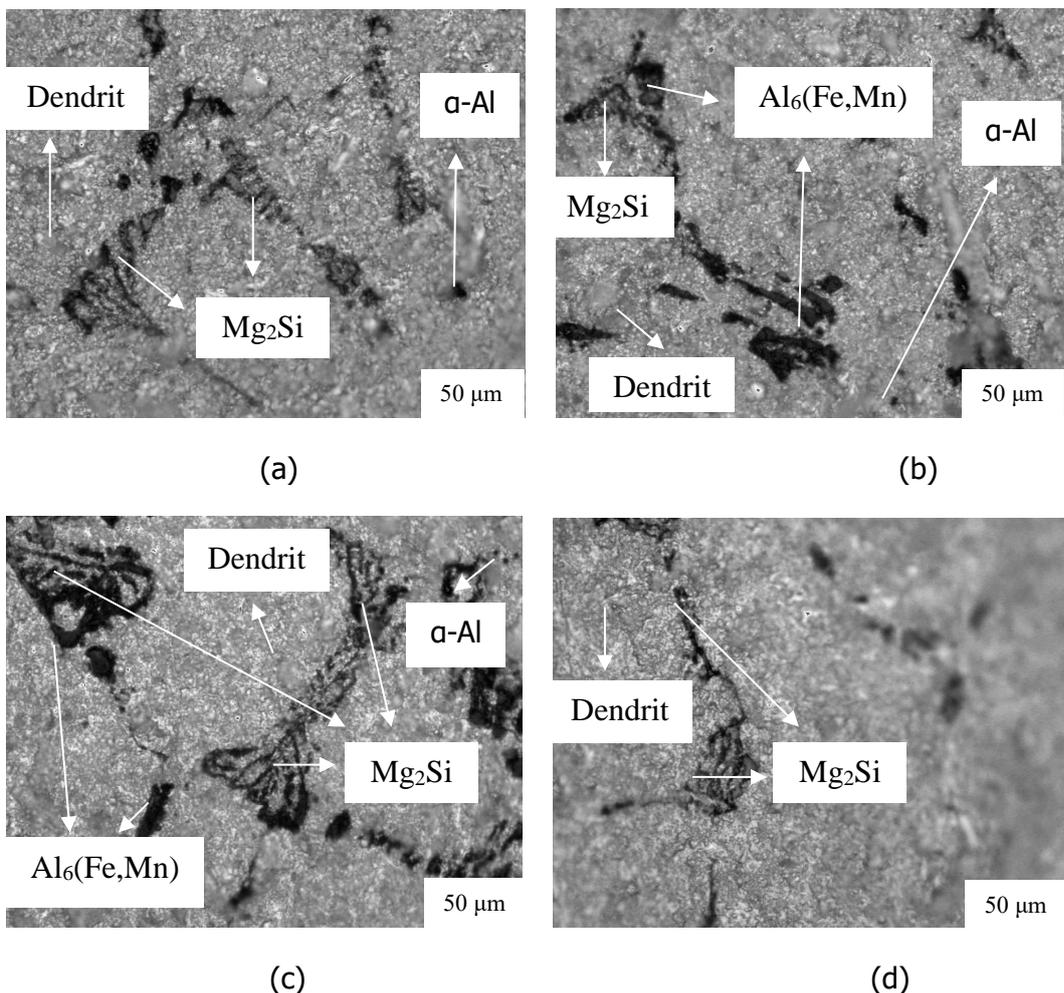
Hasil metalografi yang dilakukan dipilih 3 sampel untuk mewakili dari keseluruhan sampel penelitian sebagai pembandingan berdasarkan pengaruh nilai reduksi Mg dan perolehan Al terhadap bentuk struktur mikro. Sampel yang diperbandingkan yaitu sampel F15H1 (minimum), F15H2 (maksimum reduksi Mg), F15H4 (maksimum perolehan Al) dan *non treatment* yang ditunjukkan Gambar 4.12.

Berdasarkan Gambar 9 bentuk struktur mikro hasil peleburan *scrap* kaleng minuman terdapat perbedaan fasa antara sampel setelah *treatment* dan sampel sebelum *treatment*. Dapat dibandingkan strukturmikro antara Gambar 9 (i), (j), (l) dan (m). Berdasarkan Gambar 9 (i),

(l) dan (m) dapat dilihat fasa dominan yang terbentuk adalah fasa Mg_2Si . Fasa Mg_2Si dominan dimiliki pada paduan Al-Mg, dengan komposisi Mg 2-5%, bentuk dari fasa Mg_2Si seperti tulisan cina atau bentuk tulang ikan (ASM vol 2 & 9, 2004; Liu, 2016). Hasil pengujian XRF yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 menjelaskan bahwa komposisi Mg untuk Gambar 4.12 (a) dan (d) dominan untuk terbentuknya fasa Mg_2Si dan terbukti dari hasil metalografi yang menunjukkan mikrostruktur dari Gambar 9 (a) dan (d) fasa yang terbentuk adalah fasa dominan Mg_2Si .

Gambar 9 sampel (b) Fasa dominan yang terbentuk adalah fasa intermetalik $Al_6(Fe, Mn)$ dan sedikit fasa Mg_2Si . Fasa $Al_6(Fe, Mn)$ terbentuk karena kandungan Mn lebih tinggi dari pada kandungan Mg. Keadaan ini disebabkan oleh proses *treatment* yang dilakukan dengan tujuan menghilangkan kandungan Mg. Peningkatan kadar Mn menghasilkan fraksi intermetalik eutektik. Keadaan tersebut terjadi selama pembekuan berlangsung dengan lambat dan menghasilkan fasa intermetalik $Al_6(Fe, Mn)$ sebagai fasa utama (Liu, 2016).

Pada Gambar 9 (c) juga memiliki fasa $Al_6(Fe, Mn)$ namun fasa yang lebih dominan adalah fasa Mg_2Si , keadaan ini disebabkan karena adanya penumpukkan kadar Mg di beberapa tempat yang menyebabkan terbentuknya fasa Mg_2Si . Dari keseluruhan gambar mikrostruktur pada setiap sampel tampak terlihat banyaknya dendrit yang terbentuk. Dendrit tersebut muncul karena hasil proses coran. Ingot hasil penelitian dibentuk dengan cara pengecoran, oleh karena itu memang seharusnya terbentuk dendrit dari hasil coran pada setiap sampel (ASM vol 9, 2004).



Gambar 9 Struktur mikro. (a) F15H1(Minimum), (b) F15H2 (Maksimum Reduksi Mg), (c) F15H4 (Maksimum Perolehan Al) dan (d) *Non Treatment*. Perbesaran 500x.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa penambahan massa *flux* dan penggunaan waktu tahan proses *fluxing* dapat meningkatkan perolehan Al dan mengurangi kadar Mg pada paduan *scrap* kaleng minuman aluminium, karena semakin lama waktu tahan diberikan maka perolehan Al semakin tinggi dan pengurangan kadar Mg semakin besar begitu pula dengan penambahan massa *flux* yang digunakan.

DAFTAR RUJUKAN

- Qomarsono, Hilman. 2014. "Prosepek PT Inalum Pasca Pengambilalihan oleh Pemerintah".
- Izhar, Frestia. Asep Mohammad Noor. 2010. Mempelajari Proses Produksi minuman Coca-Cola pada PT. Coca-Cola Bottling Indonesia. Universitas Gunadarma. Indonesia
- Sari, Komala. 2010. Kuat dan Lemahnya Perusahaan Pocari Sweat. Jakarta. Indonesia.
- Material Safety Data Sheet*. 2011. *Used Beverage Container Scrap, Version1*. Tri-Arrow Aluminium Inc.
- Boin, U.M.J, M. Bertram. 2005. *Melting Standardized Aluminium Scrap: A Mass Balance Model for Europe*. European Aluminium Association and Organisation of European Aluminum Refiners and Remelters. Brussels, Belgium.
- Kiffaya Abood AlSaffar dan Layla M.H.B. 2008. *Recycling of Aluminium Beverage Cans*. Materials Engineering Dept. Al-Mustansiriya University. Baghdad, Iraq.
- Gro Gilstad. 2013. *Life Cycle Assessment of Secondary Aluminium Refining*. Norwegian University of Science and Technology.
- George E.Totten, D.Scott MacKenzie. 2003. *Handbook of Aluminium Vol.1, Physical Metallurgy and Processes*. Marcel Dekker, Inc. New York – Basel
- ASM Metals Handbook. 2004. Volume 2 Properties and Selection: *Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials*.
- Ron Cobden. 1994. TALAT (*Training in Aluminium Application Technology*) Lecture 1501, *Aluminium: Physical Properties, Characteristics and Alloys*. Alcan, Banbury.
- ASM Metals Handbook Volume 9. *Metallography and Microstructures*. 2004.
- Estéfano Aparecido Vieira, dkk. 2012. *Use of Chlorine to Remove Magnesium from Molten Aluminium*. Department of Metallurgical and Materials Engineering. Brazil.
- Eric Wotton. 1994. TALAT (*Training in Aluminium Application Technology*) Lecture 3710, Case Study on Can Making. Alcan Deutschland GmbH, Göttingen.

- Gokhan Ozer, dkk. 2013. *The Effects of Proses Parameters on the Recycling Efficiency of Used Aluminium Beverage Cans (UCBs)*. Istanbul, Turki.
- Mahmoud A. Rabah. 2003. *Preparation of Aluminium-magnesium Alloys and Some Valuable Salts from Used Beverage Cans*. Cairo, Mesir.
- G.O. Verra dan U. Kurzawa. 2007. *Experimental Study of Aluminium Can Recycling Using Fusion in Induction Furnace*. Santa Carolina. Brazil.
- Paul Shewmon. 1989. *Diffusion in Solid, Second Edition*. Minerals, Metals & Materials Society.
- T.A. Utigard. 2001. *Properties of Fluxes Used in Molten Aluminium Processing*. University of Toronto, Ontario, Canada.
- Lifeng Zhang, dkk. 2011. *Removal of Impurity Element from Molten Aluminium: A Review*. Department of Science and Technology. Rolla, Missouri, USA.
- Michael Bryant, MQP Ltd. 2015. *Fused Refining Fluxes and Their Reaction Kinetics*. Aluminium Smelting Industry.
- Michael Bryant, MQP Ltd. 2015. *Fused Refining Fluxes and Their Reaction Kinetics*. Aluminium Smelting Industry.
- Yulin Liu, dkk. 2016. *Effect of Mn and Fe on the Formation of Fe and Mn Rich Intermetallics in Al-5Mg-Mn Alloys Solidified Under Near-Rapid Cooling*. Shenyang Aerospace University. Shenyang, China.