

PENGARUH TEMPERATUR DAN MASSA *FLUXING* TERHADAP PENURUNAN KADAR PENGOTOR PADA PROSES PEMURNIAN ALUMINIUM DENGAN BAHAN BAKU LIMBAH KALENG MINUMAN

Nova Dwi Prihadi^{1,a}, Andinnie Juniarsih, ST., MT.¹ dan Tiara Triana, ST., MT.¹

¹ Jurusan Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Indonesia

andprihadi@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan aluminium di Indonesia pada tahun 2015 mencapai sekitar 800 ribu ton/tahun. Jumlah ini tidak diiringi dengan produksi aluminium primer yang hanya sekitar 300 ribu ton/tahun di Indonesia. Salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah dengan mendaur ulang limbah berbahan dasar aluminium. Limbah yang digunakan sebagai bahan baku dalam penelitian ini adalah kaleng minuman yang dihancurkan terlebih dahulu. Proses peleburan dilakukan menggunakan *induction furnace* dengan penambahan *flux* untuk meningkatkan kadar aluminium dan mengurangi kadar pengotor di dalam limbah tersebut. *Flux* yang digunakan dalam peleburan adalah 1:1 (NaCl:KCl) dengan variasi penambahan *flux* 5, 10 dan 15%. Temperatur peleburan pada percobaan adalah 750, 800 dan 850°C. Analisis XRF dilakukan untuk mengetahui kadar dari sampel hasil peleburan. Analisis SEM-EDS dilakukan untuk melihat struktur mikro dan kadar pada *base* sampel hasil peleburan. Kenaikan temperatur peleburan pada proses *fluxing* dapat membuat proses menjadi lebih efektif, temperatur peleburan paling optimum didapatkan pada 800°C. Penambahan massa *flux* pada proses *fluxing* dapat membuat proses menjadi lebih efektif, penambahan massa *flux* paling optimum didapatkan pada penambahan 10% *flux*. Sampel dengan temperatur peleburan 800°C dengan penambahan 10% *flux* dapat meningkatkan kadar Al mencapai 97,1899% dan mereduksi Mg sampai 1,0335% hasil ini didukung oleh analisis SEM-EDS pada bagian *base* sampel 800-10 yang menunjukkan kadar Al pada sampel tersebut merupakan unsur paling dominan. Sampel 800-10 merupakan sampel paling efektif pada penelitian ini.

Kata kunci: Daur Ulang, Aluminium, *Fluxing*, Pengotor.

PENDAHULUAN

Kebutuhan aluminium untuk industri di Indonesia pada tahun 2015 mencapai 600 ribu sampai 800 ribu ton. Jumlah tersebut hanya mampu dipenuhi oleh produksi aluminium dalam negeri sekitar 260 ribu ton per tahun^[1]. Salah satu industri yang menggunakan bahan baku aluminium adalah industri otomotif yang tentunya berkaitan dengan sifat aluminium yang ringan, tahan terhadap korosi dan kekuatan yang baik. Penggunaan material berbahan dasar aluminium dapat mereduksi bobot mobil hingga 40%, pengurangan bobot tersebut dapat menurunkan konsumsi bahan bakar. Kebutuhan *casting* komponen otomotif berbahan dasar aluminium mencapai 120 ribu ton, tetapi hanya separuh dari jumlah tersebut yang mampu dipenuhi oleh industri dalam negeri.

Salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan aluminium tersebut adalah dengan mendaur ulang limbah berbahan dasar aluminium. Limbah aluminium yang dapat didaur ulang salah satunya adalah limbah kaleng minuman. Proses yang dilakukan adalah peleburan ulang (*remelt*) dengan menambahkan *flux*. *Flux* adalah senyawa yang ditambahkan ke dalam leburan aluminium untuk mengikat pengotor yang berasal dari limbah aluminium menjadi *dross*. *Flux* yang digunakan adalah garam NaCl dan KCl.

Proses produksi daur ulang aluminium dapat menghemat energi yang sangat besar. Proses daur ulang memiliki efisiensi energi sebesar 2,8 kWh/kg aluminium sementara produksi aluminium primer dari bijih bauksit membutuhkan 45 kWh/kg aluminium^[2]. Selain faktor ekonomi, proses daur ulang limbah aluminium sangat penting untuk menjaga lingkungan.

Aluminium daur ulang mempunyai beberapa hal yang harus dipenuhi seperti proses produksi dengan kestabilan komposisi kimia yang diinginkan, mengurangi jumlah energi yang dibutuhkan, mengurangi jumlah limbah dari proses produksi dan membuat produk yang baik dengan kemungkinan biaya termurah dalam prosesnya. Keberhasilan proses daur ulang limbah aluminium dipengaruhi beberapa faktor seperti tempat penyuplai limbah aluminium, pembangunan infrastruktur untuk pengumpulan limbah aluminium, metode daur ulang yang harus lebih kompetitif dari segi ekonomi dibandingkan dengan produksi aluminium primer dan target pasar dari produk hasil daur ulang. ^[3]

Fluxing merupakan perlakuan yang dilakukan saat menambahkan senyawa kimia ke dalam leburan aluminium ^[4,5]. Senyawa kimia ditambahkan untuk menghilangkan pengotor digolongkan menjadi tiga bagian:

1. Bereaksi dengan logam pengotor, membuat senyawa padat yang mengendap pada leburan.
2. Bereaksi dengan logam pengotor membuat senyawa kurang padat yang menjadi bagian dari terak/*dross*.
3. Menaikan fluiditas/mampu basah dari leburan.

Karakterisasi dari beberapa material *flux* ditunjukkan oleh **Tabel 1**.

Tabel 1 Karakterisasi Material *Flux*

	<i>Molecular Gas</i> (g/mol)	<i>Solid Density</i> (g/cm ³)	<i>Melting Point</i> (°C)	<i>Boiling Point</i> (°C)
NaCl	58,44	2,165	801	1.413
KCl	74,56	1,984	770	1.500
LiCl	43,39	2,068	605	1.325
AlF ₃	83,98	2,882	-	1.291
Na ₃ AlF ₆	209,94	2,9	1.010	-

Mengacu pada salah satu fungsi *flux* sebagai senyawa yang ditambahkan untuk mengikat pengotor, maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan massa *flux* dan temperatur peleburan untuk mengurangi kadar pengotor. Kemudian mengetahui apakah material hasil daur ulang limbah kaleng minuman dengan metode *fluxing* dapat digunakan sebagai material Aluminium 6061.

METODOLOGI PENELITIAN

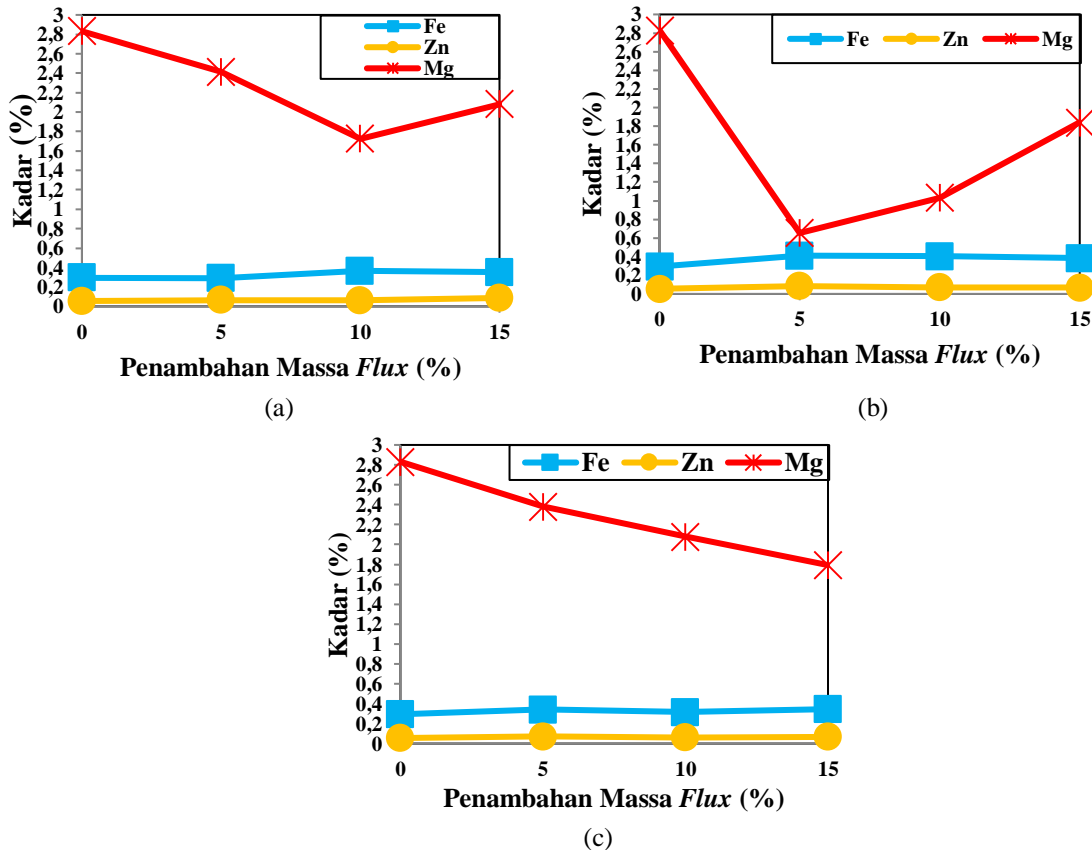
Limbah kaleng minuman terlebih dahulu dihancurkan menjadi bagian yang lebih kecil. kemudian limbah kaleng minuman dicuci untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada kaleng minuman. Setelah itu, limbah masuk kedalam proses *decoating*. *Decoating* dilakukan dengan cara memanaskan limbah kaleng minuman pada temperatur 400°C selama 30 menit. Limbah kaleng minuman yang telah melalui proses *decoating* kemudian ditimbang sesuai dengan kebutuhan sampel. Proses peleburan dilakukan dengan variasi penambahan *flux* 5, 10 dan 15% dengan temperatur 750, 800 dan 850°C. Secara lengkap perlakuan yang dilakukan pada masing-masing sampel ditunjukkan oleh **Tabel 2**.

Tabel 2 Perlakuan Pada Setiap Sampel

Sampel	Bahan Baku (gr)	Flux NaCl:KCl (1:1) (gr)	T (°C)	t (Menit)
NT-1	100	-	750	-
NT-2	100	-	750	-
NT-3	100	-	750	-
750-5	95	5	750	60
750-10	90	10	750	60
750-15	85	15	750	60
800-5	95	5	800	60
800-10	90	10	800	60
800-15	85	15	800	60
850-5	95	5	850	60
850-10	90	10	850	60
850-15	85	15	850	60

Hasil dari proses peleburan kemudian dianalisis menggunakan alat XRF ARL OPTIM'X WDXRF *spectrometer* untuk mengetahui komposisi kimia yang dihasilkan setelah proses *fluxing*. Analisis SEM-EDS dilakukan dengan alat JEOL JSM-6390A untuk mengetahui struktur mikro dan komposisi kimia dari sampel hasil peleburan. Hasil dari pengujian ini kemudian dianalisis untuk mengetahui pengaruh penambahan flux terhadap pengurangan kadar pengotor pada limbah kaleng minuman.

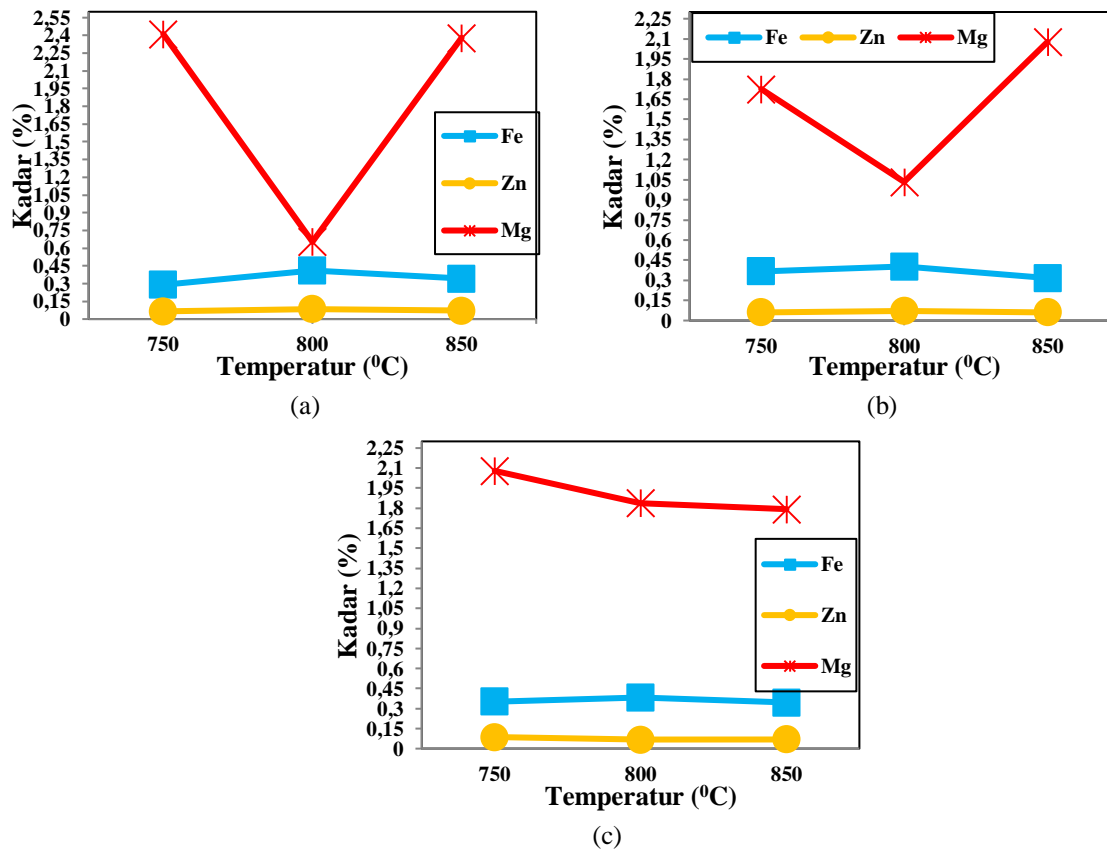
HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1 Pengaruh Penambahan Massa Flux Pada Temperatur (a) 750°C (b) 800°C (c) 850°C

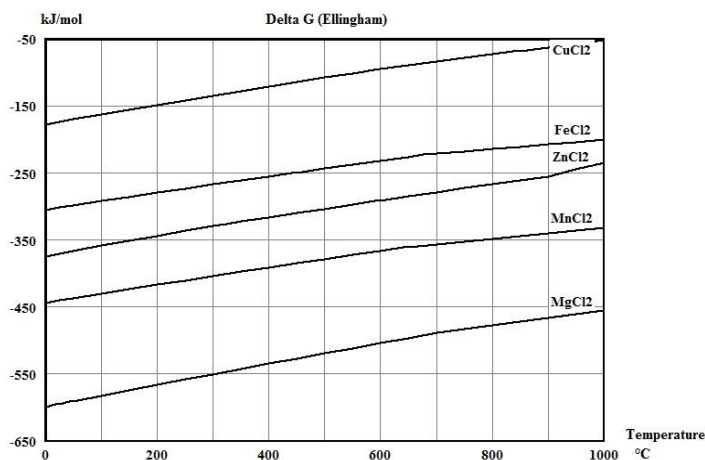
Berdasarkan penelitian yang dilakukan M. A. Rabah dan G. O. Verran diketahui bahwa ketika massa flux yang digunakan pada proses *fluxing* bertambah banyak, maka proses *fluxing* akan berlangsung semakin efektif untuk mengurangi kadar pengotor Mg pada proses daur ulang limbah aluminium^[6, 7]. Untuk pengotor Fe dan Zn tidak mengalami perubahan yang signifikan pada pengaruh penambahan massa flux. Hal ini sesuai dengan data yang ditampilkan pada **Gambar 1**, tetapi terjadi anomali pada sampel 750-15, 800-5 dan 800-15. Anomali yang terjadi dapat disebabkan oleh faktor pengadukan dan faktor waktu *fluxing* saat proses berlangsung.

Pengadukan sampel saat awal peleburan menjadi salah satu faktor penting. Pengadukan saat awal peleburan yang tidak homogen dapat menyebabkan sampel bertumpuk di bagian bawah leburan dan kurang sempurnanya proses peleburan. Hal ini mengakibatkan sampel yang bereaksi dengan flux menjadi lebih sedikit sehingga proses berjalan kurang efektif. Selain itu, akibat tidak adanya pengadukan maka akan timbul resiko penumpukan flux ketika jumlah flux yang digunakan dalam proses peleburan semakin banyak. Waktu peleburan juga menjadi salah satu faktor penting efektivitas proses *fluxing*. Ketika jumlah flux yang digunakan semakin banyak maka dibutuhkan waktu yang lebih lama juga agar flux dapat bereaksi sempurna dengan leburan aluminium.



Gambar 2 Pengaruh Kenaikan Temperatur Peleburan Pada Penambahan Massa Flux (a) 5% (b) 10% (c) 15%

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh M. A. Rabah dan G. O. Verran diketahui bahwa ketika temperatur peleburan yang digunakan pada proses *fluxing* bertambah tinggi, maka proses *fluxing* akan berlangsung semakin efektif untuk mengurangi kadar pengotor Mg pada proses daur ulang limbah aluminium^[6, 7]. Untuk pengotor Fe dan Zn tidak mengalami perubahan yang signifikan pada kenaikan temperatur peleburan, sesuai dengan data yang ditampilkan pada **Gambar 2**. Hal ini dipengerahui oleh nilai ΔG^0 dari pembentukan senyawa klorida yang ditunjukkan pada **Gambar 3**. Terjadinya anomali pada sampel 850-5 dan 850-10 disebabkan adanya porositas pada sampel hasil peleburan. Porositas yang terjadi dapat membuat analisis XRF menjadi kurang efektif karena permukaan sampel menjadi berlubang. Selain itu faktor pengadukan dan waktu peleburan yang telah dijelaskan sebelumnya dapat menjadi faktor terjadinya anomali.

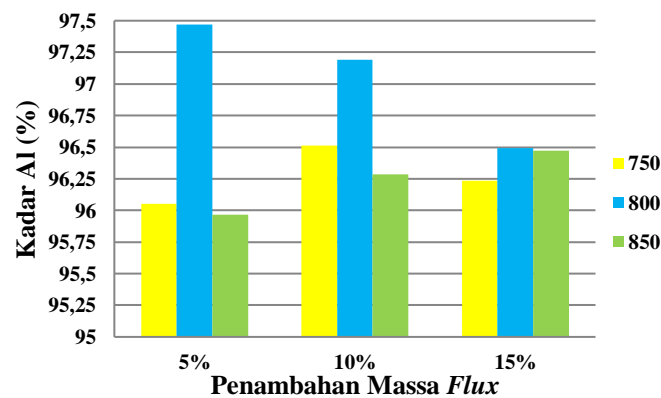


Gambar 3 Diagram Ellingham Pembentukan Senyawa Klorida

Berdasarkan **Gambar 3** dapat diketahui bahwa reaksi pembentukan $MgCl_2$ mempunyai nilai ΔG^0 paling negatif kemudian diikuti oleh $AlCl_3$, $ZnCl_2$, $FeCl_2$ dan $CuCl_2$. Reaksi antara *flux* dan pengotor akan lebih spontan pada unsur dengan nilai ΔG^0 yang paling negatif. Hal ini yang menyebabkan proses *fluxing* menggunakan garam KCl dan NaCl hanya efektif untuk mengurangi unsur Mg di dalam leburan. Sementara Fe dan Zn relatif tidak mengalami perubahan yang signifikan karena mempunyai nilai ΔG^0 yang lebih besar dibandingkan unsur Mg. Nilai ΔG^0 dari reaksi yang terjadi pada temperatur $800^{\circ}C$ yang dibuat menggunakan *software* HSC ditunjukkan oleh **Tabel 3**.

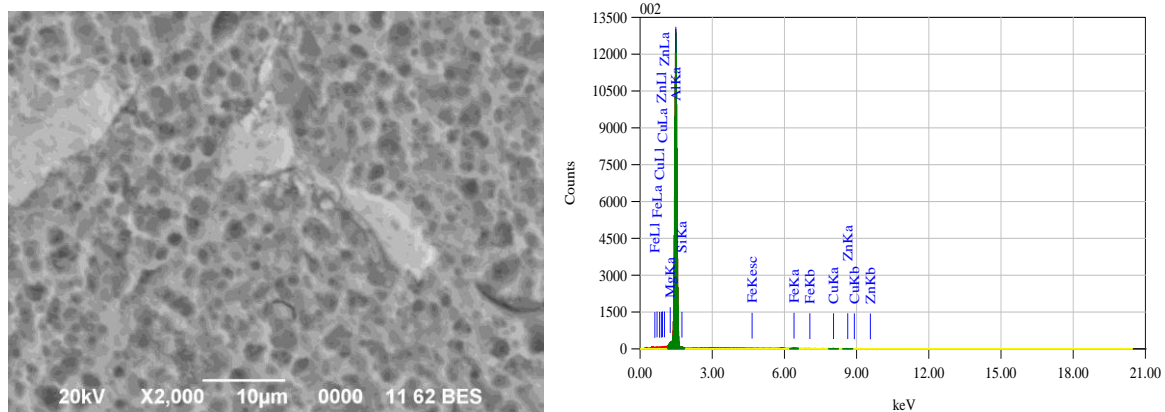
Tabel 3 Nilai ΔG^0 pada Temperatur $800^{\circ}C$

Reaksi	Temperatur ($^{\circ}C$)	ΔG^0
$Mg + Cl_2 \rightarrow MgCl_2$	800	-477,122
$\frac{2}{3}Al + Cl_2 \rightarrow \frac{2}{3}AlCl_3$	800	-330,816
$Zn + Cl_2 \rightarrow ZnCl_2$	800	-266,622
$Fe + Cl_2 \rightarrow FeCl_2$	800	-214,224
$Cu + Cl_2 \rightarrow CuCl_2$	800	-72,841



Gambar 4 Kadar Aluminium Pada Setiap Sampel Peleburan

Berdasarkan **Gambar 4** dapat diketahui bahwa temperatur peleburan paling efektif untuk meningkatkan kadar aluminium adalah $800^{\circ}C$. Sampel 800-5 mempunyai kadar aluminium tertinggi dari penelitian yang dilakukan, tetapi adanya anomali yang terjadi pada sampel ini membuat sampel ini menjadi kurang efektif. Sampel 800-10 merupakan sampel dengan efektivitas proses terbaik. Hal ini ditunjukkan oleh kadar aluminium yang didapatkan sebesar 97,1899% dan reduksi kadar pengotor Mg menjadi 2,8135%. Hasil ini didukung oleh analisis SEM-EDS yang menunjukkan bahwa kadar aluminium pada bagian *base* merupakan unsur paling dominan pada sampel 800-10. Hasil analisis SEM-EDS sampel 800-10 ditunjukkan oleh **Gambar 5**.



Gambar 5 Hasil Analisis SEM-EDS Sampel 800-10

Tabel 4 Perbandingan Sampel 800-10 dengan Material Aluminium 6061

	Cu (%)	Fe (%)	Si (%)	Zn (%)	Mg (%)	Al (%)
Al 6061	0,15-0,4	≤0,7	0,4-0,8	≤0,25	0,8-1,2	<i>remainder</i>
800-10	0,1833	0,4033	0,118	0,0715	1,0335	97,1899

Berdasarkan **Tabel 4** dapat diketahui bahwa sampel 800-10 mempunyai komposisi paduan yang mendekati standar aluminium 6061. Unsur-unsur paduan seperti Cu, Fe, Zn dan Mg sudah sesuai dengan standar aluminium 6061. Akan tetapi unsur paduan Si pada sampel 800-10 belum memenuhi standar yang dianjurkan untuk aluminium 6061. Berdasarkan hasil ini maka diperlukan proses pemaduan unsur Si pada sampel hasil daur ulang untuk memenuhi standar yang dianjurkan pada Aluminium 6061.

KESIMPULAN

1. Penambahan massa *flux* pada proses *fluxing* dapat membuat proses menjadi lebih efektif. Penambahan massa *flux* paling optimum didapatkan pada penambahan 10% *flux*.
2. Kenaikan temperatur peleburan pada proses *fluxing* dapat membuat proses menjadi lebih efektif. Temperatur peleburan paling optimum didapatkan pada 800°C
3. Sampel 800-10 merupakan sampel hasil daur ulang paling efektif. Hal ini ditunjukkan dengan kadar aluminium yang mencapai 97,1899% dan pengurangan kadar Mg menjadi 1,0355%.
4. Sampel hasil daur ulang dengan bahan baku limbah kaleng minuman sudah mendekati standar material Aluminium 6061. Tetapi diperlukan pemaduan unsur Si untuk memenuhi standar Aluminium 6061.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://www.kemenperin.go.id/artikel/4047/Indonesia-kekurangan-pasokan-aluminium-> [diakses pada 26 Mei 2015. Pukul 17.13].
- [2] International Aluminium Institute (URL : <http://www.world-aluminium.org/statistics/primaryaluminium-smelting-energy-intensity/>)
- [3] Schlesinger, Mark E. 2007. "*Aluminium Recycling*". University of Missouri-Rolla. Rolla, MO : U.S.A.
- [4] Davis, J. R. 1993. "*Aluminum and aluminum alloy*"s, ASM international.
- [5] Utigard, T. 1998. "*The properties and uses of fluxes in molten aluminum processing*". *JOM Journal of the Minerals, Metals and Materials Society*, 50, 38-43.
- [6] A. Rabah, Mahmoud. 2003. "*Preparation of Aluminium-Magnesium Alloys and Some Valuable Salts from Used Beverage Cans*". Central Metallurgical R&D Institute (CRMDI) : Cairo, Egypt
- [7] Verran, G.O., Kurzawa, U. 2007. "*An Experimental Study of Aluminium Can Recycling Using Fusion In Induction Furnace*". State University of Santa Catarina, Santa Catarina : Brazil.