

PENGARUH KADAR IMPURITIS PADA *MOLTEN ALUMINIUM* TERHADAP *STANDAR GRADE ALUMINIUM (SGA)* DI STASIUN *HPM CENTRE PT INALUM (PERSERO) – KUALA TANJUNG*

Anton Sudyanto¹, Intan Maharani² dan Muhamad Alfa Rizky³

^{1,2,3}Prodi Teknik Metalurgi, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral,
UPN “Veteran” Yogyakarta, Jl. Babarsari 2, Tambakbayan, Depok, Sleman, Yogyakarta, 55281
E-mail: anton.sudyanto@upnyk.ac.id¹, intanmharani31@gmail.com²; rizkyalfa62@gmail.com³
(+62 812-1651-8728, +62 822-2342-0062)

Abstract

One of the suppliers of aluminum needs in the world and in Indonesia is PT INALUM (Persero) with a production capacity of 260,000 tons per year. The aluminum products manufactured by PT INALUM (Persero) consist of bars, alloys and billets with different degrees of purity. Apart from these 3 products, however, there are other products that also have a higher sales value, namely S1-B products. In the aluminum smelting process, it is certain that 100% pure aluminum cannot be produced; the result is impurities. In this case, the more closely observed impurities are silicon (Si) and iron (Fe). PT INALUM offers several standards for the purity of aluminum. The compositional test aims to determine the level of impurities in the aluminum sample. This test was carried out with OES (Optical Emission Spectrophotometer). This test begins by taking a sample of the Test Product Metal (TPM) from molten aluminum, then cooling the sample and then sending it to Smelter Quality Assurance (SQA) to determine the purity and impurity levels. Based on the results of the analysis, the malleable aluminum is grade S1-A with an aluminum content of 99.92% and S1-B with an aluminum content of 99.90%. For example, the batch number 210520 must be printed with a purity of 99.92% for type S1-A. In the meantime, batch number 210536 with 99.91% aluminum purity cannot be printed for grade S1-A. Because when printing for type S1-A there are still impurities in it and for type G1 the purity is still too high. Therefore it is necessary to make adjustments to the given grade.

Keyword : *HPM Centre Station, Ingot, Impurities and Standar Grade Aluminium*

Abstrak

Salah satu pemasok kebutuhan aluminium dunia dan Indonesia adalah PT INALUM (Persero) dengan kapasitas produksi masih sebesar 260.000 ton per tahun. Produk aluminium yang dihasilkan pada PT INALUM (Persero) terdiri dari ingot, alloy dan billet dengan tingkat kemurnian yang berbeda. Namun selain 3 produk tersebut ada produk lain yang juga memiliki nilai jual lebih tinggi, yaitu produk S1-B. Dalam proses peleburan aluminium pastilah tidak dapat dihasilkan aluminium yang 100% murni, terdapat zat pengotor didalam hasilnya. Dalam hal ini, zat pengotor yang lebih dicermati adalah silikon (Si) dan besi (Fe). PT INALUM memberikan beberapa standar terhadap kemurnian dari aluminium. Pengujian komposisi bertujuan untuk mengetahui kadar pengotor yang terkandung pada sample aluminium. Pengujian ini dilakukan menggunakan OES (Optical Emission Spectrofotometer). Pengujian ini dimulai dari pengambilan sample Test Product Metal (TPM) aluminium cair, kemudian sample tersebut didinginkan dan setelah itu sample dikirim ke bagian Smelter Quality Assurance (SQA) untuk mengetahui kemurnian dan kandungan zat pengotornya. Berdasarkan hasil analisis, aluminium yang memungkinkan dicetak adalah grade S1-A dengan kadar aluminium 99,92% dan S1-B dengan kadar aluminium 99,90%. Sebagai contoh untuk nomor lot 210520 dengan kemurnian 99,92% harus dicetak untuk grade S1-A. Sementara lot nomor 210536 dengan kemurnian aluminium 99,91% tidaklah memungkinkan dicetak untuk grade S1-A. Karena apabila dicetak untuk grade S1-A, masih terdapat zat pengotor didalamnya dan untuk grade G1 pun masih terlalu tinggi kemurniannya. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penyesuaian terhadap grade yang ditentukan.

Kata kunci: Stasiun Pusat HPM, Ingot, Pengotor dan Standar Grade Aluminium (SGA).

Pendahuluan

Alumunium merupakan salah satu logam yang banyak digunakan di dunia selain baja. Alumunium hadir di kehidupan kita sehari hari berupa perabotan rumah tangga, kaleng minuman, bahan konstruksi, hingga ke bahan bahan medis. Untuk memenuhi kebutuhan khalayak manusia, maka diproduksi alumunium secara masal. Alumunium diproduksi secara komersial menggunakan Proses *Hall-Heroult*. Ini adalah proses elektrokimia dalam alumunium yang direduksi dari alumina kemudian dilarutkan dalam elektrolit garam cair berbasis *cryolite (bath)*. Sel-sel reduksi dihubungkan secara seri di bawah arus listrik yang relatif tinggi.

Kebutuhan akan alumunium tersebut meningkat setiap tahunnya dengan kebutuhan dunia tercatat berkembang sebesar 29 juta ton per tahun, sementara Indonesia memiliki kebutuhan alumunium sebesar 200.000-300.000 per tahun. Salah satu pemasok kebutuhan alumunium dunia dan Indonesia adalah PT INALUM (Persero) dengan kapasitas produksi masih sebesar 260.000 ton per tahun. Produk alumunium yang dihasilkan pada PT INALUM (Persero) terdiri dari *ingot*, *alloy* dan *billet* dengan tingkat kemurnian yang berbeda. Produk yang memiliki nilai kemurnian yang tinggi atau memiliki impuritis dalam jumlah yang rendah disebut dengan *high purity metal* (HPM).

Produk S1B (*ingot*) termasuk salah satu produk dari pot *high purity metal* (HPM). Selain itu, pot HPM ini juga dapat menghasilkan produk *alloy*.

Dimana Fe untuk produk *alloy* cenderung lebih rendah. Target yang ditetapkan untuk jumlah pot HPM di tahun 2020 adalah sebesar 85 pot. Strategi yang digunakan untuk mendapatkan target tersebut adalah dengan melakukan pembuatan stasiun *HPM Centre*.

Pada proses pengolahannya, PT INALUM memiliki 6 stasiun yang terbagi menjadi stasiun *HPM Centre* dan stasiun *Non HPM Centre*. stasiun *HPM Centre* terdiri dari stasiun 2, stasiun 4 dan stasiun 5, sedangkan pada stasiun 1, stasiun 3 dan stasiun 6 merupakan stasiun *Non HPM Centre*. Secara teori, pot pada stasiun *HPM Centre* akan menghasilkan jumlah pot HPM yang lebih banyak dibandingkan dengan stasiun *Non HPM Centre*.

Kualitas metal merupakan parameter penting untuk meningkatkan produksi agar dapat bersaing dalam dunia industri. Salah satu faktor yang dapat menurunkan kualitas ataupun kemurnian metal adalah impuritis yang ada didalam metal. Impuritis tersebut dapat dikurangi pada bagian katoda, anoda, dan berakhir di metal. Adapun jenis impuritis yang sering terkandung didalam alumunium adalah Fe, Si, Cu, Na, Ti, Mn, Mg dan sebagainya. (Al-Mejali dkk., 2016).

Impuritis yang menjadi perhatian dalam analisa ini adalah besi (Fe) dan silikon (Si). Impuritis tersebut dapat berasal dari parameter operasi seperti ketinggian *bath*, keasaman, dan lainnya. Adanya zat pengotor tersebut akan mempengaruhi kualitas dari alumunium yang dihasilkan, sehingga PT INALUM menetapkan

standar terhadap kemurnian dari aluminium. Untuk mengurangi kelebihan atau menyeimbangkan kadar zat pengotor yang terdapat dalam aluminium yaitu dengan cara pemberian aluminium murni.

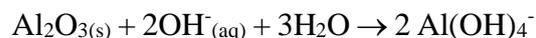
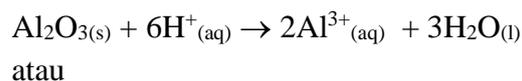
Aluminium mempunyai titik lebur 2000°C, namun dengan proses elektrolisa metode *Hall Heroult* yang menggunakan *cryolite* (Na_3AlF_6), aluminium dapat diperoleh pada temperatur 1000°C, dan dengan memasukkan zat additif seperti AlF_3 , CaF_2 dan bahan-bahan lain yang terdapat didalam bahan baku, maka aluminium dapat diperoleh pada temperatur 960°C sampai 970°C. Adapun aluminium yang dihasilkan adalah aluminium yang berbentuk batangan (*ingot*) dengan berat perbatangnya 22,7 kg.

Bahan Baku untuk memproduksi aluminium memerlukan bahan sebagai berikut :

A. Bahan baku utama

1. Alumina

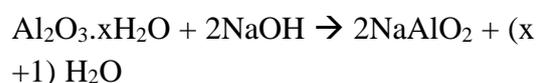
Alumina diperoleh dari bauksit melalui beberapa proses *Bayer*. Bauksit merupakan bahan baku Al yang terdiri dari Al_2O_3 (aluminium oksida) dan memiliki kemurnian yang berbeda seperti besi oksida, aluminium silica dan titanium oksida. Aluminium oksida (Al_2O_3) atau alumina biasanya berupa kristal ion. Tetapi ion oksida (O_2^-) dipolarisasi oleh ion aluminium sehingga sebagian ikatannya bersifat kovalen. Aluminium oksida meleleh pada 2035°C. Berikut reaksi pembentukan ion Al dari Alumina, yaitu;



Bauksit merupakan bijih utama aluminium terdiri dari *hydrous* aluminium oksida dan aluminium hidroksida yakni dari mineral *gibbsite* $\text{Al}(\text{OH})_3$, *boehmite* $\gamma\text{-AlO}(\text{OH})$, dan *diaspore* $\alpha\text{-AlO}(\text{OH})$, bersama-sama dengan oksida besi *goethite* dan bijih besi, mineral tanah liat kaolinit dan sejumlah kecil anatase TiO_2 . Alumina diperoleh dari bauksit melalui proses *bayer*, alumina yang diperoleh dari proses *bayer* ini mempunyai kemurnian yang tinggi dan dengan konsumsi energi yang rendah.

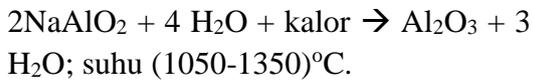
Proses pengolahan alumina dari bauksit dengan proses *bayer*. Proses ini merupakan proses pelindian Bauksit yang direaksikan dengan NaOH dalam reaktor silindris tegak bertekanan dan bertemperatur tinggi atau biasa disebut tangki *Digester*. Pelindian ini akan menghasilkan larutan *Sodium Aluminate* ($\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$) dan pengotor yang tidak ikut larut dalam larutan.

Berikut reaksi pelindian nya pada proses *Bayer*, sebagai berikut :



Langkah akhir dari proses *Bayer* adalah kalsinasi presipitat hasil proses presipitasi. Kalsinasi sendiri adalah proses pemanasan presipitat dengan suhu dibawah temperatur lelehnya dalam kondisi kecukupan oksigen dimana proses ini bertujuan untuk menghilangkan air kristal pada

presipitat. Dalam kalsinasi presipitat *aluminium hydrate*, reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Akan tetapi, PT. INALUM tidak menghasilkan alumina sendiri tetapi diperoleh dari negara lain terutama dari negara Australia. Spesifikasi alumina yang diperlukan untuk peleburan aluminium ditunjukkan pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Spesifikasi Alumina

No.	PARAMETERS	UNIT	SPESIFIKASI Grade - 1
1.	<i>Loss of Ignition (LOI)</i> 300-1000°C	%	1.0 max
2.	SiO ₂	%	0.030 max
3.	Fe ₂ O ₃	%	0.030 max
4.	TiO ₂	%	0.005 max
5.	Na ₂ O	%	0.600 max
6.	CaO	%	0.060 max
7.	V ₂ O ₅	%	0.005 max
8.	P ₂ O ₅	%	0.003 max
9.	ZnO	%	0.016 max
10.	Al ₂ O ₃ (on dried basis)	%	98.4 min
11.	<i>Moisture on Impact (MOI)</i> 300°C	%	
	a. <i>Sampling at Supplier</i>	%	1.7 max
	b. <i>Sampling at INALUM</i>	%	3.5 max
12.	<i>Specific Surface Area</i>	m ² /g	40-85
13.	<i>Particle Size</i>	%	
	a. +100 mesh	%	8 max
	b. +150 mesh	%	20 min
	c. -325 mesh	%	12 max
14.	<i>Angle of repose</i>	deg	30-34

Sumber : SRP PT INALUM (2021)

2. Anoda

Anoda adalah elektroda bermuatan listrik positif. Jenis anoda yang dipakai adalah jenis anoda prebaked, anoda yang digunakan di seksi reduksi dibuat di gedung karbon dengan bahan kokas dan *hard pitch*.

3. Katoda

Katoda adalah elektroda bermuatan listrik negatif. Ditinjau dari bahan bakunya dan prose pembuatannya, katoda dibagi atas 4 jenis, yaitu :

- Blok katoda *Amorphous*, bahan bakunya antrasit, dipanggang pada suhu ±1.200°C
- Blok katoda *semi graphitic*, bahan bakunya grafit, dipanggang pada suhu ± 1.200°C
- Blok katoda *semi graphitic*, bahan bakunya yang mengalami proses pemanasan sampai suhu ± 2.300°C
- Blok katoda *graphitic*, bahan bakunya kokas mengalami proses grafitasi suhu ± 3.000°C

B. Bahan Baku Penunjang

1. Cryolite

Cryolite dapat mengandung CaF₂ dan AlF₃ yang dapat membentuk *cryolite* Na₃AlF₆. Sifat-sifat *cryolite* adalah :

- Konduktivitas listrik baik.
- Memiliki berat jenis yang rendah.
- Temperatur kristalisasi primer rendah.
- Stabil dalam keadaan cair.
- Dapat melarutkan alumina dalam jumlah besar.

Untuk memperbaiki sifat-sifat *cryolite* tersebut, *bath* biasanya ditambah dengan beberapa bahan tambahan seperti fluorida, alkil metal, AlF₃ dan CaF₂.

2. Soda Abu (Na₂CO₃)

Soda abu berfungsi memperkuat struktur katoda dan dinding samping agar sulit

tererosi. Lapisan dinding samping dengan Na_2CO_3 dilakukan pada tahap transisi untuk membantu proses pembentukan kerak samping. Selain mencegah erosi oleh *bath*, soda abu berfungsi sebagai isolasi termal.

3. Aluminium Florida (AlF_3)

Aluminium florida berfungsi menjaga keasaman *bath* dan merupakan bahan yang dituangkan secara manual jika kelebihan AlF_3 kurang didalam *bath*.

Spesifikasi AlF_3 yang digunakan oleh PT INALUM dicantumkan pada tabel berikut.

Tabel 2. Spesifikasi AlF_3

Jenis	Unit	Spesifikasi
AlF_3	%	93 minimal
SiO_2	%	0,25 maksimal
P_2O_5	%	0,02 maksimal
Fe_2O_3	%	0,07 maksimal
Moisture (Water Content)	%	0,35 maksimal
Loss on Ignitation 300-1000°C	%	0,85 maksimal
Bulk density	gram/cc	0,7 minimal
Particle Size (Tyler Mesh)		Typical
+ 150 mesh	%	25-60
+ 200 mesh	%	50-75
+ 320 mesh	%	75 minimal

Sumber : SRP PT INALUM (2021)

High Purity Metal (HPM) merupakan metal yang memiliki kemurnian yang tinggi atau memiliki kadar impuritis dalam jumlah yang sedikit. Aluminium dengan kemurnian tinggi (*High Purity Aluminium*) bersifat tahan korosi, ringan,

mudah dibentuk, dan memiliki konduktivitas termal dan listrik yang baik.

Oleh karena itu, dalam beberapa tahun terakhir teknik telah dikembangkan untuk menghasilkan beberapa jenis aluminium dengan tingkat kemurnian yang berbeda pada berbagai aplikasi. Hal ini sangat relevan pada industri semi-konduktor, dimana aluminium dengan kemurnian tinggi digunakan untuk proses sputtering. Fenomena ini telah menyebabkan peningkatan besar dalam permintaan untuk aluminium dengan kemurnian tinggi. Namun, teknologi produksi aluminium dengan kemurnian tinggi belum meningkat secara signifikan dan masih banyak kendala dalam operasi produksi, biaya dan lingkungan. (Wan dkk., 2020).

Material dan Metode Percobaan

A. Material

1. Molten aluminium dengan kandungan :

- Alumina (Al_2O_3)
- Larutan *bath* (Na_3AlF_6)
- AlF_3
- Impuritis (Fe dan Si)

2. *De-inclusion flux*

B. Metode Percobaan

1. Pengisian Aluminium Cair

- Aluminium cair yang dibawa dari pabrik reduksi dituangkan kedalam dapur peleburan kemudian diberikan *de-inclusion flux* untuk mengangkat kotoran-kotoran di dalam aluminium.
- Kemudian dilakukan *skimming off* untuk membersihkan kotoran-

kotoran yang mengapung diatas permukaan aluminium cair.

2. Pengambilan Sampel *Test Product Metal* (TPM) Aluminium Cair

- a. Pengambilan sampel test product metal dilakukan 30 menit sebelum pencetakan aluminium. Pengambilan sampel dilakukan melalui pintu samping dapur dengan menggunakan alat penciduk sampel yang diambil $\frac{1}{2}$ meter dari kedalaman aluminium cair didalam dapur.
- b. Sampel aluminium yang diambil kemudian didinginkan diruangan terbuka hingga membeku. Setelah dingin, diberi nomor lot terhadap sampel.
- c. Kemudian sampel dikirim ke bagian *Smelter Quality Assurance* (SQA) untuk mengetahui kemurnian dan kandungan zat pengotor, antara lain silikon (Si) dan besi (Fe).

3. Penganalisaan Produk

- a. Sampel yang didatangkan dari bagian *casting* terlebih dahulu dibubut, agar permukaan dari sampel rata, halus dan bersih.
- b. Setelah dibubut, sampel dibawa ke ruang OES (*Optical Emission Spectrofotometer*).
- c. Dibuka ruang eksitasi, lalu diletakkan sampel diatas meja eksitasi.
- d. Kemudian pintu ruang eksitasi ditutup, lalu tekan tombol “enter” pada keyboard komputer, maka alat OES akan bekerja dengan sendirinya. Setelah emisi, maka

nilai pengukuran sampel akan terlihat pada layar komputer.

- e. Setelah selesai, buka kembali ruang eksitasi dan sampel dapat dikeluarkan dari ruang eksitasi.
- f. Lakukan pengerjaan eksitasi sebanyak 3 kali pengerjaan pada setiap sampel
- g. Dicatat hasil yang didapat dari percobaan yang dilakukan.

Adapun *flowchart* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ;



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

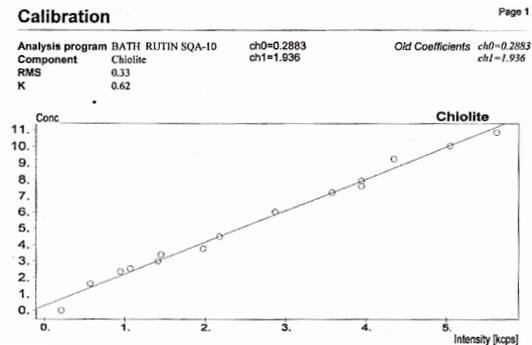
Hasil Penelitian dan Pembahasan

Tabel 3 merupakan hasil pengukuran di beberapa pot (tungku reduksi), dari beberapa pot akan dilakukan *Metal Tapping* (pengambilan metal), lalu dicampur didalam gedung *Smelter Casting* (pencetakan). Pencampuran dilakukan berdasarkan kadar zat pengotornya, sehingga bisa sesuai standar yang ditetapkan di PT INALUM. Didalam gedung *Smelter Casting* terdapat dapur pencetakan yang berkapasitas 30 Ton. Dari gedung *Smelter Casting* akan diambil sampel, untuk dianalisa dibagian SQA sebelum akhirnya dicetak.

Hasil pengukuran serta pengujian dilakukan pada bagian SQA (*Smelter Quality Assurance*) di PT INALUM untuk menganalisis sampel yang telah diambil pada bagian SRO (*Smelter Reduction Operation*).

Berikut salah satu lembar kerja pada bagian SQA, pada Gambar 2, yaitu :

Gambar 2. Bath Sample Calibration



Sumber : SQA PT INALUM (2021)

Tabel 3. Pengukuran Kadar Fe dan Si di Stasiun 5

5/1/2021				5/2/2021				5/3/2021				5/4/2021				5/5/2021			
POTNUM	UmrPot	Fe %	Si %	POTNUM	UmrPot	Fe %	Si %	POTNUM	UmrPot	Fe %	Si %	POTNUM	UmrPot	Fe %	Si %	POTNUM	UmrPot	Fe %	Si %
504	1661	0.057	0.025	504	1662	0.057	0.025	504	1663	0.061	0.027	504	1664	0.061	0.027	504	1665	0.049	0.027
506	782	0.069	0.026	506	783	0.069	0.026	506	784	0.069	0.026	506	785	0.069	0.026	506	786	0.047	0.026
509	1011	0.041	0.025	509	1012	0.041	0.025	509	1013	0.045	0.026	509	1014	0.045	0.026	509	1015	0.042	0.025
517	758	0.065	0.026	517	759	0.065	0.026	517	760	0.06	0.026	517	761	0.06	0.026	517	762	0.053	0.025
521	430	0.066	0.027	521	431	0.066	0.027	521	432	0.066	0.027	521	433	0.066	0.027	521	434	0.061	0.027
523	813	0.049	0.025	523	814	0.044	0.026	523	815	0.044	0.026	523	816	0.042	0.027	523	817	0.042	0.027
526	1697	0.055	0.026	526	1698	0.052	0.027	526	1699	0.052	0.027	526	1700	0.054	0.027	526	1701	0.058	0.027
529	363	0.053	0.026	529	364	0.061	0.027	529	365	0.061	0.027	529	366	0.067	0.027	529	367	0.067	0.027
533	803	0.047	0.027	533	804	0.054	0.027	533	805	0.064	0.029	533	806	0.064	0.029	533	807	0.061	0.027
535	974	0.062	0.025	535	975	0.062	0.025	535	976	0.062	0.025	535	977	0.066	0.025	535	978	0.066	0.025

Sumber : SRO PT INALUM (2021)

Tabel 4. Hasil Analisa Kadar Fe dan Si di SQA

No	No Lot	% Al Rata-Rata	Kadar Pengotor							
			% Fe				% Si			
			Percobaan Eksitasi				Percobaan Eksitasi			
			1	2	3	Rata-Rata	1	2	3	Rata-Rata
1	210520	99.92	0.0561	0.0564	0.0567	0.0564	0.0257	0.0259	0.0258	0.0258
2	210524	99.93	0.0573	0.057	0.057	0.0571	0.0262	0.0258	0.0263	0.0261
3	210528	99.91	0.0581	0.0588	0.0583	0.0584	0.026	0.0272	0.0266	0.0266
4	210532	99.92	0.0591	0.0592	0.0599	0.0594	0.0264	0.0267	0.027	0.0267
5	210536	99.91	0.0543	0.0547	0.0548	0.0546	0.0262	0.0265	0.0264	0.0263

Sumber : SQA PT INALUM (2021)

Dari hasil data pada Tabel 3 diatas, maka dilakukan analisa pada tiap-tiap sample di *Smelter Quality Assurance* (SQA), sehingga didapatkan hasil kandungan pengotor seperti Tabel 4 diatas. Dalam penelitian ini, penulis melakukan pengambilan data pada stasiun *HPM Centre* yang berfokus pada kadar impuritis, yaitu Fe dan Si terhadap produk ingot yang dihasilkan. Produk *ingot* ini kemudian akan disesuaikan dengan *Standar Grade Aluminium* (SGA) yang telah ditetapkan oleh PT INALUM.

Dari hasil penelitian diatas, dapat terlihat bahwa produk *ingot* yang dihasilkan oleh PT INALUM sudah sesuai dengan standar yang ditetapkan. Berikut merupakan analisis dari penelitian diatas.

A. Standar Grade Aluminium (SGA) pada Produk Ingot PT INALUM

Pengendalian grade produk dilakukan agar ada kesesuaian antara kadar Fe dan Si terhadap produk, sehingga produk yang dihasilkan bisa mencapai target yang telah ditetapkan di PT INALUM.

Standar pengendalian *grade* produk berpatokan pada *Quality Standard of Aluminium Ingot* (QSAI). QSAI merupakan variabel- variabel yang ditetapkan agar produk yang dihasilkan tidak menyimpang dari jadwal operasi pencetakan.

Standar pengendalian *grade* produk tersebut dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Standar Kualitas Aluminium Batangan (*Ingot*)

Grade/Tingkat		Komposisi Kimia (%)		
PT INALUM	Class	Al	Fe	Si
S1-A	-	99,92 min	0,04 maks	0,04 maks
S1-B	-	99,90 min	0,06 maks	0,04 maks
S1	<i>Special Class 1</i>	99,90 min	0,07 maks	0,05 maks
S2	<i>Special Class 2</i>	99,85 min	0,12 maks	0,08 maks
G1	<i>Class 1</i>	99,70 min	0,20 maks	0,15 maks
G2	<i>Class 2</i>	99,50 min	0,40 maks	0,25 maks
G3	<i>Class 3</i>	99,00 min	0,80 maks	0,50 maks

Sumber : SRO PT INALUM (2021)

Apabila hasil sampel masih tetap tidak sesuai dengan standar di PT INALUM, maka dapat dilakukan beberapa cara untuk meningkatkan *grade* pada sampel tersebut, seperti pengadukan ulang, Pengurangan dan penambahan aluminium cair (*molten*), dan lain sebagainya.

B. Produk Ingot yang dihasilkan PT INALUM Sudah Sesuai dengan Standar yang ditetapkan

Dari hasil pengamatan oleh *Smelter Quality Assurance* (SQA) Diperoleh data yang disajikan pada Tabel 4, hasil tersebut didapatkan dari data parameter operasi pot Fe dan Si yang disajikan pada Tabel 3. Tabel 3 memaparkan tentang kandungan Fe dan Si di beberapa pot dalam jangka waktu beberapa hari, dari beberapa pot tersebut, akan dilakukan pencampuran ke dalam dapur pencetakan. Misalnya pot nomor 501, 502, 603, dicampur menjadi satu, lalu diambil sampel dan dianalisa hingga akhirnya didapatlah data seperti dalam Tabel 4.

High Purity Metal memiliki kandungan Fe $\leq 0,064\%$ dan Si $\leq 0,044\%$. Berdasarkan grade yang telah ditentukan di PT INALUM, maka aluminium cair

yang akan dicetak berdasarkan data yang ada harus sesuai dengan kemurnian dan *grade* yang telah ditentukan, yaitu S1-A dan S1-B. Hal tersebut dapat dilakukan karena data hasil kadar pengotor yang didapatkan memungkinkan untuk mencetak produk tersebut.

Berdasarkan data, aluminium yang memungkinkan dicetak adalah *grade* S1-A dengan kadar aluminium 99,92% dan S1-B dengan kadar aluminium 99,90%. Sebagai contoh untuk nomor lot 210520 dengan kemurnian 99,92% harus dicetak untuk *grade* S1-A. Sementara lot nomor 210536 dengan kemurnian aluminium 99,91% tidaklah memungkinkan dicetak untuk *grade* S1-A. Karena apabila dicetak untuk *grade* S1-A, masih terdapat zat pengotor didalamnya dan untuk *grade* G1 pun masih terlalu tinggi kemurniannya. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penyesuaian dengan cara melakukan pengadukan ulang (*re-stirring*), pengurangan atau penambahan aluminium cair (*molten*) dan pencetakan sebagian *molten*.

.Jika kadar besi dalam aluminium cair yang akan dicetak masih terlalu tinggi, maka aluminium yang dihasilkan akan lebih mudah terkorosi dan mudah berubah menjadi warna kuning. Sebaliknya, jika kadar silikon di dalam aluminium terlalu tinggi, maka akan menyebabkan aluminium batangan (*ingot*) yang dihasilkan akan menjadi keras, rapuh dan susah ditempa. Itulah beberapa pengaruh ketika kadar besi dan silikon di dalam aluminium berlebih atau tidak sesuai dengan standar yang ada.

C. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Produk *Ingot* pada PT INALUM

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas *ingot* antara lain adalah :

1. Kadar Fe dan Si

Kadar Fe dan Si dapat berpengaruh terhadap kualitas produk, karena merupakan faktor utama penentu mutu *grade* yang dihasilkan. Apabila kadar Fe dan Si masih banyak terkandung di dalam aluminium maka haruslah dikendalikan.

Kadar Fe dan Si juga dapat berasal dari parameter operasi kondisi pot. Tingginya kadar Fe dapat disebabkan karena tingginya *bath temperature* yang menyebabkan *bath* menjadi tinggi dan *bath* tersebut dapat mengerosi *stub* anoda yang terbuat dari besi, dan akhirnya jumlah Fe didalam alumina menjadi meningkat. Tingginya kadar Si juga dapat disebabkan karena tingginya *bath temperature* sehingga dapat menyebabkan *side ladge* pada pot mencair dan akhirnya metal dapat mengalir ke arah dinding samping pot dan perlahan-lahan menggerus *lining* pot yang terbuat dari SiC. Hal tersebutlah yang menjadi salah satu penyebab tingginya kadar Fe dan Si pada *molten* aluminium.

2. Flux Treatment

Pemberian *flux* pada aluminium cair di *furnace* (dapur) harus sesuai dengan jumlah *molten* aluminium sehingga pemisahan oksida-oksida yang

terkandung dalam *molten* tersebut dapat terpisah secara sempurna, agar aluminium *ingot* yang dihasilkan lebih murni. Selain itu, penggunaan waktu tahan proses *fluxing* juga dapat meningkatkan perolehan Aluminium, sehingga kualitas yang dihasilkan semakin baik.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa terkait kesesuaian standar grade aluminium PT INALUM dapat disimpulkan :

1. Produk yang dihasilkan oleh PT INALUM masih sesuai dengan standar aluminium yang ditetapkan, seperti hasil dari cetakan dari nomor lot 210520 dan 210524 dapat menghasilkan produk dengan *grade* S1-A, sedangkan hasil dari cetakan dari nomor lot 210528 dan 210536 dapat menghasilkan produk dengan *grade* S1-B.
2. Semakin rendah kadar Fe dan Si didalam aluminium, maka akan semakin tinggi *grade* produk yang akan dihasilkan.
3. Adapun faktor yang mempengaruhi kualitas produk *ingot* adalah kadar Fe dan Si, serta *flux treatment*.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini dapat dengan baik berkat adanya bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada PT INALUM (Persero), Program Studi Teknik Melaurgi UPN "Veteran" Yogyakarta, serta berbagai pihak yang telah memberikan kerjasama yang baik dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Al-mejali, J. A. dkk. (2016) 'The Role of Key Impurity Elements on the Performance of Aluminium Electrolysis - Current Efficiency and Metal Quality', The Minerals, Metals & Materials Society, pp. 4–10.
- Hartono Anton J; Tomojiro Kaneko. 1995. Mengenal Pelapisan Logam (elektroplating). Yogyakarta : Andi offset.
- Jody, B, dkk. 1992. *Recycling of Aluminium Salt Cake*. London: J. Res Management and Technology.
- Oxtoby, W. D. 2003. *Kimia Modern. Edisi Keempat. Jilid 11*. Jakarta : Erlangga Penerbit Angkasa.
- Wan, H. dkk. (2020) 'Study on The Effective Distribution Coefficient of Impurity Separation in The Preparation of High Purity Aluminum', Integrative Medicine Research, 9(5), pp. 10366–10376.