

PENGARUH PARAMETER PENGECORAN ALUMINIUM COOKWARE PADA HASIL PRODUK WL ALUMINIUM

Yasmina Amalia, Reinhart Samuel

Program Studi Teknik Metalurgi, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral,
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Jalan Babarsari 2 Tambakbayan, Yogyakarta, DIY 55281

yasminaamalia@yahoo.com , smuel.rr@gmail.com

ABSTRAK

Alumunium merupakan logam non-ferrous yang paling banyak dipakai di dunia. Alumunium bersifat ringan (*light metal*), mudah dicor, mudah dimesin, *corrosion-resistant*, *hardenable*, dan mudah dipadukan. Contoh penggunaannya adalah dalam peralatan memasak seperti panci, wajan, citel, dll. Salah satu produsen peralatan masak dari alumunium di Yogyakarta adalah WL Alumunium. Proses manufaktur dilakukan dengan cara peleburan *ingot* dan *scrap* dan *casting* dengan menggunakan cetakan tanah liat dan pasir. Namun, cacat produk masih sering terjadi dikarenakan parameter yang tidak terjaga seperti temperatur peleburan yang terlalu tinggi sehingga menyebabkan *gas porosity*, kandungan logam pepadu yaitu Si dan Zn, dan pengaruh jenis cetakan. Kandungan logam lain dari terbesar ke terkecil berturut-turut adalah Zn, Si, Fe, Sn, Cu, dan Pb. Pada analisis ini didapatkan penambahan Si dapat meningkatkan fluiditas logam yang berakibat memperbaiki kualitas produk, cara *pouring metal* yang baik adalah dengan menjaga lapisan oksida, serta cetakan pasir cenderung menghasilkan cacat inklusi pasir pada produk.

Kata Kunci : Alumunium, pengecoran, cacat, cetakan pasir, temperatur peleburan, logam pepadu, *pouring metal*

ABSTRACT

Aluminum is the most widely used non-ferrous metal in the world. Aluminum is light metal, easy to cast, easy to machine, corrosion-resistant, hardenable, and easy to integrate. Examples of its use are in cooking utensils such as pots, pans, citrus, etc. One of the producers of aluminum cookware in Yogyakarta is WL Alumunium. The manufacturing process is carried out by smelting ingots and scrap and casting using clay and sand molds. However, product defects still often occur due to unsustainable parameters such as the melting temperature which is too high, causing gas porosity, the alloying metal content of Si and Zn, and the influence of the type of mold. Other metal content from largest to smallest were Zn, Si, Fe, Sn, Cu, and Pb, respectively. In this analysis, it is found that the addition of Si can increase the fluidity of the metal which results in improving the quality of the product, a good way of pouring metal is to maintain the oxide layer, and sand molds tend to produce sand inclusion defects in the product.

Keyword : Aluminium, casting, defects, sand mould, melting temperature, alloying elements, pouring meta

I. Latar Belakang

Logam aluminium merupakan logam yang paling banyak dipakai setelah besi dan baja. Aluminium digunakan mulai dari konstruksi, perkakas rumah tangga, blok mesin, komputer, dan bahkan rangka pesawat. Logam aluminium adalah logam yang ringan (*light metal*), kuat, *hardenable*, dan memiliki berbagai jenis *alloy*.

Salah satu perusahaan yang memproduksi barang dari aluminium adalah WL Aluminium. Perusahaan yang terletak di Kota Yogyakarta ini menghasilkan berbagai macam *cookware* seperti wajan, citel, soblok, panci, cetakan kue, dll, dengan peleburan ingot dan scrap aluminium. Bahan-bahan yang dilebur terdiri dari dua macam yaitu ingot dan scrap. WL Aluminium menggunakan tanur berbahan bakar minyak, sementara proses pengecoran menggunakan cetakan tanah liat dan cetakan pasir. Cetakan pasir digunakan untuk mengecor produk yang bersudut, sementara cetakan tanah liat untuk produk yang membulat (panci, soblok, citel, dsb). WL Aluminium juga memiliki laboratorium OES untuk menganalisis kandungan logam.

Salah satu permasalahan pada proses pengecoran ini adalah parameter-parameter produksi yang tidak terukur dan diketahui secara pasti. Hal ini menyebabkan hasil produksi yang tidak konsisten dan banyaknya cacat produk yang mengakibatkan tidak tercapainya target produksi harian. Cacat porositas merupakan contoh faktor yang membuat produk *rejected*. Cacat ini disebabkan oleh temperatur penuangan yang terlalu tinggi, permeabilitas cetakan, ukuran pasir cetakan, serta komposisi kimia logam.

Berdasarkan permasalahan yang ditemui saat Kerja Praktik, solusi untuk mengoptimasi proses produksi dengan mengontrol temperatur peleburan, cara penuangan, jenis cetakan, dan kandungan unsur pada hasil produk WL Aluminium.

II. Dasar Teori

2.1 Aluminium

Aluminium merupakan logam non-ferro dengan ketahanan korosi yang baik, selain itu aluminium merupakan penghantar listrik dan panas yang baik juga. Bahan dasar aluminium berasal dari bauksit dan kriolit, kemurnian aluminium umumnya mencapai 99,85% dengan dielektrolisis kembali hingga mencapai kemurnian 99,996%. Dalam kondisi standar aluminium merupakan logam yang cukup lembut dan kuat. Warnanya abu kepekat. Aluminium dapat dikatakan sebagai logam dengan ketahanan korosi yang baik karena ketika aluminium terkena udara, lapisan tipis aluminium oksida akan terbentuk pada permukaan logam. Hal ini yang mencegah terjadinya korosi dan karat (Surdia,

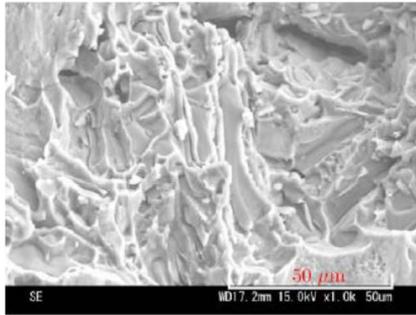
1999). Aluminium sering digunakan sebagai bahan untuk membuat komponen mesin, benda seni, dan alat-alat rumah tangga. Kadang-kadang produk yang akan diinginkan mempunyai bentuk yang rumit dan sulit untuk dibentuk melalui proses permesinan, sehingga harus dibentuk melalui proses pengecoran.

2.2 Pengecoran

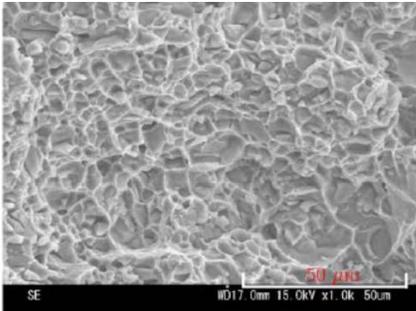
Proses pengecoran didefinisikan sebagai proses pembentukan logam dengan cara dicairkan, lalu dituang ke dalam cetakan dan dibiarkan sampai membeku (Pratiwi, 2012). Bahan cetakan bervariasi. Beberapa diantaranya dibuat dari bahan pasir, semen, keramik, dan logam. Masing-masing bahan cetakan ini akan memberikan pengaruh terhadap kualitas logam cair. Kualitas ini terutama mengenai sifat mekanik dan cacat yang terbentuk selama proses penuangan dan pembekuan. Hal ini berpengaruh sangat penting terutama pada komponen-komponen mesin yang bergerak dan memerlukan keamanan yang tinggi. Cetakan logam dan cetakan pasir sering digunakan karena untuk mengontrol kecepatan pembekuan logam cair. Pada cetakan logam, proses pembekuan berlangsung cepat sehingga meningkatkan kekuatan dan kekerasan logam. Sedangkan pada cetakan pasir, proses pembekuan lebih lambat, sehingga meningkatkan keuletan logam (H. Mae, et al; 2008). Kecepatan pembekuan ini amat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan besar butir.

Kekerasan dan porositas produk cor yang menggunakan berbeda pada jenis cetakan yang berbeda. Penelitian Dwi Haryono (2018) menunjukkan logam aluminium hasil pengecoran dengan jenis pasir yang berbeda, kekerasannya berbeda di mana logam yang dicor dengan cetakan pasir silika, pasir merah, dan pasir hitam memiliki kekerasan dari tertinggi ke terendah berturut-turut. Hal ini dikarenakan perbedaan jenis pasir menghasilkan perbedaan permeabilitas yang berbeda. Permeabilitas yang semakin besar akan membuat logam semakin cepat membeku, sehingga memiliki kekerasan yang lebih tinggi.

Porositas ini terjadi karena pengaruh proses penuangan dan jenis cetakan yang digunakan. Porositas ini berasal dari gelembung-gelembung gas yang larut dan terperangkap selama proses pencairan dan penuangan.



(a) Cetakan pasir

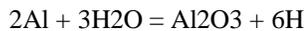


(b) Cetakna logam

Gambar 1

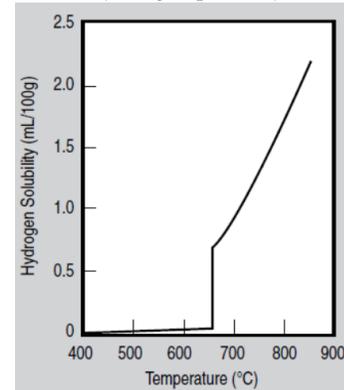
Permukaan patahan aluminium coran yang dikenai kombinasi tegangan tarik dan tegangan geser pada spesimen butterfly pada sudut $\alpha+20^\circ$ (H. Mae, et.al; 2008).

Bagian permukaan aluminium cair akan mereduksi uap air yang terdapat dalam atmosfer (Campbell, 2005). Reaksi yang terjadi antara aluminium dan uap air adalah:



Selama proses pembekuan, dengan menurunnya temperatur maka kelarutan hidrogen di dalam aluminium pun menurun. Hal ini menyebabkan hidrogen akan keluar dari dalam sel satuan dan membentuk gelembung-gelembung H_2 . Sebagian gelembung-gelembung ini tidak sempat keluar ke udara dan akan tetap berada di dalam logam yang kemudian akan membentuk porositas. Pada cetakan pasir, selain gas hidrogen yang terlarut di dalam aluminium cair, terdapat juga zat-zat organik yang tercampur di dalam pasir. Zat-zat organik ini akan membentuk gas pada saat pasir bersentuhan dengan logam cair. Sedangkan cetakan logam relatif lebih bersih dari zat-zat pembentuk gas. Gambar 2 menunjukkan bahwa kelarutan gas hidrogen dalam aluminium cair akan meningkat seiring peningkatan suhu di atas titik lebur aluminium. Seiring logam cair membeku, gas hidrogen yang awalnya larut akan keluar dari logam dan membentuk gelembung-gelembung H_2 . Gelembung-gelembung yang tidak

sempat keluar akan tetap terperangkap di dalam. Inilah yang disebut *hydrogen porosity*.



Gambar 2.

Kelarutan gas hidrogen dalam aluminium cair (Campbell, 2005)

Dalam menuang aluminium, suhu yang disarankan tidak lebih dari $700^\circ C$. Aluminium dapat dicek temperaturnya secara visual. Cara termudah untuk melihatnya adalah warna yang ditunjukkan harus warna perak, dengan hanya sedikit merah muda di bagian pinggir, jangan pernah merah membara (Hurst, Steve, 1997:109). Jika semakin panas maka *molten* akan menarik gas ke dalamnya yang dapat menyebabkan porositas. Aluminium akan segera bereaksi saat berkontak dengan udara. Lapisan terluar aluminium akan menjadi oksida pasif yang melindungi molten yang mengalir di dalamnya. Lapisan oksida ini tidak boleh terpecah selama penuangan untuk menghindari terperangkapnya udara. Salah satu cara agar lapisan pelindung tidak terpecah yaitu pada saat menuang, *ladle* atau sendok penuang tidak boleh terlalu tinggi.

2.3 Unsur Padu

Unsur lain memainkan peran penting dalam suatu paduan logam. Pada logam aluminium, logam atau unsur padu lainnya dapat berupa Si, Zn, Cu, Fe, dll. Unsur-unsur ini dapat meningkatkan sifat-sifat mekanik paduan, maupun juga merugikan. Berikut adalah pengaruh yang dihasilkan dari masing-masing unsur:

Silikon pada paduan Al-Si dapat meningkatkan sifat mampu cor (terutama pada kadar silikon 5-13% silikon meningkatkan fluiditas dan ketahanan terhadap retak panas), meningkatkan kekuatan dan kekerasan serta menurunkan berat jenis. Bila kadar Si $> 12\%$, maka akan terbentuk kristal silikon primer yang bersifat keras, memiliki ekspansi termal rendah, ketahanan ausnya baik sehingga cocok untuk aplikasi

temperatur tinggi seperti piston. Akan tetapi sifat mampu permesinannya kurang baik.

Tembaga sebagai unsur paduan pada aluminium, dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan baik dalam kondisi as cast maupun heat treatment (membentuk Cu₂Al). Pengaruh buruknya, tembaga dapat mengurangi ketahanan retak panas, mengurangi sifat mampu cor (menurunkan fluiditas) serta menurunkan ketangguhan (keuletan menurun). Tembaga memiliki kelarutan sebesar 5.65% pada temperatur 550°C.

Seng pada temperatur 443°C bisa larut 88.8%. Bila dipadu dengan tembaga (Cu) dan/atau magnesium (Mg), maka seng berpengaruh meningkatkan kekerasan dan kekuatan, menghasilkan paduan yang dapat di lakukan perlakuan panas. Akan tetapi pengaruh buruk penambahan Zn ini dapat meningkatkan kegetasan, menurunkan ketangguhan serta menurunkan ketahanan korosi. Oleh karena itu, kandungan Zn pada paduan Al-Si dibatasi < 1%, bahkan ada yang maksimum 0.1%.

Unsur besi merupakan pengotor yang sering ditemukan di aluminium. Unsur besi ini memiliki kelarutan yang relatif kecil pada aluminium cair yaitu 0.05% pada temperatur 655°C. Pada kadar 0.005%, Fe dapat membentuk fasa-fasa yang tidak terlarut (insoluble) seperti FeAl₃, FeMnAl₆ dan AlFeSi. Fe berpengaruh positif dalam meningkatkan kekuatan dan ketahanan terhadap retak panas. Akan tetapi, Fe memiliki pengaruh negatif menurunkan keuletan dan mengurangi flowability (fluidity) serta memberikan kecenderungan penempelan atau persambungan (efek soldering) dengan cetakan pada die casting. Oleh karena itu umumnya kadar Fe dibatasi maksimum hanya 1%.

Mangan (Mn) larut dalam Al sebesar 1.82% pada suhu 658°C. Unsur Mn berpengaruh meningkatkan kekuatan dan kekerasan, meningkatkan ketahanan temperatur tinggi dan ketahanan korosi. Namun unsur Mn ini berpengaruh buruk dalam menurunkan sifat mampu cor (*castability*).

III. Metode Kegiatan

Kegiatan ini dimulai dari pengambilan data berupa jumlah *ingot* yang akan dilebur, lalu dilanjutkan pengambilan sampel setelah proses peleburan. Setelah itu, sampel tersebut dianalisis menggunakan alat *spectrometer*. Langkah selanjutnya yaitu menganalisis produk cacat yang dihasilkan. Metode ini dilakukan agar didapatkan

data-data yang dapat dijadikan kesimpulan dari kerja praktik ini.



Gambar 3
Metode Penelitian

IV. Hasil Kegiatan

4.1 Tanur Pelebur

Tanur yang digunakan untuk melebur alumunium menggunakan bahan bakar BBM. Tanur berbentuk silinder dengan diameter 2 m. Pemanas ditempatkan di atas dan menyemburkan api ke *molten* di bawahnya. Terdapat dua lubang besar yang masing-masing pada sisi timur untuk *charging ingot* dan *scrap*, dan pada sisi barat untuk mengaduk serta mengambil *molten metal*. Lubang *charging* juga berfungsi untuk melakukan *preheating* untuk menghilangkan *moisture* dan agar tidak terjadi *thermal shock* pada material di dalam tanur. Pada tanur ini tidak terdapat alat monitor suhu atau *thermocouple*. Para pekerja menilai temperatur logam dari warnanya. Logam cair yang penulis amati berwarna merah muda.



Gambar 4
Tanur pelebur

4.2 Proses Pengecoran

Cetakan yang digunakan adalah cetakan tanah liat dan cetakan pasir. Cetakan tanah liat untuk produk yang membulat sementara pasir untuk produk bersudut. Cetakan tanah liat mula-mula dibentuk sesuai dengan ukuran produk yang akan dihasilkan. Cetakan kemudian dibakar dengan torch berbahan bakar BBM untuk menurunkan kandungan airnya. Setiap proses pengecoran, cetakan diolesi dengan bedak anti lengket agar pengangkatan hasil cor mudah dilakukan.

Produk yang dihasilkan akan dicek kualitasnya dan dicatat. Produk yang tidak memenuhi standar akan dikembalikan ke peleburan dan tercatat sebagai reject. Selain itu, produk yang dinilai dapat diperbaiki akan dilas dengan TIG Welder. Pada bagian pengecoran, terdapat dua pekerja yang bertugas untuk pouring metal ke cetakan. Kedua pekerja ini diidentifikasi dengan inisial masing-masing yaitu P dan M. Hasil produk pengecoran dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1
Data produk

Hari/tanggal	Jenis Produk	Produk Berhasil		Reject	
		P	M	P	M
Selasa, 10/11	Wajan tipe 11	174	204	29	20
Rabu, 11/11	Wajan tipe 11	200	103	17	30
Kamis, 12/11	Tutup citel	141	100	5	35
Jumat, 13/11	Wajan type 14	0	136	0	35
Sabtu, 14/11	Wajan tipe 14	166	0	20	0

4.3 Analisis Kandungan

Kandungan logam dianalisis dengan menggunakan Thermo Scientific ARL easySpark Optical Image Spectroscopy. Logam dianalisis dua kali sehari pada pagi dan siang. Analisis kandungan logam aluminium 10-14 November 2020 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2
Analisis Kandungan Logam

Hari, tanggal	Kandungan						
	Al	Si	Fe	Cu	Pb	Zn	Sn
Selasa, 10/11	89.67	2.46	1.16	0.7	0.22	3.82497	1.36
Rabu, 11/11	90.03	2.63	1.05	0.7	0.28	3.18907	1.67
Kamis, 12/11	89.19	3.03	1.11	0.7	0.3	2.93033	2.25
Jumat, 13/11	91.41	2.36	1.11	0.7	0.24	3.4938	0.32
Sabtu, 14/11	91.05	2.82	1.09	0.7	0.26	3.57947	0.09

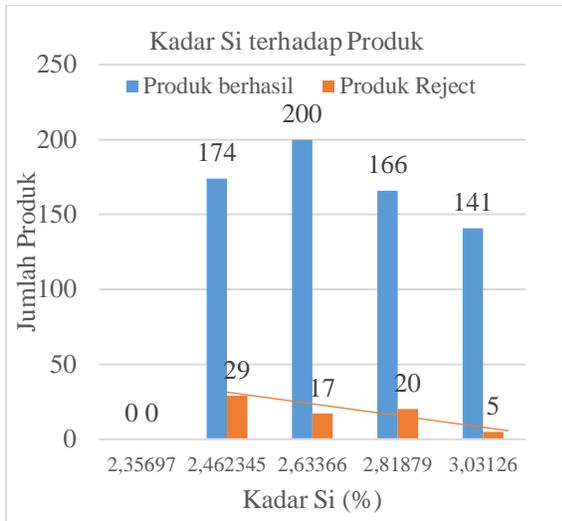
V. Pembahasan

5.1 Tanur

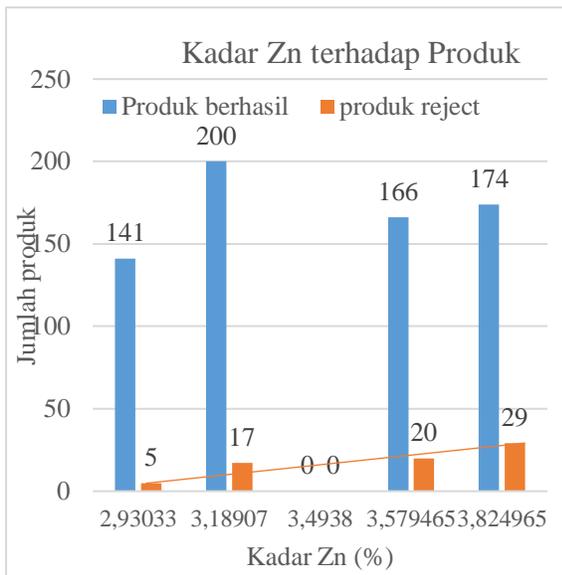
Peleburan aluminium dilakukan dengan menggunakan tanur sederhana yang tertanam di tanah. Pengendalian temperatur sebagai salah satu parameter penting dalam pengecoran tidak dilakukan yang disebabkan tidak adanya alat pengukur suhu atau termokopel. Hal ini berakibat pada hasil pengecoran yang tidak terstandarisasi yang disebabkan parameter suhu yang tidak terjaga. Hal seperti temperatur terlalu tinggi akan membuat kandungan hidrogen menjadi sangat tinggi dan dapat menyebabkan gas porosity. Peleburan pada WL Aluminium menggunakan bahan baku ingot dan scrap. Bahan-bahan tersebut tidak melalui proses pemurnian maupun pepaduan untuk standarisasi kandungannya.

5.2 Pengaruh Paduan Logam terhadap Hasil Coran

Berdasarkan tabel 1, unsur lain yang paling dominan berturut-turut Zn, Si, Fe, Sn, Cu, dan Pb. Kandungan Zn cukup tinggi yaitu selalu konsisten di atas 3,2%. Zn bila dipadukan dengan Cu dan Mg akan dapat meningkatkan kekerasan dan sifat heat-treatable. Zn diperkirakan berasal dari bahan baku scrap yang tidak tersortir. Urutan kedua adalah Si. Unsur Si dalam logam Al dapat meningkatkan sifat fluiditasnya sehingga sifat mampu cor juga meningkat. Untuk efek ini bisa berlaku, minimal kadar Si harus 5%, sementara analisis kimia menunjukkan Si kurang dari 5%. Hal ini adalah baik karena cookware yang dibuat akan melalui proses permesinan. Terlalu banyak Si akan membuat logam sulit dimesin.



Grafik 1
Pengaruh kadar Si pada produk

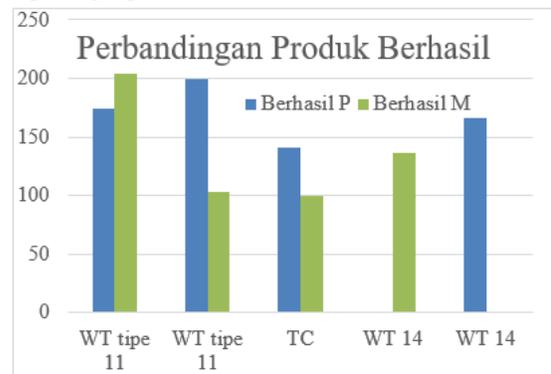


Grafik 2
Pengaruh kadar Zn pada produk

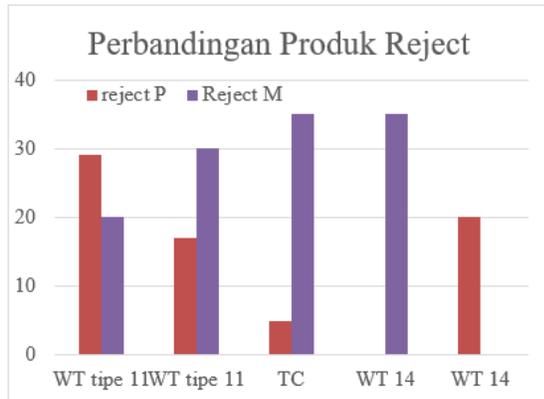
Berdasarkan grafik 1, semakin besar kandungan Si dapat menurunkan jumlah produk *reject*. Hal ini terjadi karena Si memberikan fluiditas yang lebih baik pada aluminium sehingga meningkatkan efektifitas pengecoran. Berdasarkan grafik 2, semakin besar kandungan Zn akan menaikkan jumlah produk *reject*. Kandungan Fe merupakan pengotor yang paling sering ditemukan di aluminium. Fe memberi dampak positif berupa peningkatan kekerasan dan kekuatan, namun berakibat negatif yaitu menurunkan fluiditasnya. Pada saat Al dilebur, maka besi akan mengendap di

bawah tanur sehingga sulit untuk dibuang. Cara yang dilakukan di WL Aluminium adalah dengan menambahkan degasser ke dalam molten bath agar pengotor besi dapat terapung di permukaan sehingga mudah diangkat.

Cacat hasil pengecoran yang terjadi akibat pengaruh unsur paduan logam menyebabkan kasus porositas pada produk. Cacat porositas ini disebabkan karena banyaknya gas H₂ pada proses peleburan. Cacat porositas yang sudah parah dapat akan menyebabkan cacat hot tearing. Pencegahan agar tidak terjadinya cacat porositas dengan cara menghindari sumber-sumber masuknya, menghindari over heating cairan aluminium, temperatur material saat dilebur harus di atas temperatur liquidus, pada saat disesuaikan dengan titik leburnya dan melakukan proses degassing dengan penginjeksian gas-gas inert seperti nitrogen (N) atau argon (Ar) kedalam cairan Al. Namun, karena di WL Aluminium menggunakan tanur sederhana yang tidak memungkinkan penginjeksian gas inert maka untuk menghindari porositas hidrogen, cara penuangan molten metal harus diperhatikan. Sempengamatan penulis, penuang P melakukan *pouring* yang lebih baik daripada M. Berdasarkan grafik 4.2 (a), produk berhasil P mayoritas lebih banyak dibanding M, (b) produk *reject* M mayoritas lebih banyak dibanding P. Hal ini disebabkan P menjaga lapisan oksida pasif tetap terbentuk sehingga gas lebih sulit untuk masuk dan terperangkap.



Grafik 3
Perbandingan produk berhasil P dan M



Grafik 3

Perbandingan produk *reject* antara P dan M

5.3 Cetakan

Cetakan tanah liat memberikan permukaan yang halus, sementara cetakan pasir permukaannya kasar. Permukaan kasar disebabkan karena pasir yang digunakan memiliki ukuran yang terlalu kasar. Selain itu, cetakan pasir juga menyebabkan inklusi pasir ke dalam logam. Cacat ini biasanya terdapat bekas pasir atau terdapat pasir yang masih menempel pada logam hasil coran. Hal ini disebabkan karena cetakan pasir tidak memiliki kekuatan yang cukup baik untuk menahan aliran logam cair sehingga material terlepas dan terperangkap dalam logam yang membeku.



Gambar 5
Inklusi Pasir

VI. Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Unsur atau logam pemapu dapat berpengaruh pada hasil produk. Semakin tinggi Si, produk reject semakin sedikit, semakin tinggi Zn, produk reject semakin banyak.
2. Komposisi unsur paling banyak berturut-turut adalah Al, Zn, Si, Zn, Si, Fe, Sn, Cu, dan Pb.
3. Cacat pada produk berupa porositas gas, shrinkage, dan inklusi pasir. Porositas gas terbentuk karena temperatur yang terlalu tinggi dan pouring yang tidak memperhatikan lapisan oksida pelindung.

Daftar Pustaka

1. Fajar, Wahyu. 2018. *Pengaruh Variasi Temperatur Tuang Terhadap Hasil Coran Aluminium (Al) Dengan Cetakan Pasir*. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
2. Haryono, Dwi. 2019. *Pengaruh Jenis Pasir Cetakan Terhadap Produk Pengecoran Aluminium Dengan Metode Lost Foam Casting*. Skripsi. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta
3. Hurst, Steve. 1996. *Metal Casting. Appropriate Technology In The Small Foundry*. London: Intermediate Technology Publications
4. J. Campbell. 2005. *Castings Practice: The Ten Rules of Castings*. Oxford, United Kingdom: Butterworth Heinemann
5. Pratiwi, Diah Kusuma. 2012. *Hubungan Jenis Cetakan Terhadap Kualitas Produk Cor Aluminium*. Yogyakarta: Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XI (SNTTM XI) & Thermofluid IV Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta, 16-17 Oktober 2012