PENGARUH TINGKAT *RECYCLING* ALUMINIUM Al-Mg-Si TERHADAP KEKUATAN *IMPACT* DAN KEKERASAN

Haryo Ridhonoto Muktiaji, Wahyono Suprapto, Purnami
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145,Indonesia
E-mail: haryoridhonoto@yahoo.co.id ; wahyos_metftub@yahoo.com

Abstrak

Paduan aluminium mempunyai sifat *high strength to weight ratio* dibandingkan dengan logam lainnya. Paduan aluminium biasanya diaplikasikan pada industri otomotif, *aerospace* hingga peralatan rumah tangga karena termasuk logam yang mempunyai sifat tahan korosi, ketahanan aus, mudah dibentuk, mampu tuang dan sifat mekanik yang baik apabila dipadukan dengan unsur lain. Aluminium dapat didaur ulang dengan proses pengecoran. Proses ini menggunakan *scrap* dari aluminium yang tidak terpakai dan dapat menghemat energi karena hanya membutuhkan 5% dari energi yang digunakan untuk memproduksi aluminium primer. Dalam penelitian ini aluminium yang dipakai adalah aluminium Al-Mg-Si yang berasal dari aluminium struktur yang selanjutnya dilakukan proses *recycling* dengan variasi tingkat *recycling* ke-1, ke-2, ke-3, dan ke-4 pada suhu 700^0C dan cetakan awal dipanaskan dengan suhu 260^0C. Setelah itu dilakukan pengujian kekuatan *impact* dan pengujian kekerasan pada setiap spesimen. Dari hasil pengujian, didapatkan hasil dengan nilai kekerasan tertinggi terdapat pada tingkat *recycling* ke-3 sebesar 120 HB, sedangkan nilai kekerasan terendah terdapat pada tingkat *recycling* ke-1 sebesar 98 HB. Untuk nilai kekuatan *impact* paling tinggi terjadi pada proses *recycling* ke-1 sebesar 6,28 J/mm^2, sedangkan nilai kekuatan *impact* terendah terjadi pada proses *recycling* ke-3 sebesar 5,18 J/mm^2. Dari penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa dengan semakin bertambahnya tingkat *recycling* yang dilakukan maka zat pengotor yang terbentuk semakin besar sehingga mempengaruhi kekuatan *impact* dan kekerasan.

***Kata Kunci** : Mampu Tuang, Sekrap, Daur Ulang, Aluminium Sekunder, Inklusi*

Abstract

Aluminum alloy have the properties a high strength to weight ratio compared with other metals. Application of aluminium alloy can be used in the automotive industry, aerospace to household appliances because have a metals corrosion resistant, wear resistanc, good forming, caastability and good mechanical properties when combined with other elements. Aluminium can be recycled with the casting process. This process involves a scrap of unused aluminum and can save energy as it only requires 5% of the energy used to produce primary aluminium. In this research the aluminium used is aluminum Al-Mg-Si that came from the aluminum structure which subsequently conducted the process of recycling with the variation rate of recycling of the 1st, the 2nd, 3rd, and 4th at a temperature of 700^{0}C and the temperature of pre heated mold is 260^{0}C. *After that, do the impact testing and hardness testing on each specimen. From the results of testing, the results obtained with the highest hardness value is present on the 3rd level of recycling of 120 HB, where as the value of the lowest hardness there is on the 1st level of recycling of HB 98. For the value of the highest impact strength occurred in the process of recycling 1 of 6.28 J/mm2, while the value of the lowest impact strength occurred in the process of recycling the 3rd of 5.18 J/mm2. From research conducted, it is known that with increasing recycling levels undertaken then pollutant substances that form the greater impact strength and thus affecting the violence.*

***Keywords**: Castability, Scrap, Recycling, Secondary Aluminium, Inclusion*

PENDAHULUAN

Banyak inovasi yang dihadirkan dalam sebuah produk agar produk tersebut makin berkualitas, contohnya dalam dunia otomotif seperti mobil yang setiap tahun nya berganti model bentuknya, makin ringan dan irit bahan bakar. Untuk memenuhi permintaan pasar yang pada umumnya berbahan dasar logam, perusahaan terus meningkatan proses produksi mereka. Dari total industri di Indonesia, sekitar 64% masih mengandalkan bahan baku, bahan penolong, serta barang modal import untuk mendukung proses produksi [1]. Oleh karena itu perlu adanya proses daur ulang (*recycling*) untuk mengatasai permasalahan tersebut.

Proses daur ulang (*recycling*) merupakan proses penggunaan kembali skrap aluminium yang tidak terpakai. Dengan metode *recycling*, proses daur ulang hanya membutuhkan 5% dari energi yang dibutuhkan untuk memproduksi aluminium primer [2]. Aluminium yang didapatkan dari proses ini adalah *secondary* aluminium. Kelebihannya juga bisa meminimalisir penggunaan material primer sekaligus dapat meningkatkan keuntungan, apalagi diterapkan seperti dalam bidang industri otomotif karena dapat menekan biaya produksi.

Pada umumnya produk yang dibuat berbahan dasar logam yang sering digunakan adalah aluminium. Aluminium merupakan struktur material yang penting dalam dunia *engineering*, karena menempati posisi kedua setelah baja paduan [3]. Aluminium sering digunakan karena mempunyai sifat tahan korosi dengan membentuk lapisan pasif alumina (Al_2O_3), ketahanan aus, densitas yang rendah, mudah dibentuk, proses pengecorannya mudah dan sifat mekanik yang baik apabila dipadukan dengan unsur lain. Untuk mendapatkan peningkatan kekuatan mekanik, biasanya logam aluminium dipadukan dengan dengan unsur Cu, Si, Mg, Zn, Mn, Ni, dan unsur lain [4]. Paduan aluminium Al-Mg-Si merupakan salah satu paduan aluminium yang banyak digunakan industri pada material otomotif, pesawat terbang hingga rumah tangga.

Salah satu proses manufaktur yang bisa dilakukan untuk daur ulang (*recycling*) aluminium paduan adalah dengan pengecoran. Pengecoran bisa dilakukan dengan menggunakan *electrical furnace*. *Electrical furnace* mempunyai kelebihan dapat melebur potongan potongan kecil logam hingga homogen dan juga mempunyai bentuk alatnya yang minimalis sehingga memudahkan dalam proses pengisian bahan [5].

Pengecoran logam sangat berkaitan dengan menghasilkan produk atau komponen yang berkualitas sesuai dengan cetakan. Salah satu kebutuhan akan produk berkualitas adalah dari sifat mekanik yang baik, seperti kekuatan impak dan kekerasan. Dengan mengetahui kekerasan dan kekuatan *impact* tentunya kita dapat memperkirakan kemampuannya dalam menerima perlakuan ataupun beban agar tidak terjadi kegagalan sebelum dijadikan sebuah produk, berdasarkan energi yang diberikan oleh pembebanan terhadap material tersebut.

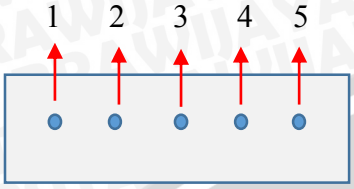
Pada proses *recycling* aluminium, memungkinkan terjadinya cacat terhadap hasil coran, seperti porositas dan inklusi. Inklusi merupakan zat pengotor yang tidak diinginkan timbul dalam suatu material, contoh pada umumnya terjadi pada proses pengecoran aluminium paduan. Inklusi itu sendiri dapat mengakibatkan ketahanan *fatigue* dan kekuatan material menurun dan dapat meningkatkan porositas.

Kekerasan

Kekerasan didefinisikan ketahanan material terhadap goresan atau indentasi saat indentor kontak dengan permukaan material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaanya akan mangalami pergesekan (*frictional force*) dan menimbulkan keausan.

Dalam penelitian ini, uji kekerasan

dilakukan di Departemen Pengerjaan Logam PPPPTK-VEDC Malang dengan mengambil sampel sebanyak 5 titik indentasi mulai dari tepi ke tepi pada masing-masing spesimen dan hasilnya kemudian dirata-rata.



Gambar 1. Ilustrasi titik titik (5) uji kekerasan kekerasan

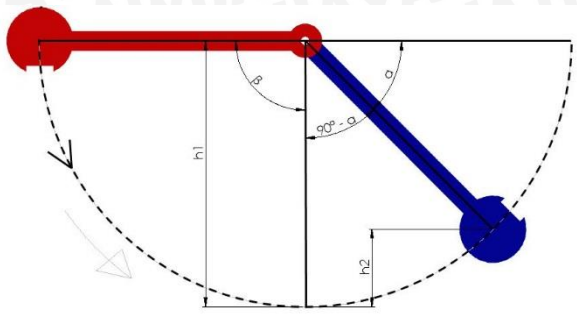
Kekuatan *Impact*

Kekuatan impak adalah kemampauan suatu bahan untuk menahan beban kejut yang dapat menyebabkan patah atau rusak. Dari pengujian impak ini dapat diketahui sifat ketangguhan suatu material baik dalam wujud liat maupun ulet serta getas.

Dalam penelitian ini menggunakan metode pembebanan *charphy* dimana spesimen diberi beban kejut hingga patah. Ukuran spesimen mengacu pada ASTM E23 yang mempunyai luas penampang melintang berupa bujursangkar (10 x 10 mm) dan memiliki notch V-45°, dengan jari-jari dasar 0.25 mm dan kedalaman 2 mm. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium α β γ, Malang. Perhitungan nilai kekuatan impak didapatkan dari rumus :

$$HI = \frac{Eserap}{A}$$

Keterangan :
HI : harga *impact* (Joule/mm^2)
E_{serap} : energi serap (Joule)
A : luas penampang spesimen (mm^2



Gambar 2. Ilustrasi uji impak

METODE PENELITIAN

Variabel Bebas

Dalam penelitian saya ini, variabel bebasnya adalah adalah tingkat *recycling* aluminium Al-Mg-Si sampai empat kali.

Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang terkait dengan kualitas dari produk. Pada penelitian ini antara lain :
1. Nilai dari kekuatan *impact* pada setiap tingkat *recycling* aluminium Al-Mg-Si
2. Nilai kekerasan pada setiap tingkat *recycling* aluminium Al-Mg-Si

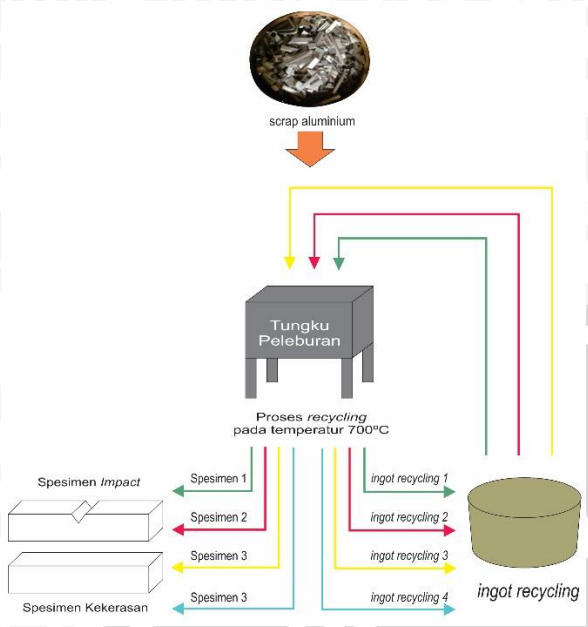
Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol pada penelitian ini antara lain :
1. Menggunakan aluminium Al-Mg-Si sebagai bahan cor.

Gambar 3. Aluminium Struktur

2. Menggunakan spesimen uji *impact* (*charphy*) mengacu pada ASTM E 23.
3. Temperatur penuangan yang digunakan yaitu 700°C.
4. Cetakan sebelum dilakukan penuangan dipanaskan pada suhu 260°

Skema Penelitian



Gambar 4. Skema Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan proses seperti berikut :

1. Aluminium Al-Mg-Si disiapkan terlebih dahulu, beserta alat-alat lain yang diperlukan pada proses pengecoran spesimen.
2. Cetakan logam dipanaskan dulu sampai suhu 260°C.
3. Memasukan aluminium Al-Mg-Si (aluminium struktur) yang telah dipotong menjadi bagian kecil kecil ke dalam cawan
4. Masukkan aluminium Al-Mg-Si pada tungku dan meleburnya pada temperatur 700°C
5. Setelah itu tuangkan logam cair ke dalam cetakan logam yang telah disiapkan
6. Didapatkan hasil *recycling*, yaitu spesimen untuk uji kekuatan *impact* dan uji kekerasan.
7. Dilakukan pengulangan, ingot hasil *recycling* kemudian dilebur kembali sampai empat kali *recycling*
   a. Untuk spesimen A : *recycling* pertama
   b. Untuk spesimen B : *recycling* kedua
   c. Untuk spesimen C : *recycling* ketiga
   d. Untuk spesiemen D : *recycling* keempat
8. Untuk spesimen uji *impact* dilepaskan dulu dari cetakan untuk membentuk notch, dan untuk spesimen uji kekerasan juga dilepaskan dari cetakan
9. Dilakukan pengujian kekuatan *impact* dan kekerasan.
10. Catat data hasil pengujian kekerasan dan kekuatan *impact* setiap spesimen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Komposisi

Tabel 1 Data Uji Komposisi Kimia Paduan Aluminium Al-Mg-Si

Unsur	Prosentase Berat (%)			
	Recycling 1	Recycling 2	Recycling 3	Recycling 4
Aluminium (Al)	89.4	89	90	89
Silicon (Si)	0.45	0.539	0.558	0.473
Iron (Fe)	0.365	0.406	0.43	0.395
Copper (Cu)	0.08686	0.114	0.106	0.0893
Manganese (Mn)	0.0532	0.0568	0.0544	0.0548
Magnesium (Mg)	9.55	9.8	8.75	9.91
Chromium (Cr)	0.0112	0.0118	0.0121	0.011
Zinc (Zn)	0.0649	0.0795	0.0694	0.0684
Titanium (Ti)	0.0116	0.0124	0.0128	0.0097
Sodium (Na)	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005
Calcium (Ca)	0.0011	0.0017	0.0015	0.00078
Nickel (Ni)	0.0064	0.007	0.0081	0.0068
Lead (Pb)	0.0081	0.0094	0.0083	0.0087
Phospor (P)	< 0.00050	< 0.00050	< 0.00050	< 0.00050
Tin (Sn)	0.0031	0.0039	0.0035	0.0036
Antimony (Sb)	< 0.00040	< 0.00040	< 0.00040	< 0.00040
Strontium (Sr)	< 0.00010	< 0.00010	< 0.00010	< 0.00010
Beryllium (Be)	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006
Zirconium (Zr)	0.0011	0.0012	0.0011	0.0011
Bismuth (Bi)	0.00037	0.00034	< 0.00030	0.00044
Cadmium (Cd)	0.00066	0.00066	0.00059	0.00061

Pengujian *Impact*

Dari hasil pengujian didapatkan nilai kekuatan *impact* seperti pada tabel 1 sampai tabel 4 berikut ini :

Tabel 2 Hasil Pengujian *Recycling* ke-1

No	Energi Aktual (J)	Harga *impact* (J/mm^2)
A	4260.270	7.746
B	3051.453	5.548
C	3051.453	5.548
Ra		6.281

Tabel 2 Hasil Pengujian *Recycling* ke-2

No	Energi Aktual (J)	Harga *impact* (J/mm^2)
A	3656.887	6.649
B	3051.453	5.548
C	2444.153	4.444
Ra		5.547

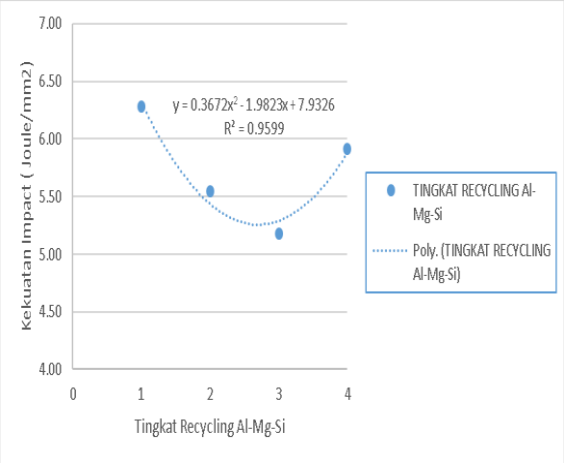
Tabel 3 Hasil Pengujian *Recycling* ke-3

No	Energi Aktual (J)	Harga *impact* (J/mm^2)
A	3051.453	5.548
B	3051.453	5.548
C	2444.153	4.444
Ra		5.180

Tabel 4 Hasil Pengujian *Recycling* ke-4

No	Energi Aktual (J)	Harga *impact* (J/mm^2)
A	3656.887	6.649
B	3051.453	5.548
C	3051.453	5.548
Ra		5.915

Data hasil pengujian impak yang dilakukan seperti pada tabel diatas, disajikan dalam bentuk grafik yang menunjukkan hubungan antara tingkat *recycling* aluminium Al-Mg-Si terhadap keuatan impak sebagaimana ditunjukkan pada gambar 7.



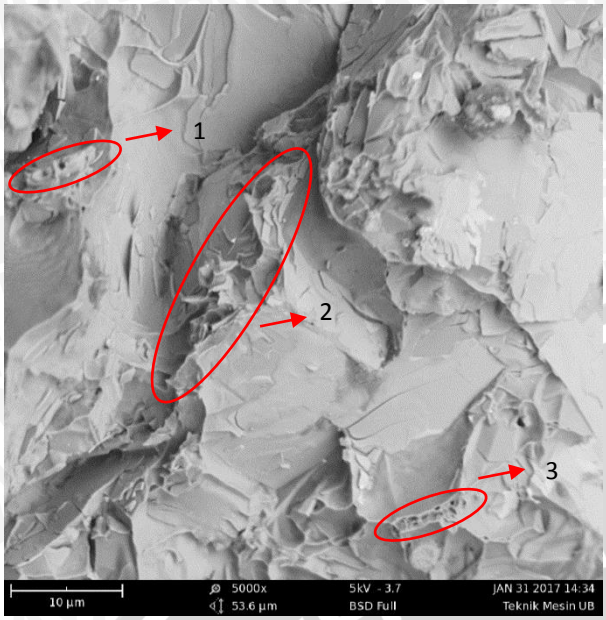
Gambar 5. Hubungan banyaknya tingkat *recycling* terhadap kekuatan impak

Dapat kita lihat pada gambar 7, semakin bertambahnya proses *recycling* yang dilakukan mengakibatkan kekuatan impak nya cenderung menurun. Kekuatan impak pada *recycling* pertama sebesar 6.2807 J/mm^2, lalu turun pada *recycling* kedua sebesar 5.5469 J/mm^2 dan turun lagi pada *recycling* ketiga sebesar 5.1800 J/mm^2. Namun pada *recycling* keempat nilai kekuatan impak kembali naik menjadi 5.9150 J/mm^2. Hal ini dapat memberikan indikasi bahwa dengan semakin banyak *recycling* dilakukan, maka kesempatan inklusi unsur Fe yang dalam penelitian ini dikatakan sebagai pengotor semakin besar dimana akan membentuk fasa intermetalik yang bersifat getas, sehingga dapat menurunkan keuletan spesimen dimana berpengaruh menurunkan energi impak yang diserap oleh spesimen.

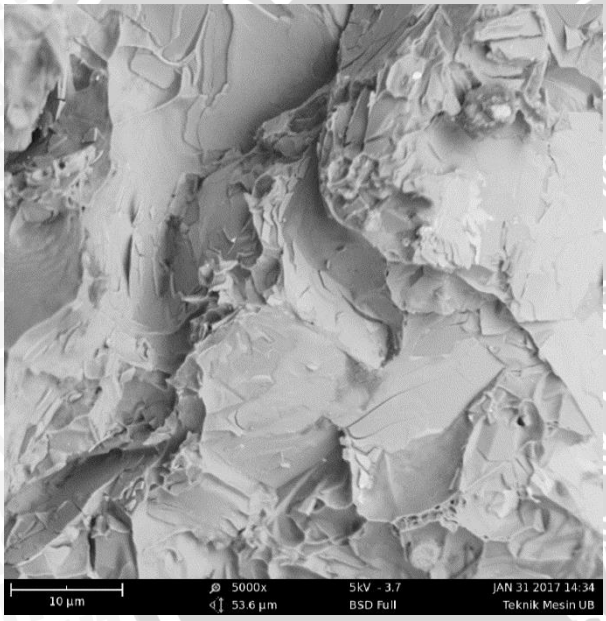
Uji Mikrostruktur

Gambar 6 merupakan perbandingan mikrostrutur patahan spesimen impak yang memiliki nilai kekuatan impak tertinggi dan terendah. Dalam gambar (a) *recycling* pertama merupakan jenis patahan *ductile*, hal ini ditandai dengan lingkaran merah dimana tampak permukaan patahan yang berserat (2) dan yang berbentuk *cup and cone* (1 dan 3). Sedangkan pada gambar (b) *recycling* ketiga merupakan jenis patahan *brittle*, dimana patahnya dihasilkan oleh mekanisme pembelahan (*cleavage*). Pembelahan tersebut terjadi melewati butir butir di material, atau yang disebut perpatahan *transgranular*.

Material yang lebih *ductile* akan mempunyai energi serap yang lebih besar dibandingkan dengan material yang *brittle*. Material yang ulet masih dapat terdeformasi plastis sebelum dia patah. Patah ulet ditandai dengan sejumlah besar deformasi plastik sebelum dan selama perambatan retakan. Sehingga pada *recycling* pertama nilai kekuatan impaknya lebih tinggi dibandingkan pada *recycling* ketiga



Recycling ke-1



Recycling ke-3

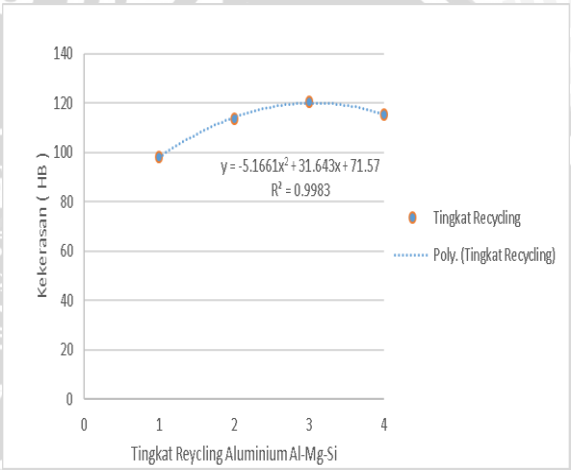
Gambar 6. Pebandingan foto SEM mikrostruktur permukaan patah dari spesimen uji impak ; (a) *recycling* 1 (b) *recycling* 3

Pengujian Kekerasan

Data hasil dari pengujian kekerasan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3. Data Hasil Uji Kekerasan

Tingkat *Recycling*	Replikasi	Titik 1 (HB)	Titik 2 (HB)	Titik 3 (HB)	Titik 4 (HB)	Titik 5 (HB)	Rata Rata
1	A	98	111	89	85	93	99.4
	B	102	99	100	102	103	
	C	102	107	109	102	89	
2	A	102	129	111	111	117	113.733
	B	106	124	121	115	113	
	C	131	101	99	119	107	
3	A	94	103	119	111	118	120.466
	B	131	113	116	101	133	
	C	125	151	139	133	120	
4	A	107	98	111	93	102	115.333
	B	85	135	152	158	140	
	C	108	114	99	113	115	



Gambar 7. Hubungan banyaknya tingkat *recycling* terhadap kekerasan

Pada gambar 9 merupakan hubungan banyaknya tingkat *recycling* dengan kekerasan spesimen. Dapat kita lihat semakin banyak tingkat *recycling* mempengaruhi kekerasan dari spesimen, dimana cenderung semakin besar. Spesimen pada *recycling* pertama memiliki kekerasan paling rendah sebesar 98,196 HB, sedangkan spesimen pada *recycling* ketiga memiliki kekerasan paling tinggi sebesar 120,466 HB Perbedaan nilai kekerasan ini dipengaruhi oleh adanya inklusi zat pengotor seperti Fe yang masuk pada saat proses pengecoran yang menyusup membentuk fasa Al_5FeSi yang disebut fasa intermetalik, sehingga keberadaannya membuat kekerasan naik.

KESIMPULAN

1. Tingkat *recycling* berpengaruh

terhadap kekuatan *impact* dan kekerasan, dimana bertambahnya tingkat *recycling* maka kekerasan meningkat dan kekuatan *impact* menurun sampai pada tingkat *recycling* ke-3, sedangkan pada tingkat *recycling* ke-4 kekerasan menurun dan kekuatan *impact* naik

2. Semakin bertambahnya tingkat *recycling* yang dilakukan menyebabkan nilai kekuatan impak menurun. Kekuatan impak terendah terjadi pada tingkat *recycling* ketiga sebesar 5,18 J/mm^2 dan kekuatan impak tertinggi terjadi pada tingkat *recycling* pertama sebesar 6,28 J/mm^2. Sedangkan untuk nilai kekerasan tertinggi terdapat pada proses *recycling* ketiga sebesar 120 HB dan yang terendah terdapat pada proses *recycling* pertama sebesar 98 HB.
3. Dengan semakin bertambahnya tingkat *recycling* maka kecenderungan zat pengotor yang timbul semakin besar dan menyebabkan inklusi sehingga berpengaruh terhadap kekerasan dan kekuatan *impact*.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Kementerian Perindustrian. 2014. 64% dari Industri Nasional Bergantung pada Bahan Baku Impor. Jakarta : Kemenperin.

[2] Farner, S. 2000, *Remelting of Aluminium by Continous Submersion of Rolled Scrap*. Norwegia : Departement of Materials Technology and Electrochemistry Norwegian University of Science and Technology

[3] Lumley, Roger. 2011, *Fundamentals of Aluminium Metallurgy*. Philadelphia : Woodhead Publishing.

[4] Surdia, T. dan Chijiwa. 1976. *Teknik Pengecoran Logam, cetakan pertama*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

[5] Nugroho, Yogi. 2015, *Pengaruh Tingkat Pengulangan Recycling Aluminium Struktur Terhadap Porositas dan Inklusi pada Electrical Furnace*. Malang : Universitas Brawijaya.

[6] Dieter, George. 1992. *Metalurgi Mekanik Edisi Ketiga Jilid 1* . Jakarta : Erlangga

repository.ub.ac

UNIVERSITAS BRAWIJAYA