



**ANALISA PENGARUH TEMPERATUR DAN WAKTU LEBUR
PENAHANAN PADA PENGECORAN AL-MG-ABU BATU BARA PADA
CETAKAN SEND CASTING TERHADAP PENGUJIAN JUMLAH
BUTIR DAN KEKERASAN**

Nur Kholis¹, Febri Setya Efendi², Ir. Ichlas Wahid. MT³

Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl. Semolowaru No. 45 Surabaya-60118

Email : Kholis9969@Gmail.Com

The use of aluminum materials in the engineering process has increased remarkably since the advent of aerospace technology. By adding alloying elements, aluminum material can be produced which has good mechanical properties and engine properties, where such conditions are indispensable in the application.

Determine the influence of aluminum composite casting temperature of aluminum and coal base ash on Rockwell grain changes and hardness in footstep casting case.

The pouring method is used in the manufacture of specimens, which use 3 temperature variations (600 ° C, 700 ° C, 800 ° C) and each temperature has a melting time of 5.10.15 min to determine the result of hardness and the number of grains of each specimen.

Based on a large sample-taking test the number of grains was obtained at 600 ° C at 5 minutes with an average grain value of 0.0039 μm and at a temperature of 600 ° C at 5 minutes less dense with average grain value 0.0955 μm

The result of rockwell hardness study conducted with temperature variation of melting time of detection was obtained by sampling at 600 ° C with 5 minutes time showing the lowest average value of 55,1 HRB and highest at temperature of 800 ° C at 5 minute result obtained 65, 5 HRB.

Keywords: Testing Some Temperature Variations, With Melting Time And The Application Of Casting Casting.

I. Pendahuluan

Dewasa ini perkembangan teknologi semakin pesat, banyak sekali pemikiran dan peralatan – peralatan maupun mesin-mesin yang diciptakan oleh para ahli untuk memudahkan kegiatan manusia. Seiring dengan perkembangan zaman banyak sekali mesin – mesin dan keahlian modern dengan cara kerja atau penggunaan yang sangat mudah dan efisien terutama pada kendaraan bermotor. Dengan bermunculanya kendaraan – kendaraan bermotor roda dua merk Jepang yang berteknologi tinggi semakin banyak memberikan pilihan / alternatif bagi masyarakat pengguna sepeda motor.

Penggunaan bahan aluminium dalam proses rekayasa mengalami peningkatan yang luar biasa sejak berkembangnya teknologi dirgantara.

Dengan menambahkan unsur paduan, dapat dihasilkan bahan aluminium yang memiliki sifat mekanis dan sifat mampu mesin, yang baik dimana kondisi tersebut sangat diperlukan dalam aplikasinya. Penerapan bahan aluminium pada kondisi kerja tertentu memerlukan rekayasa proses maupun bahan untuk memperoleh kinerja yang optimum. Seiring dengan perkembangan zaman banyak sekali mesin – mesin modern dengan cara kerja atau penggunaan yang sangat mudah dan efisien terutama pada kendaraan bermotor.

Penerapan pengecoran aluminium dengan cetakan tetap (send casting) merupakan salah satu terbosan dalam rekayasa proses untuk memperoleh kualitas produk dan efisiensi proses yang baik. Salah satu komponen mekanis yang dikerjakan dengan proses send casting itu penulis

berinisiatif meneliti *foot step* kendaraan bermotor sebagai komponen utama sepeda motor. karakteristik material yang terbaik karena beban operasi yang tinggi. Mengacu pada pada kondisi tersebut, proses pengecoran *footstep* harus dapat mengeliminasi temperatur yang mungkin terjadi dengan hasil pengecoran pada sifat mekanisnya.

Batubara adalah suatu lapisan yang padat, yang pembentukannya atau penyebarannya secara horizontal dan vertikal, dan merupakan suatu lapisan yang bersifat heterogen. Karena sifat batubara yang heterogen maka pada (eksplorasi pemborannya) Recovery harus memenuhi syarat maksimal 90% yang diambil, bila kurang dari 90% maka tidak Refresentatif dan penyebaran batubara menunjukkan perbedaan kualitas maka penyebaran batubara sangat mempengaruhi kualitas.

II. Tinjauan pustaka

Footstep

Fungsi dari part yang satu ini hanyalah sebagai dudukan telapak kaki ketika mengendari motor. Baik sebagai seorang rider atau pun yang dibonceng, pasti akan menggunakan part ini. terlebih jika motornya adalah motor sport, seperti Satria Fu150CC. Meskipun hanya diinjak, footstep alias pijakan kaki baik depan maupun belakang perlu dirawat. Agar pengendara atau pun yang diboncengi tetap nyaman karena pijakan kaki dapat mempengaruhi keseimbangan.

Aluminium

Aluminium merupakan salah satu jenis logam yang terdapat pada kerak bumi. Meski jumlahnya cukup banyak, aluminium jarang ditemukan dalam bentuk aslinya. Biasanya, aluminium terdapat dalam batuan sejenis bauxite dan cryolite. Sebagian besar aluminium yang digunakan dalam proses industri diekstraksi melalui proses bernama Hall-Heroult. Dalam proses ini, aluminium oksida dihilangkan dari cryolite yang telah dilelehkan kemudian dialiri listrik untuk mengubahnya menjadi aluminium alami.

Perubahan temperatur penuangan pada proses pengecoran logam Aluminium akan mempengaruhi laju pembekuan dan penyebab terjadinya cacat porositi sehingga akan mempengaruhi sifat mekanis coran paduan Aluminium. Semakin meningkatnya temperatur penuangan akan menghasilkan bentuk struktur mikro dan sifat mekanis yang berbeda. Sebab semakin tinggi temperatur penuangan menyebabkan delta temperatur liquid - undercooling semakin tinggi dan tingginya temperatur penuangan menyebabkan terjebaknya

gas hidrogen semakin banyak sehingga nilai kekuatan tarik elongasi dan nilai kekerasan mengalami penurunan. Dengan studi literatur yang ada maka dilakukan percobaan pada pengecoran Aluminium, dengan memakai cetakan permanen mold test bar dengan standart US dengan kondisi temperatur mold 400C. Pengecoran ini dilakukan dengan temperatur penuangan yang bervariasi yaitu 640C 660C 680C 700C 720C 740C dan 760C dengan banyaknya test bar tiga buah disetiap temperatur penuangan. Dimana test bar tersebut sudah tercetak dua buah spesimen uji tarik satu spesimen uji kekerasan dan foto mikromakro

Sifat Fisik Aluminium

Sifat Fisik	
Nomor atom	13
Berat atom	26,981
Klasifikasi	Pasca transisi Logam
Kepadatan	2.70 gram per cm ³
Titik leleh	660,32 ° C, 1220,58 ° F
Titik didih	2519 ° C, 4566 ° F

Magnesium

Magnesium adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Mg dan nomor atom 12 serta berat atom 24,31. Magnesium adalah elemen terbanyak kedelapan yang membentuk 2% berat kulit bumi, serta merupakan unsur terlarut ketiga terbanyak pada air laut. Logam alkali tanah ini terutama digunakan sebagai zat campuran (alloy) untuk membuat campuran aluminium-magnesium yang sering disebut "magnalium" atau "magnelium".

Magnesium murni memiliki kekuatan tarik sebesar 110 N/mm² dalam bentuk hasil pengecoran (Casting), angka kekuatan tarik ini dapat ditingkatkan melalui proses pengerjaan. Magnesium bersifat lembut dengan modulus elstatis yang sangat rendah. Magnesium memiliki perbedaan dengan logam-logam lain termasuk dengan aluminium, besi tembaga dan nickel dalam sifat pengerjaannya dimana magnesium memiliki struktur yang berada didalam kisi hexagonal sehingga tidak mudah terjadi slip. Oleh karena itu, magnesium tidak mudah dibentuk dengan pengerjaan dingin. Disamping itu, presentase perpanjangannya hanya mencapai 5 % dan hanya mungkin dicapai melalui pengerjaan panas.

Sifat Fisik Magnesium

Sifat Fisika	
Nomor atom	12
Konfigurasi elektron	[Ne] 3s ²
Titik cair, K	922
Titik didih, K	1380
Rapatan (densitas), gr/cm ³	1,74
Energi ionisasi I, kJ/mol	738
Energi ionisasi II, kJ/mol	1450
Elektronegatifitas	1,31
Potensial reduksi standar	-2,38
Jari-jari atom, A	1,60
Kapasitas panas, J/gK	1,02
Potensial ionisasi, volt	7,646
konduktivitas kalor, W/mK	156
Entalpi pembentukan, kJ/mol	8,95
Entalpi penguapan, kJ/mol	127,6

Abu batu bara

Pemanfaatan abu merupakan salah satu cara menangani abu hasil pembakaran batubara yang jumlahnya sangat besar. Walaupun nilai ekonominya rendah, tetapi setidaknya pemanfaatan ini dapat mengurangi biaya penanganan limbah. Dari ketiga jenis abu batubara yakni abu-terbang, abu-dasar dan abu terak yang reaktif dan mempunyai daya ikat adalah abu terbang (FA) dan abu dasar (BA), sedangkan abu terak tidak reaktif sehingga hanya sesuai untuk pemanfaatan sebagai bahan pengisi untuk keperluan kontruksi jalan dan timbunan tanah (*landfill*). Pasar utama bagi pemanfaatan abu batubara terdiri dari empat kelompok yakni semen, bahan bangunan, teknik sipil dan pertanian. Dalam Tabel 1. dijelaskan penggunaan abu batubara pada masing-masing kelompok aplikasi.

Dua sifat kimia yang paling penting dalam pemanfaatan abu adalah kadar karbon (*un-burn carbon*) dan komposisi kimianya. Kadar karbon biasanya dianalisis sebagai hilang bakar (*loss on ignition*). Abu dasar (*slag*) biasanya mempunyai kadar karbon rendah. Sedangkan kadar karbon dalam abu terbang sangat bervariasi tergantung sistem pembakaran, pengoperasian PLTU, serta ukuran partikel batubara. Kadar karbon naik dengan naiknya ukuran partikel abu.

Pengujian kekerasan rockwell B

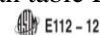
Pengujian kekerasan *Rockwell* merupakan salah satu pengujian kekerasan yang mulai banyak digunakan hal ini dikarenakan pengujian kekerasan Rockwell yang sederhana, cepat, tidak memerlukan mikroskop untuk mengukur jejak, dan relatif tidak merusak. Pengujian

kekerasan dengan metode *Rockwell* ini diatur berdasarkan tabel standar DIN 50103

Skala	Pencakan	Beban			Skala	Warna Angka
		Awal	Utama	Jumlah		
A	Kerucut intan 120°	10	50	60	100	Hitam
B	Bola baja 1,558 mm (1/16")	10	90	100	130	Merah
C	Kerucut intan 120°	10	140	150	100	Hitam
D	Kerucut intan 120°	10	90	100	100	Hitam
E	Bola baja 3,175 mm (1/8")	10	90	100	130	Merah
F	Bola baja 1,558 mm	10	50	60	130	Merah
G	Bola baja 1,558 mm	10	140	150	130	Merah
H	Bola baja 3,175 mm	10	50	60	130	Merah
K	Bola baja 3,175 mm	10	140	150	130	Merah
L	Bola baja 6,35 mm (1/4")	10	50	60	130	Merah
M	Bola baja 6,35 mm	10	90	100	130	Merah
P	Bola baja 6,35 mm	10	140	150	130	Merah
R	Bola baja 12,7 mm (1/2")	10	50	60	130	Merah
S	Bola baja 12,7 mm	10	90	100	130	Merah
V	Bola baja 12,7 mm	10	140	150	130	Merah

Pengujian jumlah butir

Metode ini menggunakan lingkaran yang umumnya memiliki luas 5000 mm². Perbesaran dipilih sedemikian sehingga ada sedikitnya 75 butir yang berada di dalam lingkaran. Kemudian hitung jumlah total semua butir dalam lingkaran di tambah setengah dari jumlah butir yang berpotongan dengan lingkaran. Besar butir dihitung dengan mengalikan jumlah butir dengan pengali Jefferies (f) dan table E112-12.



E112 - 12

TABLE 4 Grain Size Relationships Computed for Uniform, Randomly Oriented, Equiaxed Grains

Grain Size No. G	N _v Grains/Unit Area		A Average Grain Area		d Average Diameter		f Mean Intercept		N _v No./mm
	No./in. ² at 100X	No./mm ² at 1X	mm ²	µm ²	mm	µm	mm	µm	
00	0.25	3.88	0.2581	258064	0.5080	508.0	0.4525	452.5	2.21
0	0.50	7.75	0.1290	129032	0.3592	359.2	0.3200	320.0	3.12
0.5	0.71	10.98	0.0912	91239	0.3021	302.1	0.2991	299.1	3.72
1.0	1.00	15.50	0.0645	64516	0.2540	254.0	0.2383	238.3	4.42
1.5	1.41	21.92	0.0456	45620	0.2136	213.6	0.1903	190.3	5.26
2.0	2.00	31.00	0.0323	32258	0.1796	179.6	0.1600	160.0	6.25
2.5	2.83	43.84	0.0228	22810	0.1510	151.0	0.1345	134.5	7.43
3.0	4.00	62.00	0.0161	16129	0.1270	127.0	0.1131	113.1	8.84
3.5	5.66	87.68	0.0114	11405	0.1088	108.8	0.0951	95.1	10.51
4.0	8.00	124.00	0.0080	8005	0.0908	89.8	0.0800	80.0	12.50
4.5	11.31	175.36	0.00570	5703	0.0755	75.5	0.0673	67.3	14.87
5.0	16.00	248.00	0.00403	4032	0.0635	63.5	0.0566	56.6	17.68
5.5	22.83	350.73	0.00285	2851	0.0534	53.4	0.0476	47.6	21.02
6.0	32.00	496.50	0.00202	2016	0.0449	44.9	0.0400	40.0	25.00
6.5	45.25	701.45	0.00143	1426	0.0378	37.8	0.0336	33.6	29.73
7.0	64.00	982.00	0.00101	1008	0.0318	31.8	0.0283	28.3	35.26
7.5	90.51	1402.9	0.00071	713	0.0267	26.7	0.0238	23.8	42.04
8.0	128.00	1984.0	0.00050	504	0.0225	22.5	0.0200	20.0	50.00
8.5	181.02	2805.8	0.00036	356	0.0189	18.9	0.0168	16.8	59.46
9.0	256.00	3968.0	0.00025	252	0.0159	15.9	0.0141	14.1	70.71
9.5	362.04	5611.6	0.00018	178	0.0133	13.3	0.0119	11.9	84.09
10.0	512.00	7936.0	0.00013	126	0.0112	11.2	0.0100	10.0	100.00
10.5	724.08	11233.2	0.000089	89.1	0.0094	9.4	0.0084	8.4	118.9
11.0	1024.00	15872.0	0.000063	63.0	0.0079	7.9	0.0071	7.1	141.4
11.5	1448.15	22448.4	0.000045	44.6	0.0067	6.7	0.0060	5.9	168.2
12.0	2048.00	31744.1	0.000032	31.5	0.0056	5.6	0.0050	5.0	200.0
12.5	2898.31	44892.9	0.000022	22.3	0.0047	4.7	0.0042	4.2	237.8
13.0	4096.00	63488.1	0.000016	15.8	0.0040	4.0	0.0035	3.5	282.8
13.5	5782.62	89785.8	0.000011	11.1	0.0033	3.3	0.0030	3.0	336.4
14.0	8192.00	126976.3	0.000008	7.9	0.0028	2.8	0.0025	2.5	400.0

Perbesaran	1	25	50	75	100	200	300	500	1000
F	0,002	0,125	0,5	1,125	2,0	8,0	18,0	50,0	200,0

Rumus Empiris : $G = [3,322 \text{ Log } (Na) - 2,95]$ dan $Na = f(n1+n2/2)$

Dengan:

G = besar butir dirujuk ke table ASTM E-112 untuk mencari nilai diameter butir

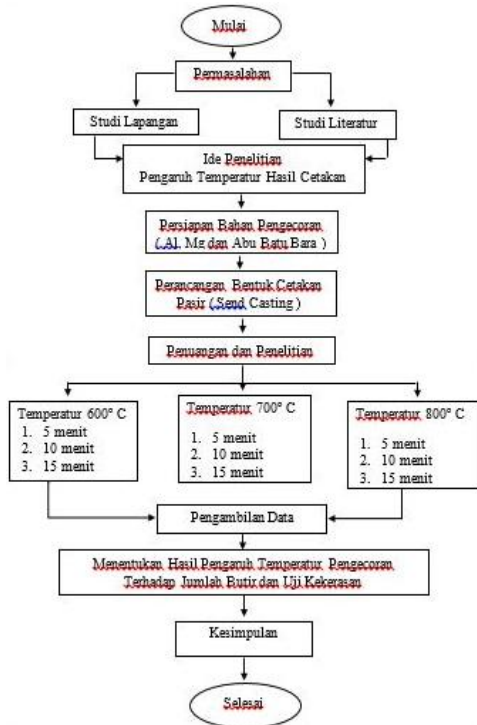
Na = jumlah butir

n1 = jumlah butir dalam lingkaran

n2 = jumlah butir yang bersinggungan dengan garis lingkaran

f = factor pengali pada table Jefferies

III. METODOLOGI PENELITIAN



Pembuatan Spesimen

Sampel uji jumlah butir dan uji kekerasan *Rocwell* pada komposisi *Al* : 88 %, *Mg* : 2%, dan *Abu dasar Batu Bara* : 10% sebanyak 9 pcs

Perencanaan Bahan

$$\begin{aligned} \text{Volume cetakan} &= p \times l \times t \\ &= 210 \times 20 \times 20 \\ &= 84.000 \text{ mm}^3 \\ &= 0,84 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Ditambah toleransi penyusutan 20%

$$\begin{aligned} \text{V. Total} &: \text{V. Cetakan} + 20\% \text{ Toleransi} \\ &: 0,84 \cdot 10^{-3} + 0,165 \\ &: 0,84 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Fraksi penguat volume ditetapkan sebesar *Al* : 88 %, *Mg* : 2%, dan *Abu dasar Batu Bara* : 10% sehingga :

$$\begin{aligned} \text{V. Aluminium} &: 88\% \times 1,005 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ &: 0,8844 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{V. Magnesium} &: 2\% \times 1,005 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ &: 0,0201 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{V. Abu Batu Bara} &: 10\% \times 1,0005 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ &: 0,10005 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Berat material yang akan digunakan dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$p = \frac{m}{v}$$

Maka berat material $m = p \times v$

Dimana :

p : massa jenis

v : volume jenis

m : massa

Berat Aluminium

$$: 2700 \text{ kg/m}^3 \times 0,8844 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$: 2,388 \text{ kg} \times 9 \text{ pcs} = 21,492 \text{ kg}$$

Berat Magnesium

$$: 1,738 \text{ kg/m}^3 \times 0,0201 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$: 0,054 \text{ kg} \times 9 \text{ pcs} = 0,486 \text{ kg}$$

Berat Abu Batu Bara

$$: 641 \text{ kg/m}^3 \times 0,1005 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$: 0,064 \text{ kg} \times 9 \text{ pcs} = 0,576 \text{ kg}$$

Penuangan dan penelitian

a. Penuangan

Dalam penuangan cairan diperlukan teknik-teknik yang harus diperhatikan terhadap operator ataupun mekanik penuangan itu sendiri. Adapun teknik yang harus diperlukan yaitu :

- 1) Cairan logam sehalus mungkin
Penuangan yang halus untuk menghindari masuknya cairan logam kedalam kaviti cetakan secara bergejolak, cairan yang masuk akan menghasilkan aliran yang searah (tidak acak).
- 2) Secepat mungkin
Meskipun cairan yang memiliki suhu tinggi, namun cairan tersebut akan drop pada puluhan derajat celcius hanya pada hitungan detik.
- 3) Sedekat mungkin
Jarak (tinggi penuangan) antara bibir ladle dan cawan tuang idealnya dibuat sedekat mungkin atau serendah mungkin jaraknya.

b. Penelitian

Penelitian dilakukan setelah penuangan dan memperhatikan secara berkala pada setiap temperatur suhu yang sudah ditentukan pada variabel holding time tertentu.

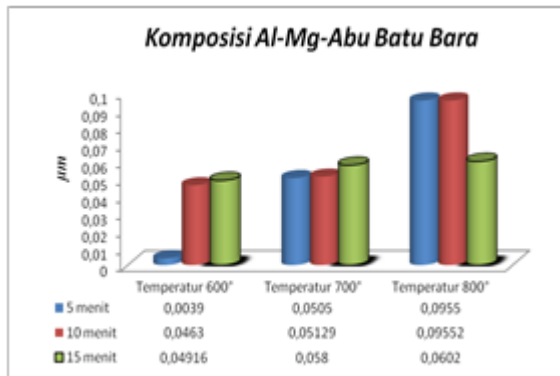
IV. ANALISA DATA

1. Pengujian Jumlah Butir

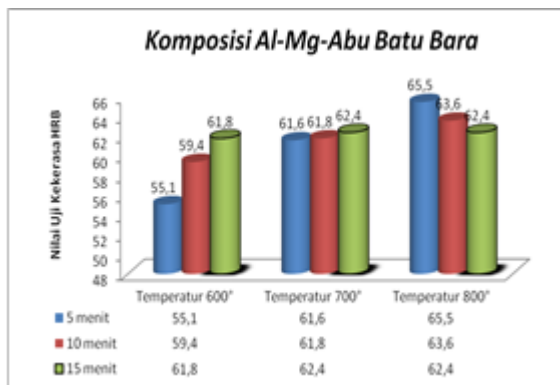
Metode ini menggunakan lingkaran yang umumnya memiliki luas 5000 mm^2 . Perbesaran dipilih sedemikian sehingga ada sedikitnya 75 butir yang berada di dalam lingkaran. Kemudian hitung jumlah total semua butir dalam lingkaran di tambah setengah dari jumlah butir yang

berpotongan dengan lingkaran. Besar butir dihitung dengan mengalikan jumlah butir dengan pengali Jefferies (f) pada tabel 2 berikut ini. Perlu diperhatikan bahwa ketiga mode di atas hanya merupakan besar butir pendekatan, sebab butir memiliki 3 dimensi bukan dua dimensi.

Metode yang kita gunakan untuk menghitung besar butir yang direkomendasikan oleh ASTM, yaitu Foto mikrostruktur bahan dengan perbesaran 500X dapat dibandingkan dengan grafik ASTM E112 yang kita pakai



Pengujian Kekerasan Rockwell B



V. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur pengecoran aluminium komposit Magnesium dan abu dasar batubara terhadap perubahan butir dan kekerasan *Rockwell* pada kasus pengecoran footstep. Dengan demikian dapat disimpulkan :

1. Pengujian Jumlah Butir

Dari pengujian ini didapatkan jumlah butir dari variasi temperatur dan waktu lebur penahanan. Berikut hasil uji :

- 1) Spesimen pada temperatur 600°C waktu 5 menit didapatkan rata-rata jumlah butir 0.0039 μm

- 2) Spesimen pada temperatur 600°C waktu 10 menit didapatkan rata-rata jumlah butir 0.0463 μm
- 3) Spesimen pada temperatur 600°C waktu 15 menit didapatkan rata-rata jumlah butir 0.0491 μm
- 4) Spesimen pada temperatur 700°C waktu 5 menit didapatkan rata-rata jumlah butir 0.0505 μm
- 5) Spesimen pada temperatur 700°C waktu 10 menit didapatkan rata-rata jumlah butir 0.05129 μm
- 6) Spesimen pada temperatur 700°C waktu 15 menit didapatkan rata-rata jumlah butir 0.058 μm
- 7) Spesimen pada temperatur 800°C waktu 5 menit didapatkan rata-rata jumlah butir 0.0955 μm
- 8) Spesimen pada temperatur 800°C waktu 10 menit didapatkan rata-rata jumlah butir 0.09552 μm
- 9) Spesimen pada temperatur 600°C waktu 5 menit didapatkan rata-rata jumlah butir 0.0602 μm

Diameter rata-rata kecil ditunjukkan pada temperatur suhu 800° C dengan waktu 10 menit sebesar 0,09952 μm dan pada temperatur 600° dengan waktu 5 menit menunjukkan hasil pengujian jumlah butiran dibandingkan dengan temperatur 600° dengan data nilai jumlah butir rata-rata 0,0039 μm .

2. Berdasarkan data hasil uji kekerasan *Hardness Rockwell B (HRB)* pada variasi temperatur dan waktu lebur penahanan di dapat sampel sebagai berikut:

- 1) Spesimen pada temperatur 600°C waktu 5 menit didapatkan rata-rata dengan nilai 55,1 HRB
- 2) Spesimen pada temperatur 600°C waktu 10 menit didapatkan rata-rata dengan nilai 59,4 HRB
- 3) Spesimen pada temperatur 600°C waktu 15 menit didapatkan rata-rata dengan nilai 61,8 HRB
- 4) Spesimen pada temperatur 700°C waktu 5 menit didapatkan rata-rata dengan nilai 61,6 HRB
- 5) Spesimen pada temperatur 700°C waktu 10 menit didapatkan rata-rata dengan nilai 61,8 HRB
- 6) Spesimen pada temperatur 700°C waktu 15 menit didapatkan rata-rata dengan nilai 62,4 HRB

- 7) Spesimen pada temperatur 800°C waktu 5 menit didapatkan rata-rata dengan nilai 65,5 HRB <http://fariedkurosaki.blogspot.com/>. Bayu Zhan. 2010. *Pengujian Kekerasan*. Diakses pada tanggal 25 Agustus 2016.
- 8) Spesimen pada temperatur 800°C waktu 10 menit didapatkan rata-rata dengan nilai 63,6 HRB <http://www.scribd.com/doc/25300537/Makalah-Aluminium>. Abdul Hafizh. 2009. Diakses pada tanggal 25 Agustus 2016.
- 9) Spesimen pada temperatur 800°C waktu 15 menit didapatkan rata-rata dengan nilai 62,4 HRB

Demikian temperatur yang memiliki nilai kekerasan paling tinggi didapat pada temperatur 800° pada waktu 5 menit dan jumlah butir juga didapatkan pada temperatur 600° pada waktu 5 menit. Sehingga nilai ketangguhan, kekuatan dan keuletan bahan juga semakin meningkat.

Daftar Pustaka

- Eko Prasetyo. 2013. *Material Teknik dan Bahan*. Diakses pada tanggal 15 November 2016.
- Jr. Davis. 1993. “*Alumunium and Alumunium Alloy, Part II, ASM Speciality Handbook*”.
- Suhariyanto, Mahirul, Eddy, Syamsul, dan Arino. 2015. “Perbaikan Sifat Mekanik Paduan Aluminium A356.0 dengan Cara Menambahkan Cu dan Perlakuan Panas T5”. *Jurnal Seminar Nasioanal Sains dan Teknologi Terapan III 2015 Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya*.
- Subardi, Sutrisno, dan Sumanto. “Pengaruh Penambahan Unsur Tembaga (Cu) Pada Aluminium (Al) Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro”. *Jurnal Teknik Mesin STTNAS Yogyakarta: Yogyakarta*.
- Tata Surdia, Kenji Chijiwa. 1976. *Teknik Pengecoran Logam*. Edisi kedua. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Tata Surdia, Shinroku Saito. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Edisi kelima. Jakarta: Pradya Paramita.
- Tata Surdia, Shinroku Saito. 2013. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Edisi ketujuh. Jakarta: Pradya Paramita.
- <http://blog.unsri.ac.id/amir/material-teknik/pengujian-kekerasan-material/mrdetail/6808/>. Diakses pada tanggal 24 Agustus 2016.
- <http://blog.unsri.ac.id/amir/material-teknik/pengujian-kekerasan-material/mrdetail/6808/>. Diakses pada tanggal 24 Agustus 2016.