

ANALISA PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGIN DAN WAKTU AGING PADA PERLAKUAN PANAS T6 TERHADAP STRUKTUR MIKRO KOMPOSIT ALUMINIUM ABU DASAR BATUBARA

Juli Susanto¹, Harjo Seputro², Edi Santoso³

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
e-mail : julisoesanto94@gmail.com

²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
e-mail: harjoseputra@untag-sby.ac.id

³Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
e-mail: edi_santoso_talo@yahoo.com

Abstract

Aluminium is a metal which has a mild nature, corrosion resistance, and electrical conductors that are used as matiks. Bottom ash coal used for reinforcement which is useful for producing aluminum composite with excellent mechanical properties and low cost. Besides the mechanical properties of aluminum can be enhanced by the addition of alloying elements (alloying) and the heat treatment process (heat tretment). The purpose of research is a comparative changes in microstructure before and after T6 heat treatment. This research will look at the changes in the microstructure of aluminum composite bottom ash coal that have undergone a process of T6 heat treatment that includes, (solid solution) is done at a temperature of 540 °C with a holding time of 6 hours, (quenching) with media cooling water, salt water (brine), oil, and (aging) with aging time of 2 hours, 4 hours, and 6 hours at a temperature of 180 °C From the results of tests performed on the aluminum composite material coal bottom ash, before and after T6 heat treatment process shows that. Granules greatest average diameter of the grain is shown by the media granules with salt water cooling 6-hour holding time for 165,3pm, and the smallest is 95,58pm with water cooling media holding time 6 hours, while aluminum composite granules of coal bottom ash without treatment equal to 158.4 pm

Keywords: *aluminum, coal bottom ash, heat treatment, quenching, aging, microstructure*

1. PENDAHULUAN

Kata komposit (composite) adalah suatu sistem material yang tersusun atas campuran atau kombinasi dari dua atau lebih unsur pokok mikro atau makro yang berbeda dalam bentuk dan komposisi kimia serta pada dasarnya tidak saling larut satu sama lain. Gabungan makro dapat dibedakan secara visual, penggabungan lebih secara fisis dan mekanis. Sedangkan gabungan mikro tidak dapat dibedakan secara visual, penggabungan ini lebih secara kimia dan sulit untuk dipisahkan, tetapi dapat dilakukan secara kimia.

Elemen paduan yang umum digunakan pada aluminium adalah silicon, magnesium, tembaga seng, mangan, dan juga lithium sebelum tahun 1970. Secara umum, penambahan logam paduan hingga konsentrasi tertentu akan meningkatkan kekuatan tensil dan kekerasan, serta menurunkan titik lebur. Jika melebihi konsentrasi tersebut, umumnya titik lebur akan naik disertai meningkatnya kerapuhan akibat terbentuknya senyawa, Kristal, atau granula dalam logam.

Namun, kekuatan bahan paduan aluminium tidak hanya bergantung pada konsentrasi logam paduannya saja, tetapi juga bagaimana proses perlakuannya hingga aluminium siap digunakan, apakah dengan penempaan, perlakuan panas, penyimpangan dan sebagainya.

Struktur mikro adalah gambaran dari kumpulan fasa-fasa yang dapat diamati melalui teknik metalografi. Struktur mikro suatu logam dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop. Mikroskop yang dapat digunakan yaitu mikroskop optik dan mikroskop elektron. Sebelum dilihat dengan mikroskop, permukaan logam harus dibersihkan terlebih dahulu, kemudian reaksi dengan reagen kimia untuk mempermudah pengamatan. Proses ini dinamakan etching.

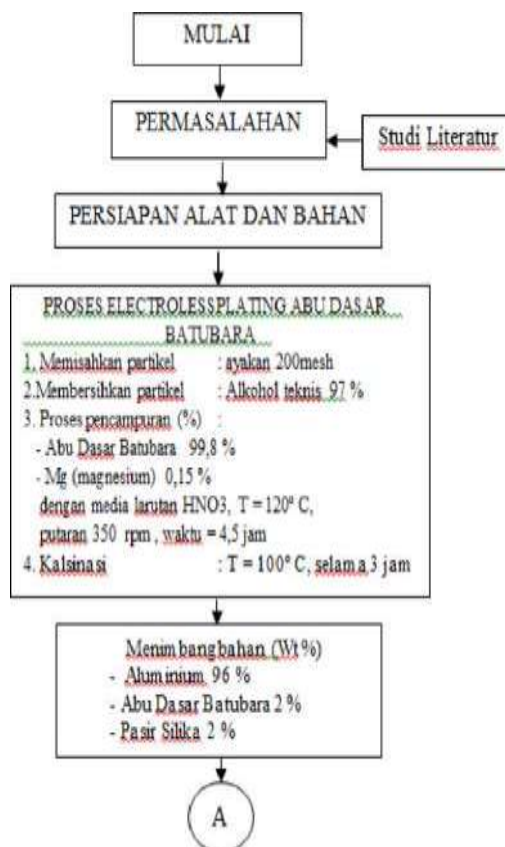
Untuk mengetahui sifat dari suatu logam, kita dapat melihat struktur mikronya. Setiap logam dengan jenis berbeda memiliki struktur mikro yang berbeda. Dengan melalui diagram fasa, kita dapat meramalkan struktur mikronya dan dapat mengetahui fasa yang akan diperoleh pada komposisi dan temperatur tertentu.

Sifat fisik dan mekanik awal material yang masih buruk maka perlu dilakukan perlakuan panas untuk memperbaiki sifat fisik dan mekanik material komposit aluminium abu dasar batubara. Karena material ini bermatrik aluminium, maka perlakuan panas yang digunakan adalah perlakuan panas T6.

Dalam penelitian ini, akan diteliti tentang pengaruh variasi media pendingin dan waktu tahan *aging* pada perlakuan panas T6 terhadap ketahanan leleh pada material komposit aluminium abu dasar batubara.

2. METODE

Rancangan Penelitian





Gambar 1.
Diagram Alir penelitian

Penelitian ini dilakukan di :

- Laboratorium Kimia Universitas Negeri Surabaya.
- Laboratorium Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya

Variabel Penelitian

- Variabel bebas
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah Media Pendingin dan Waktu Tahan *Aging* sebelum pendinginan cepat yakni menggunakan media pendingin air, air garam (*brine*), dan oli SAE 40 serta waktu tahan *aging* 2, 4, dan 6 jam.
- Variabel Terikat
Variabel terikat dalam penelitian ini adalah Media Pendingin dan Waktu Tahan *Aging* sebelum pendinginan cepat yakni pada temperatur 540° C dan ditahan selama 6 jam.
- Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah material yang digunakan adalah Komposit Aluminium Abu Dasar Batubara.

Prosedur Penelitian Perlakuan Panas T6

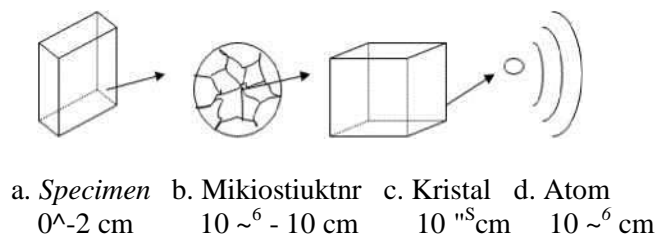
Langkah-langkah proses perlakuan panas T6 adalah sebagai berikut:

- *Solution heat treatment.*
 1. Pertama masukkan spesimen ke dalam tanur pemanas.

2. Setelah memasukkan spesimen, maka tutup rapat tanur. Hidupkan tanur lalu lakukan program dengan mengatur temperatur pembakaran sebesar $540^{\circ}C$ dan waktu tahan selama 6 jam (360 menit).
- *Quenching*.
 1. Siapkan wadah beserta media *quenching*. Kami menggunakan 3 variasi media *quenching* yaitu air, air garam (brine), dan oli SAE 40.
 2. Setelah persiapan media dan wadah *quenching* selesai, maka buka tanur. Ambil satu persatu spesimen dan celupkan pada media *quenching*, sehingga terjadi pendinginan kejut.
 - Proses penuaan buatan (*artificial aging*).
 1. Letakkan spesimen pada oven pemanas.
 2. Lalu tutup rapat oven dan atur temperatur sebesar $180^{\circ}C$. Dengan variasi waktu tahan *aging* yang bervariasi, yaitu 2, 4, dan 6 jam.

Pengujian Metalografi

Metalografi merupakan suatu metode untuk menyelidiki struktur logam dengan menggunakan mikroskop optik dan mikroskop elektron. Sedangkan struktur yang terlihat pada mikroskop tersebut tersebut disebut mikrostruktur. Pengamatan tersebut dilakukan terhadap spesimen yang telah diproses sehingga bisa diamati dengan pembesaran tertentu. Gambar 2 berikut menjelaskan spesimen dengan pembesaran dan lingkup pengamatannya.



Gambar 2.
Spesimen, ukuran dan bentuk obyek pembesaran

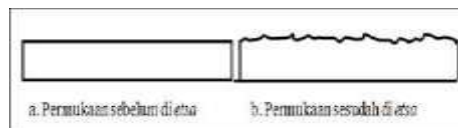
Dari Gambar diatas dapat diketahui bahwa penyelidikan mikrostruktur berkisar 10 cm (batas kemampuan elektron mikroskop hingga 10 cm batas kemampuan mata manusia). Biasanya objek pengamatan yang digunakan 10 cm atau pembesaran 5000-30000 kali untuk mikroskop elektron dan 10 cm atau order pembesaran 1001000 kali mikroskop optik.

Agar permukaan logam dapat diamati secara metalografi, maka terlebih dahulu dilakukan persiapan sebagai berikut :

1. Pemotongan spesimen, Pada tahap ini, diharapkan spesimen dalam keadaan datar, sehingga memudahkan dalam pengamatan.
2. *Mounting* spesimen (bila diperlukan), Tahap *mounting* ini, spesimen hanya dilakukan untuk material yang kecil atau tipis saja. Sedangkan untuk material yang tebal, tidak memerlukan proses *mounting*.
3. *Grinding* dan *polishing*, Tahap *grinding* dan *polishing* ini bertujuan untuk membentuk permukaan spesimen agar benar-benar rata. *Grinding* dilakukan dengan cara menggosok spesimen pada mesin *hand grinding* yang diberi kertas gosok dengan ukuran *grid* yang paling kasar (*grid* 320) sampai yang paling halus. Sedangkan *polishing* sendiri dilakukan dengan menggosokkan spesimen diatas mesin *polishing machine* yang dilengkapi dengan kain wool yang diberi serbuk alumina dengan kehalusan 1-0,05 mikron. Panambahan serbuk

alumina ini bertujuan untuk lebih mengahluskan permukaan spesimen sehinggakan akan lebih mudah melakukan metalografi.

4. *Etsa (etching)*, Proses etsa ini pada dasarnya adalah proses korosi atau mengerosikan permukaan spesimen yang telah rata karena proses *grinding* dan *polishing* menjadi tidak rata lagi. Ketidakrataan permukaan spesimen ini dikarenakan mikrostruktur yang berbeda akan dilarutkan dengan kecepatan yang berbeda, sehingga meninggalkan bekas permukaan dengan orientasi sudut yang berbeda pula. Pada pelaksanaannya, proses etsa ini dilakukan dengan cara mencelupkan spesimen pada cairan etsa dimana tiap jenis logam mempunyai cairan etsa (*etching reagent*) sendiri-sendiri. Perhatikan gambar 3 yang menunjukkan pengaruh efek proses etsa permukaan spesimen yang telah mengalami proses *grinding* dan *polishing*.



Gambar 3.

Pengaruh etsa terhadap permukaan specimen

Metode Perhitungan Besar Butir Planimetri (Jefferies)

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) pada tabel 1.

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

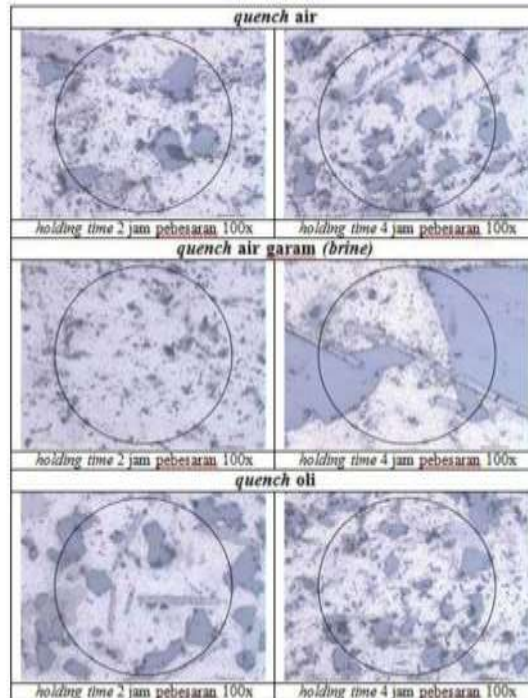
Tabel 1.
Pengali Jefferies

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

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil penelitian uji metalografi

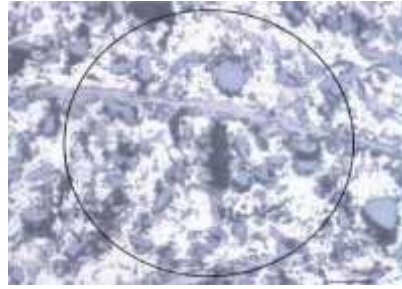


Tabel 2.
Pengukuran besar butir ASTM E112

GÉSi ztNo. 5	fyOrMnilAi fa	fcJMI Nnlrfi it tll	jf.taapf dAvinp ! Msar ahAu Daiuler hlicapt i mí F ¹ mm |im mm pm N m «
			19529090.0(0506 915 151
00	ms	306	1 64 1 ,0 25 5 221
(	u	7.70	9.12(12990.35 350 [.31 320 3.12
			0 32 11 ,2 ,0
			91230.30 302 9.26 269
U	171	10.90	K 9 21 ,1 01 ,1 3.72
			64010.25 251 9.22 226
U	1.00	15.90	«455 40 ,0 63 ,3 142
li	IJ1		9.94 45620.21 213 9.11 1,3 526
		11.12 06	9 36 ,6 9}
			03231290.17 170 160
2.D	m	91.90	1 9 96 ,6 W 0 (25
M	191	M	91222610.15 151 9.13 134 743
			9 9 11 ,0 45 5
			31616120.12 127 (.11 111
10	W	12.90	1 9 70 ,0 31 1 114
			011114) 0.10 106 9.00 1
3.5	091	17.69	4 5 60 ,6 51 »1 9 51
u	U	12400J	m 94)6 0.08 69. 90«) 10 1 |50

				5	99	6		2	
		175.3			0.(75	1(67	67.	1	
tí	11.11	6	J	di)	57(3	0	715	3	3 4 97
5.1	16«	1191	J	M3	40310.(63	615	905	566	1
					!	65		7	66
		359.7			0.15	1(17	47.	1	
Si	1103	3	J	(01	205131	534	6	6	1 92
S.D	HDD	1961	J	m	29160.(1444.	9*	11.	2	99
					0	9		9	5
				(01	0.(37	37.		33(	2
tí	15.25	76145	J	13	14260	6	901	6	0 73
		eezD		(01	0.13		902		1
7.0	01.«	O	J	01	11	10	615	61	163 5 36
70	«01	11929	J	w	713	0.(26	217	902	4 Cl
					7		36	266	2
					0.12			11.	5
10	m	19919	J	B	564	2!	125	9(1	0 0 99
		111.0	2699.	J	H	WO	16.	6.01	5 46
10	1	9			106		9	66	166 0
		3961		000	0.(15	15.	101		7
90	m	9	J	25	102	0	9	41	141 0 71
90	»M	56110	J	H	176	0.(13	113	101	11.) 9 90
					3		19		4
IM	512.0	7931	J	M3	0911	11.			
	0	9			116	2	2	101	160 10
		11223		99(				0.00	
115	m	,2	9	69	t!,1	Oli	1.4	64	9,4 1169
	min	158729		09063.9	0.(077.9	9(97	7.1	141.	
110		1		63	0		1		4
		221460.00			0.(06		0.00		168.
115	11115,4	0045	440	7	6.7	69	5,9	2	
		31744			0.(05	909		1	D
120	MO	,1	9	H	315	0	5.6	51	5,9 0 O
115		448029«		22.3	0.(041.7	W	4.2	237.	
	200	.0			7				1
		51106			0.(04	9(93			
110	1961	,1	0	*6	150	1	4.1	5	3,5 2620
115	5791.	MO	J	lu	0.(03	3.3	909	3,9	3904
		61			111	3		31	
ltd	0191112697	0		99(	7.9	0.(02	26	909	2,5 4 D
		6.3		01	0		25		0 O

Perhitungan butir



Gambar 4.
Material Komposit Al-Abu dasar batubara dengan *quench* air dan *holding time* 6 jam pembesaran 100x.

Diketahui $n_j = 46$, $n_2 = 18$
 Perbesaran 100x ----f=j2
 Jumlah butir (N_A) = f ($n_j + 22$.)
 = 2 (46 + 18)
 = 110

Rumus empiris $G = [(3,322 \log (N_A)) - 2,95 = [(3,322 \log (110)) - 2,95 = 3,83$
 Dari Tabel ASTM E-112 untuk nilai $G = 3,83$, diperoleh diameter rata-rata butiran sebesar 95,58;um



Gambar 5.
Gambar Material Komposit Al-Abu dasar batubara dengan *quench* air garam, *holding time* 6 jam pembesaran 100x.

Diketahui $n_j = 13$, $n_2 = 13$
 Perbesaran 100x ----
 Jumlah butir (N_A) = f ($n_j + 22$)
 = 2 (13 + f)
 = 37

Rumus empiris $G = [(3,322 \log (N_A)) - 2,95 = [(3,322 \log (37)) - 2,95 = 2,25$
 Dari Tabel ASTM E-112 untuk nilai $G = 2,25$, diperoleh diameter rata-rata butiran sebesar 165,3;um

Gambar 6. Gambar Material Komposit Al-Abu dasar batubara dengan *quench* oli *holding time* 6 jam pembesaran 100x.

Diketahui $n_j = 30$, $n_2 = 13$
 Perbesaran 100x ----f=2

$$\begin{aligned} \text{Jumlah butir } (N_A) &= f (n_j + 22) \\ &= 2 (30 + f) \\ &= 73 \end{aligned}$$

Rumus empiris $G = [(3,322 \log (N_A)) - 2,95 = [(3,322 \log (73)) - 2,95 = 3,23$
 Dari Tabel ASTM E-112 untuk nilai $G = 3,23$, diperoleh diameter rata-rata butiran sebesar 117,7;um

Gambar 7. Gambar Material Komposit Al-Abu dasar batubara tanpa mengalami perlakuan, pembesaran 100x.

Diketahui $n_1 = 16$, $n_2 = 8$
 Perbesaran 100x ----f=2
 Jumlah butir $(N_A) = f (n_1 + 22)$
 $= 2 (21 + 1)$
 $= 40$

Rumus empiris $G = [(3,322 \log (N_A)) - 2,95 = [(3,322 \log (40)) - 2,95 = 2,37$
 Dari Tabel ASTM E-112 untuk nilai $G = 2,37$, diperoleh diameter rata-rata butiran sebesar 158,4;um

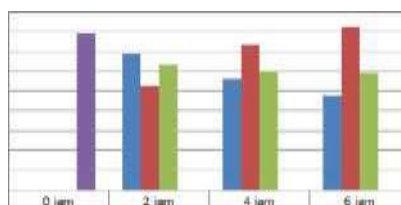
4. PEMBAHASAN

Dari data diatas dapat di tabelkan dan digrafikan dibawah ini

Tabel 2.
 Perbandingan diameter butir rata-rata setiap tanpa perlakuan, media pendingin dan *holding time*

Media pendingin	<i>Holding Time</i>			
	0 Jam	2 Jam	4 Jam	6 Jam
Air	0	138,04 <i>µm</i>	112,86 <i>µm</i>	95,58 <i>µm</i>
Air garam	0	105,4 <i>µm</i>	146,2 <i>µm</i>	165,3 <i>µm</i>
Oli	0	127,0 <i>µm</i>	120,1 <i>µm</i>	117,7 <i>µm</i>
Tanpa perlakuan	158,4 <i>µm</i>	0	0	0

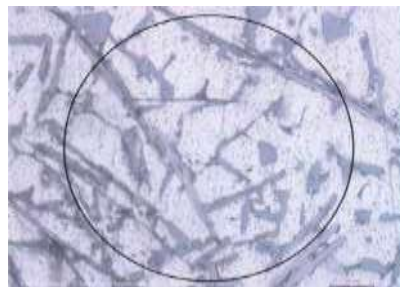
Perubahan butir Aluminum komposit taupa perlakuan, media pendingin dan *holding time*



Holding time

■ Air	0	138.04	112.36	95.58
■ Air Garam	0	105.4	146.2	165.3
■ Oli	0	127	120.1	117.7
■ Tanpa perlakuan	158.4	0	0	0

Dari tabel dan grafik diatas pengaruh waktu tahan (*holding time*) terhadap ukuran butir yang ada dalam spesimen aluminium komposit abu dasar batubara, seperti pada penelitian ini yang mempunyai hasil sebagai berikut: pada media pendingin air dengan *holding time* 2 jam nilai diameter butir rata-ratanya 138,04^m mengalami perubahan butir setelah penambahan *holding time* selama 6 jam dengan nilai diameter butir rata-ratanya 95,58^m, tidak demikian dengan air garam *holding time* 2 jam yang nilai diameter butir rata-ratanya 105,4^m semakin besar bila seiring



penambahan *holding time*, sedangkan dengan media pendingin oli *holding time* 2 jam nilai diameter butir rata-ratanya 127 nm semakin kecil seiring penambahan *holding time*.

5. PENUTUP

Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan :

1. Butiran paling besar diameter rata-rata butirnya ditunjukkan oleh butiran dengan media pendingin air garam *holding time* 6 jam sebesar 165,3 μm , dan yang paling kecil adalah 95,58^m dengan media pendingin air *holding time* 6 jam, sedangkan butiran aluminium komposit abu dasar batubara tanpa perlakuan sebesar 158,4 nm.
2. Semakin lama *holding time* juga berpengaruh terhadap perubahan butir maka akan semakin halus (kecil) ukuran diameter rata-ratanya, makin keras bahan, kekuatan luluh, keuletan dan ketangguhan bahan juga semakin meningkat.

Saran

Dari hasil penelitian diatas dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

- Harapan untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan variasi temperatur media pendingin dan waktu tahan yang lebih lama.
- Untuk penelitian selanjutnya harap diperhatikan kenaikan temperatur tanur (*furnace*) permenit nya dan peletakan spesimen di dalam tanur itu sendiri usahakan jangan sampai menumpuk.
- Material yang kami gunakan dalam penelitian ini hanya terbatas komposit Al- Abu dasar batubara, perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan material lain.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Djatkiko, E., Budiarto. (2011). *Analisis sifat mekanis dan strukturmikro pada produk paduan $Al_{78}Si_{22}$ metode squeezing casting* (pp. 435-442). Jakarta: BATAN
- Diyanto, R.I., & Sulardjaka. (2013). *Kekerasan dan struktur mikro komposit aluminium yang diperkuat serbuk besi yang mengalami perlakuan panas*. Jurnal Teknik Mesin - Universitas Diponegoro Volume 2, No 5 Tahun 2013
- Juriah, M. (2013). *Perubahan struktur mikro dan sifat mekanis material komposit logam Al-SiC/p akibat kenaikan temperature heat treatment*. Jurnal Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi - Universitas Janadabra Yogyakarta Volume 1, No 8 Tahun 2013
- Ferdiaz, D.M., Budi, H., Suharno. (2013). *Pengaruh variasi media pendingin terhadap kekerasan dan struktur mikro hasil remelting Al- Si berbasis limbah piston bekas dengan perlakuan degassing*. Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Mesin - Universitas Sebelas Maret. Volume 1, No 3 tahun 2013
- Eko, S., Arya, M.S. (2015). *Analisa pengaruh perlakuan panas artificial aging terhadap uji laju korosi pada material komposit Al-abu dasar batubara*. Jurnal Teknik Mesin - Universitas Negeri Surabaya. Volume 01, No 1 Tahun 2015, 97-102
- Charlie, R.B., (1996). *Principles of the Heat Treatment of Plain Carbon and Low Alloy Steels*. United States of Amerika: ASM Internasional
- ASTM, (2015), *Annual Book of ASTM Standards designation: E407-07*. Standard Praticce for Microetching Metals and Alloys
- ASTM, (2013), *Annual Book of ASTM Standards designation: E112-12*. Standard Test Methods for Determining Average Grain Size
- Surdia, Tata dan Saito, Shinroku. (1995). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta : Pradnya Paramita.

Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin Dan Waktu *Aging* Pada Perlakuan Panas T6 Terhadap Struktur Mikro Komposit Aluminium Abu Dasar Batubara